

# **LAPORAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN***

## **Deteksi Lokasi Kebocoran pada Pipa Rumah Tangga (PVC)**



Penyusun:

Adam Naufal Hafizh Nasution (18524081)

Rifqi Triyan Kusumah (18524116)

**Program Studi Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**

**Yogyakarta**

**2022**

# HALAMAN PENGESAHAN

Deteksi Lokasi Kebocoran pada Pipa Rumah Tangga (PVC)

Penyusun:

Adam Naufal Hafizh Nasution (18524081)

Rifqi Triyan Kusumah (18524116)

Yogyakarta, 2022

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., PhD

025241010



Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng

005240000

**Program Studi Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**

**Yogyakarta**

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Deteksi Lokasi Kebocoran pada Pipa Rumah Tangga (PVC)



Disusun oleh:

Adam Naufal Hafizh Nasution 18524081

Rifqi Triyan Kusumah 18524116

Telah dipertahankan di depan dewan penguji  
pada tanggal: 12 Agustus 2022

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji

: Sisdarmanto Adinandra S.T., M.Sc., Ph.D.

Anggota Penguji 1

: Firdaus, S.T., M.T., Ph.D.

Anggota Penguji 2

: Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.Eng.

Tugas akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 15 Agustus 2022



Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D.

045240101

## PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjaan di suatu perguruan tinggi lainnya, dan sepanjang pengetahuan kami juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Tugas Akhir yang terkait hak milik, hak intelektual, paten merupakan milik bersama antaraa tiga pihak, yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal ini, penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 10 Agustus 2022

Adam Naufal Hafizh Nasution (18524081)



Rifqi Triyan Kusumah (18254116)



# DAFTAR ISI

<i>HALAMAN PENGESAHAN</i>	2
<i>DAFTAR ISI</i>	5
<i>RINGKASAN TUGAS AKHIR</i>	6
<i>BAB 1 : Definisi Permasalahan</i>	7
<i>BAB 2 : Observasi</i>	10
<i>BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem</i>	12
3.1 Usulan Rancangan Sistem	12
3.2 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem	25
<i>BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem</i>	31
4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem	31
4.2 Kesesuaian Perancangan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya	32
4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perancangan dan Realisasi	35
<i>BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis</i>	36
5.1 Hasil dan Analisis Implementasi	36
5.1.1 Kalibrasi Sensor	36
5.1.2 Segmentasi Data	37
5.1.3 Generalisasi Rancangan Deteksi	47
5.3 Dampak Implementasi Sistem	47
5.3.1 Teknologi/Inovasi	47
<i>BAB 6 : Kesimpulan dan Saran</i>	48
6.1 Kesimpulan	48
6.2 Saran	48
<i>DAFTAR PUSTAKA</i>	49
<i>LAMPIRAN – LAMPIRAN</i>	50

## RINGKASAN TUGAS AKHIR

Pipa digunakan untuk menyalurkan air pembuangan maupun air bersih. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa *Polyvinyl Chloride* (PVC) yang bersifat awet, tahan lama, dan tidak mudah berkarat. Pipa PVC digunakan untuk menyalurkan air perumahan. Permasalahan yang sering terjadi pada pipa tersebut adalah sumbatan dan kebocoran. Sumbatan membuat aliran air pada pipa berkurang atau berhenti mengalir. Sedangkan kebocoran membuat debit air pada pipa berkurang secara berkala. penurunan debit air akan berbeda-beda tergantung ukuran dari lubang kebocoran. Kebocoran pada pipa dapat menimbulkan efek perubahan warna pada dinding karena terkena air. Hal tersebut dapat disimpulkan terjadi kebocoran pada daerah tersebut tetapi lokasi atau titik kebocoran tidak dapat diketahui dari dinding yang basah. Lokasi kebocoran pada pipa diperlukan untuk perbaikan instalasi.

Solusi untuk menyelesaikan masalah dengan membuat sistem deteksi lokasi kebocoran pada pipa rumah tangga. Sistem deteksi terdiri dari perangkat keras untuk mengumpulkan data dari sensor dan perangkat lunak untuk mendeteksi lokasi terjadinya kebocoran. Perangkat keras menggunakan sensor *flowmeter* untuk mengukur debit air yang mengalir melalui pipa. Perangkat lunak menggunakan algoritma *artificial neural network* (ANN) untuk memprediksi pola kebocoran. Selain dua perangkat yang telah disebutkan, diperlukan instalasi pipa dengan panjang berapapun kemudian dibagi 4 bagian. Bagian ini dapat disebut sebagai segmen. Segmen 1 sebagai penanda masuknya air. Segmen 4 sebagai penanda keluarnya air dari pipa. Pembagian tersebut untuk membuat pola sehingga lokasi terjadinya kebocoran dapat terdeteksi .

Sistem deteksi lokasi terjadinya bocor pada pipa bekerja dengan baik. Perangkat keras dapat mengukur debit air yang melewati pipa dan menyimpannya pada *micro sd*. Algoritma ANN dapat mendeteksi terjadinya kebocoran pada segmen 1, 2, 3, dan 4. Algoritma tersebut juga mendeteksi kombinasi 2 dan 3 lubang kebocoran pada pipa. Akurasi sistem deteksi mencapai 98 %. Akan tetapi, nilai kebocoran per segmen hampir identik, hal ini akan menyebabkan deteksi segmen yang sama. Sistem ini tidak bisa digunakan pada skala rumah tangga secara langsung. Hal itu karena karakteristik terjadinya bocor pada pipa rumah harus dihitung debit airnya sejak awal instalasi dibuat. Perlu dilakukan riset lanjutan untuk menjadikan algoritma ini sebagai pengganti alat deteksi kebocoran dengan mendengarkan suara percikan dari dinding.

## **BAB 1 : Definisi Permasalahan**

Pipa umumnya digunakan untuk menyalurkan air buangan maupun air bersih [1]. Pipa yang digunakan berjenis *polyvinyl chloride* (PVC). Pipa ini memiliki sifat yang awet, tahan lama, dan tidak berkarat. Hampir setiap rumah tangga menggunakan pipa jenis tersebut karena dari segi sifatnya dan mudah untuk dicari. Instalasi pipa pada rumah tangga harus diperhatikan dari debit air yang melaluinya, percabangan yang terjadi, dan cara peletakan yang biasanya tertutup oleh semen pada dinding. Banyak masalah akan terjadi jika hal yang disebut tidak diperhatikan. Masalah tersebut akan mengganggu kinerja pipa dalam menyalurkan air.

Masalah yang sering dialami oleh pipa ini ketika dipasang pada perumahan adalah adanya sumbatan. Selain sumbatan juga ada hal tertentu yang ingin dicari seperti pipa mengalami kebocoran di titik tertentu atau tidak. Kebocoran yang ditimbulkan pada saluran pipa merupakan permasalahan serius yang tidak dapat dianggap sebelah mata penyelesaian dan penanggulangannya [2]. Masalah tersebut jika dibiarkan akan menyebabkan efisiensi aliran air menurun bahkan tidak mengalir sama sekali [3]. Jika hal tersebut dibiarkan, masalah baru akan timbul seperti luapan air yang dapat merusak bagian lain. Instalasi pipa pada perumahan menjadi fokus utama permasalahan dikarenakan faktor penyebab kerusakan terjadi jika pipa berada pada posisi tertentu.

Instalasi pipa pada perumahan dapat dibagi secara peletakan tempatnya. Pertama dapat diletakkan pada saluran utama penyaluran air bersih. Kedua dapat diletakkan pada tempat pembuangan seperti pencucian piring [4]. Dari dua tempat tersebut terdapat masalah perpipaan saat mengalirkan air. hal yang dapat terjadi adalah adanya sumbatan sehingga aliran air menjadi pelan bahkan dapat berhenti. Biasanya sumbatan tersebut terjadi pada tempat pencucian piring dikarenakan sisa – sisa makanan yang tidak dipisah terlebih dahulu dan langsung masuk ke tempat pembuangan. Masalah berikutnya adalah adanya kebocoran pada pipa saluran utama air dan efek yang ditimbulkan adalah adanya perubahan warna pada dinding karena terkena air. masalah tersebut terjadi karena penggunaan mesin pendorong air yang bertekanan tinggi sehingga mempengaruhi pipa pada saat mengalirkan air. Jika terdapat kebocoran pada saluran tersebut biasanya pompa pendorong akan menyala tanpa adanya keran yang terbuka. Permasalahan di atas dapat terjadi pada titik panjang pipa yang sulit untuk dicari [5].

Berdasarkan masalah di atas, dapat diketahui bahwa deteksi lokasi kebocoran pipa sangat diperlukan untuk mengetahui titik terjadinya masalah di dalam dinding rumah yang sulit ditemukan. Saat ini terdapat alat deteksi kebocoran menggunakan metode pendengaran. Kekurangan dari alat tersebut adalah hasil tangkapan gelombang dari pantulan air yang bocor dibarengi dengan suara sehingga keakuratan alat masih kurang. Untuk mengetahui titik terjadinya kebocoran di dalam dinding perlu adanya data untuk dianalisis. Jika terjadi anomali pada pembacaan data maka pipa air tersebut mengalami masalah. Alat yang dibuat harus bisa menyimpan data agar mudah dianalisis kapan saja. Selain alat yang dibuat, adapun algoritma untuk membaca anomali data tersebut. Algoritma tersebut dapat memberi informasi titik terjadinya kebocoran pipa air. Oleh karena itu diusulkan solusi berupa sistem monitoring distribusi air yang melalui pipa PVC dengan algoritma artificial neural network deteksi kebocoran apabila terjadi anomali data pembacaan. sebelum masuk algoritma pendeteksian, data tersebut disimpan terlebih dahulu untuk dianalisis kemudian.

Adapun tujuan pembuatan alat ini sebagai inovasi instalasi distribusi air perumahan mendatang yang sudah dilengkapi dengan penanda adanya kebocoran pada titik yang tidak dapat dilihat oleh mata namun dapat ditentukan secara aktual dengan algoritma program yang ada. Rumusan masalah yang dapat diambil adalah

Bagaimana menemukan titik lokasi kebocoran yang terjadi pada pipa?

Sumbatan pada pipa dapat dicegah dengan menggunakan cara alami seperti memberikan soda kue, cuka, dan air panas pada pipa. Jika sudah terjadi sumbatan, cara-cara tersebut tidak efektif pada sumbatan yang memiliki sifat benda padat. Cara lain untuk mengatasi sumbatan pada saluran pembuangan ialah diberikan penyaringan agar benda padat terkecil seperti sisa nasi tidak dapat masuk ke dalam saluran pipa. Pada saluran pipa utama, mengatasi sumbatan dapat dengan melakukan pengecekan pada pipa setiap hari. Masalah kebocoran pada saluran air dapat diatasi dengan mengurangi kecepatan aliran yang berlebihan pada pipa. Selain itu, apabila laju aliran menjadi kecil, penggunaan ukuran pipa dan desain 8 jalur pipa harus diformulasikan ulang agar air dapat mengalir. Kebutuhan yang lain adalah dibutuhkannya sistem yang dapat mendeteksi kebocoran atau adanya sumbatan pada sistem perpipaan:

Batasan realistis engineering aspect(s):

1. Lokasi pipa di dalam dinding atau di dalam tanah.
2. Pipa yang berada di rumah terdapat jenis sumbatan yang diakibatkan oleh benda padat yang tersangkut pada pipa atau terdapat kebocoran yang diakibatkan oleh getaran dari suatu alat atau instalasi pipa yang kurang bagus.
3. Sumbatan menyebabkan air yang dialirkan pada pipa berkurang atau berhenti.
4. Kebocoran akan membuat dinding atau tanah basah karena semburan air dari retakan pada bahan pipa.
5. Kelas pipa yang digunakan adalah pipa kelas S-8.,
6. Pipa yang digunakan pada rumah adalah bahan plastik *Polyvinyl Chloride (PVC)*.
7. Pengujian yang dilakukan pada pipa tidak akan merusak objek lainnya,
8. Air yang berada di dalam saluran pipa berasal dari pompa air.

Batasan masalah

1. Kebocoran atau sumbatan dapat terjadi di 2 – 4 titik,
2. Pipa PVC yang digunakan memiliki ukuran  $\frac{3}{4}$  inch dengan diameter 26mm dan tebal dinding 1,8mm,
3. Tekanan maksimal yang diberikan pada pipa sebesar 12,5 bar.

## BAB 2 : Observasi

Tahap observasi dilakukan dengan tujuan memastikan bahwa rancangan sistem deteksi kebocoran yang dibuat sudah sesuai dengan batasan masalah yang telah ditentukan sebelumnya untuk mencapai tujuan tersebut. Dalam pembuatan alat, dilakukan pengumpulan informasi terlebih dahulu dari penelitian yang berkaitan. Tahap observasi memiliki keluaran berupa informasi terkait solusi yang memungkinkan untuk digunakan sebagai spesifikasi dari sistem yang akan dibuat sesuai dengan peletakan alat tersebut. Tabel 2.1 menunjukkan informasi terkait penelitian sejenis terkait deteksi lokasi kebocoran pada sistem perpipaan.

Tabel 2.1. Studi literatur

Penulis	Usulan Solusi	Hasil / Evaluasi
M. Suhaib dkk. (2019) [1]	Pembacaan sensor menggunakan metode <i>acoustic emission</i> (AE) yang diolah menggunakan digital fourier transform (DFT). Data dari sensor diolah menggunakan metode <i>k-nearest neighbor</i> (KNN)	Sensor AE dapat mendeteksi kebocoran dengan metode deteksi secara langsung. Metode tersebut memiliki akurasi mencapai atau mendekati 100% dengan data tes yang sama dengan data pelatihan. Jika data tes berbeda dengan data pelatihan, akurasi yang didapat tidak menjanjikan untuk mencapai atau mendekati 100%.
K. Hendra, dkk. (2021) [2]	Deteksi kebocoran dengan sensor tekanan MPX10GP. Jika terjadi anomali data tekanan dapat disimpulkan adanya kebocoran. Alat yang dibuat berbasis IOT. mikrokontroler yang dipakai adalah ESP8266. Data dikirim menggunakan internet ke website adafruit.	Sensor tekanan MPX10GP akan dipasangkan pada bagian hulu pipa dan <i>water flow sensor</i> dipasangkan setelah sensor pembaca tekanan. Alat dapat mendeteksi kebocoran jika tekanan air pada saluran menurun dan pipa tertutup menandakan terjadi suatu kebocoran.
M. Rahmati, dkk. (2017) [5]	Deteksi kebocoran pipa dari data sensor tekanan dan laju aliran. Panjang pipa disegmentasi untuk mengetahui bagian pipa yang mengalami anomali. Algoritma artificial neural network dengan platform Matlab digunakan untuk mengolah data segmentasi pipa. Adanya internet of things sebagai sarana pengirim data ke penyimpanan database untuk dianalisis kemudian. Media transmisi data menggunakan TCP/IP.	Algoritma ANN dapat bekerja lebih baik dengan data yang lebih banyak. IoT dapat membantu <i>continuous improvement</i> dan memecahkan permasalahan sebelumnya untuk meningkatkan ketersediaan, keamanan dan keandalan dari alat. Tingkat akurasi dari algoritma ANN tidak dijelaskan secara lengkap.

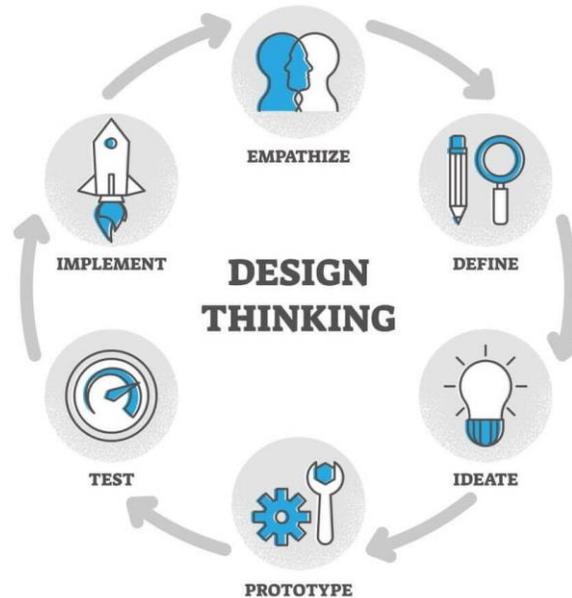
<p>R. Izabela dan S. Jan. (2019) [6]</p>	<p>Deteksi kebocoran saluran pipa pada distribusi air dalam suatu kota. Monitoring tekanan dan laju aliran air menggunakan sistem scada kemudian data diolah menggunakan MLP dan Kohonen neural network.</p>	<p>Metode neural network dapat menjadi alat yang berguna dan nyaman untuk memecahkan permasalahan deteksi dan lokalisasi kebocoran yang tersembunyi pada jaringan pasokan air, yang merupakan masalah terpenting pada perusahaan penyediaan air. Akurasi dari pembacaan kebocoran per saluran mencapai 80 %. Dari data tersebut MLP <i>neural network</i> sangat berguna untuk deteksi letak kebocoran pada pipa.</p>
--	--	---

Dari hasil studi literatur yang dilakukan, diketahui bahwa sensor yang digunakan untuk sistem perpipaan adalah sensor tekanan dan laju aliran. Selain itu, deteksi lokasi kebocoran menggunakan algoritma ANN. Algoritma ANN mengolah data anomali yang diukur oleh sensor. Dari data anomali tersebut dapat diketahui lokasi terjadinya kebocoran pada pipa. Berikut merupakan spesifikasi dari sistem yang akan dibuat.

- Alat dapat mengukur laju aliran air yang melewati pipa dengan nilai 1 - 60 L/min.
- Alat mampu menampilkan data *monitoring* secara *real-time*.
- Alat mampu menyala selama 15 menit tanpa pengisian ulang
- Alat dibuat tahan terhadap percikan air yang keluar akibat kebocoran.

## BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem

### 3.1 Usulan Rancangan Sistem



Gambar 3.1. Tahapan *design thinking*

a. *Empathize*

Sistem perpipaan yang sudah digunakan oleh masyarakat luas sering terjadi suatu kebocoran yang disebabkan oleh berbagai hal seperti, terdapat sumbatan pada pipa, terdapat retakan akibat benturan atau guncangan, dan pemasangan (instalasi) pipa yang tidak tepat. Menemukan lokasi/titik kebocoran pada pipa di perumahan merupakan permasalahan yang paling penting untuk mencegah terjadinya kebocoran kembali, karena pemasangan pipa di perumahan bisa terletak di dalam dinding atau di dalam tanah.

b. *Define*

Setelah menemukan permasalahan tersebut, terdapat sebuah pertanyaan yaitu, bagaimana cara untuk mendeteksi lokasi/titik kebocoran pada pipa yang berada di dalam dinding atau di dalam tanah.

c. *Ideate*

Setelah menemukan rumusan permasalahan, langkah selanjutnya adalah melakukan observasi studi literatur yang berhubungan. Observasi yang dilakukan menemukan dua solusi yaitu, mendeteksi titik kebocoran pada pipa dengan menggunakan metode ANN.

d. *Prototype*

Melakukan perancangan dari solusi permasalahan yang sudah didapat. Alat dirancang untuk mengumpulkan data kemudian membuat sistem pendeteksian menggunakan algoritma ANN.

e. *Test*

Pipa yang akan diuji dibagi menjadi 4 segmen untuk mempermudah menemukan titik kebocoran. Alat diuji dengan lubang / titik kebocoran pada setiap segmen. Setelah melakukan uji coba pada lubang di setiap segmen, data yang didapat menjadi masukan pada sistem ANN yang akan dibuat.

f. *Implement*

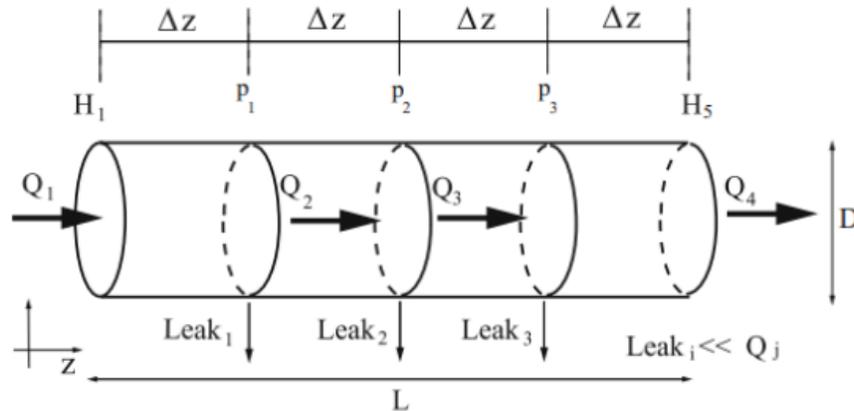
Menggunakan alat sebagai data akumulasi laju aliran dan algoritma ANN untuk mendeteksi lokasi kebocoran. Peran algoritma ANN dalam rancangan ini sebagai prediksi atas pola kebocoran pada instalasi pipa yang akan dibuat.

Hasil dari pembahasan *design thinking* mendapatkan dua usulan terkait penentuan komponen dan algoritma untuk pemberi keputusan. Usulan pertama terkait alat menggunakan sensor tekanan dan laju aliran untuk memantau kondisi pipa saat air mengalir. Kedua parameter ditampilkan menggunakan *liquid crystal display* (LCD). Algoritma pemberi keputusan menggunakan ANN untuk mendeteksi lokasi terjadinya kebocoran. Metode yang dipakai adalah segmentasi panjang pipa.

Usulan kedua menggunakan sensor tekanan saja. Nilai tekanan dalam pipa akan mengalami penurunan jika terjadi kebocoran. Algoritma pemberi keputusan menggunakan *machine learning* yang dilatih untuk mendeteksi anomali. Anomali tersebut diidentifikasi sebagai kebocoran saja. Algoritma tidak dirancang untuk menemukan lokasi kebocoran. Usulan pertama akan digunakan dalam rancangan ini karena masalah lokasi kebocoran dapat ditemukan.

Fokus utama dalam sistem untuk mendeteksi lokasi terjadinya kebocoran adalah laju aliran. Logika sederhana jika pipa mengalami kebocoran maka nilai laju aliran akan mengalami penurunan sehingga kecepatan aliran menjadi lambat. Sistem yang akan dibuat diharapkan dapat mendeteksi penurunan tersebut dan mengetahui dimana letak terjadinya kebocoran secara dinamis. Dinamis ketika terjadi kebocoran pada titik tertentu pipa, maka sistem dapat mengetahui lokasi kebocoran secara tepat. Dalam rancangan ini, dibuatlah suatu instalasi pipa dengan panjang berapapun kemudian dibagi menjadi empat bagian. Bagian ini disebut juga segmentasi.

Dari segmentasi tersebut dilakukan uji kebocoran dengan waktu tertentu. Dengan adanya waktu, data akan terdiri dari nilai terjadinya kebocoran dan normal. Jika data sudah terkumpul, langkah berikutnya mengolah data menggunakan algoritma pemberi keputusan untuk mengetahui pola bocor yang terjadi pada setiap segmen. Setelah pola berhasil teridentifikasi, maka letak kebocoran dapat diketahui. Gambar 3.2 merupakan skema segmentasi untuk pengambilan data bocor pada pipa.



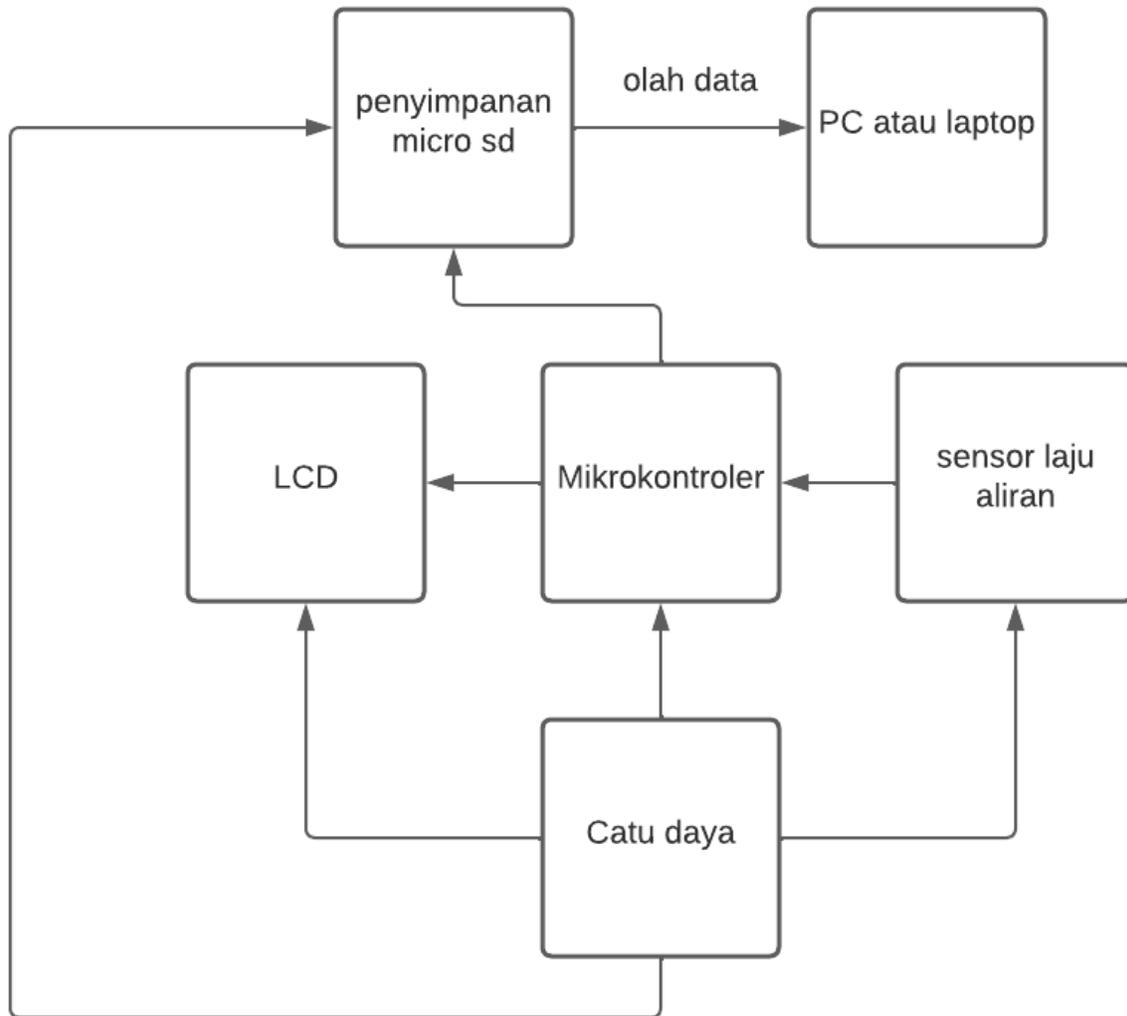
Gambar 3.2. Segmentasi panjang pipa

Dimana  $Q$  merupakan besar laju aliran yang melewati pipa ( $l/m$ ),  $H$  merupakan *pressure head* ( $m$ ),  $P$  merupakan tekanan pipa  $N/m^2$ ,  $D$  diameter pipa ( $mm$ ),  $L$  merupakan panjang pipa, dan  $Dz$  merupakan panjang setiap segmentasi pada pipa ( $cm$ ).

Pada Gambar 3.2 dapat disimpulkan bahwa nilai  $Q$  pada setiap segmen disimbolkan dengan  $Q_1, Q_2, Q_3$ , dan  $Q_4$ . Fokus sistem yang dirancang adalah ketika ada anomali setiap  $Q$  segmen tertentu dapat dijadikan pola penentuan lokasi terjadinya kebocoran. Rancangan sistem memiliki instalasi pipa dengan panjang berapapun dibagi menjadi 4 bagian. Sensor laju aliran akan terpasang pada  $Q_1$  dan  $Q_4$ . Tujuan pemasangan sensor pada wilayah tersebut, untuk mengetahui debit air yang masuk dan keluar dari instalasi. Jika terjadi kebocoran maka nilai  $Q_4$  menjadi fokus utama dikarenakan adanya anomali. Debit air yang akan masuk ke instalasi pipa dibuat konstan agar nilai  $Q_1$  tidak mengalami fluktuasi yang besar selama lubang bocor dibuka.

Jika data segmentasi sudah lengkap, langkah berikutnya adalah mengolah data dengan *personal computer* (PC) atau laptop untuk mengetahui setiap pola kebocoran yang terjadi. Dari pola kebocoran yang sudah diolah, diharapkan rancangan ini dapat mengetahui lokasi terjadinya kebocoran pipa.

Diagram blok dibawah menjelaskan tahapan kerja sistem untuk deteksi lokasi kebocoran pada pipa.



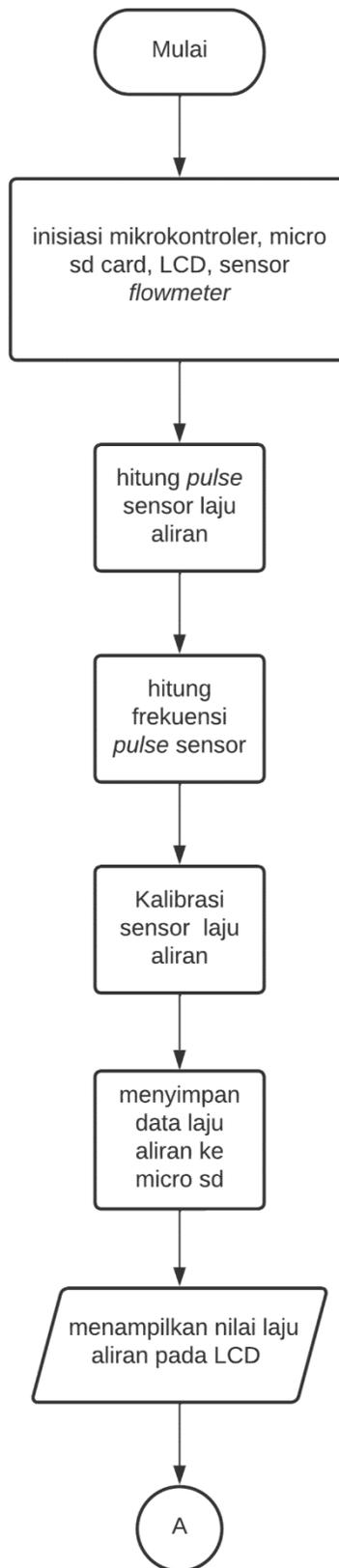
Gambar 3.3. Diagram blok

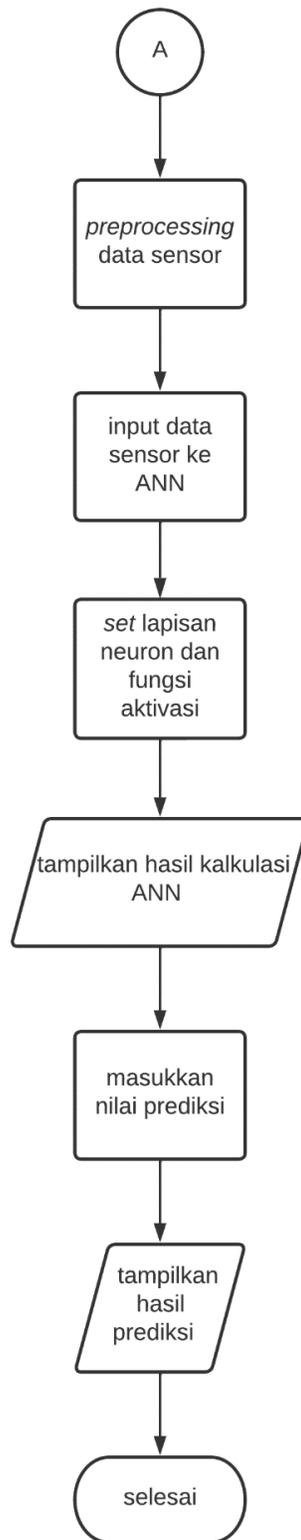
Berdasarkan Gambar 3.3, sistem dibuat menggunakan sensor laju aliran tipe FS300A G3/4. Sensor tersebut memiliki rotor magnet yang berputar dengan kecepatan tertentu sesuai masukan air. Dilengkapi adanya sensor lain yaitu *hall effect* untuk menghitung pulsa yang dihasilkan oleh magnet rotor. Keluaran dari putaran rotor berupa pulsa yang nantinya dihitung oleh mikrokontroler. Alasan memilih sensor berbasis *hall effect* dikarenakan sumber air untuk percobaan pengambilan data memiliki tekanan yang kecil dan tidak dapat dibaca oleh *pressure*

*gauge* analog. Mikrokontroler sendiri menggunakan arduino nano yang memiliki *integrated circuit* (IC) berbasis ATmega 328p.

Akses sensor menggunakan IC ATmega 328p sudah cukup dikarenakan sistem *interrupt* sensor dapat berjalan dengan baik. Alasan lain memilih IC tersebut dikarenakan adanya sistem milis atau waktu dalam milisecond yang digunakan untuk *sampling time* pulsa untuk kebutuhan kalibrasi. *Liquid crystal display* (LCD) berukuran 16 x 2 *inch* cukup untuk menampilkan data sensor laju aliran. Sebelum data masuk pengolahan pada (PC) atau laptop, data tersebut harus dikumpulkan pada penyimpanan. Sistem penyimpanan menggunakan *micro sd*. Alasan memakai *micro sd* daripada menyimpan dalam website adalah masalah *delay* pengiriman data. Pengolahan data melalui PC atau laptop untuk mendeteksi lokasi terjadinya kebocoran pipa menggunakan *artificial neural network* (ANN).

Alasan memakai ANN adalah pola setiap kebocoran pada segmen tertentu berbeda - beda tergantung cara mendapatkan data saat pengujian. ANN digunakan untuk mempelajari pola kebocoran setiap segmen. Dalam membuat ANN dibutuhkan bahasa pemrograman, bahasa pemrograman yang digunakan adalah *python*. Pada pengolahan data digunakan *toolbox* Keras. Alasan memakai Keras adalah sudah disediakan *library* mulai dari berapa lapisan jaringan yang akan dipakai, cara optimasi data hasil untuk mencapai target yang dituju, dan tidak perlu memasukkan nilai bobot dan bias secara mandiri.

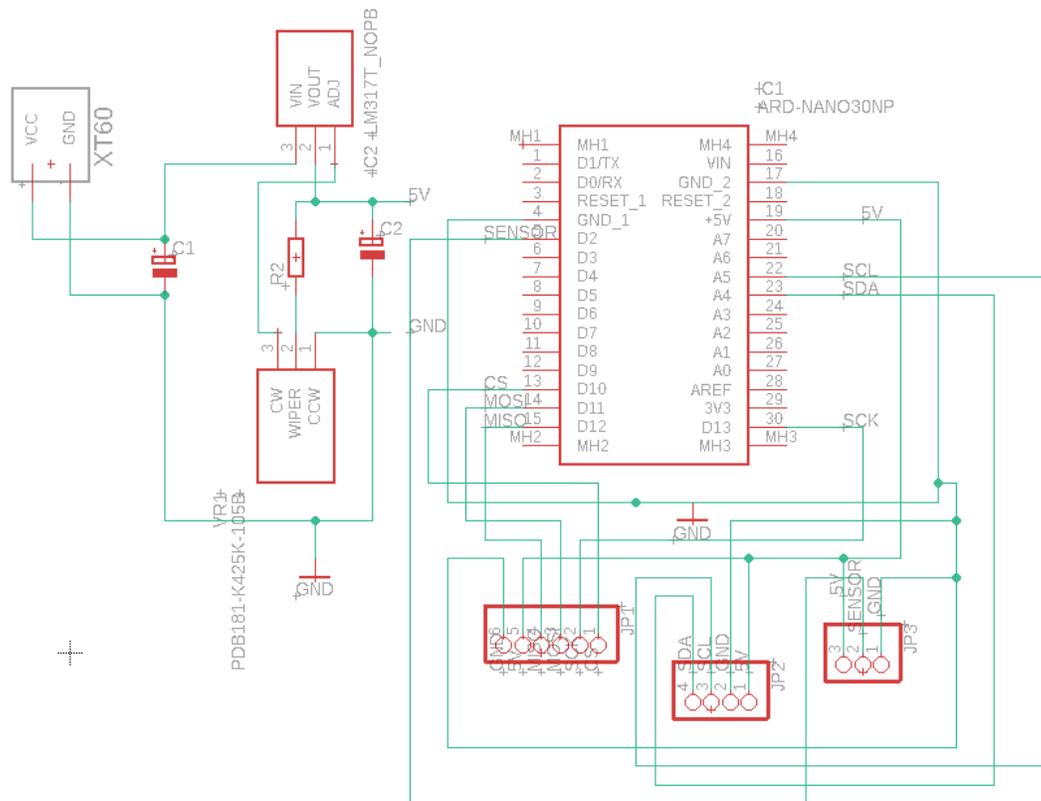




Gambar 3.4. Diagram alir

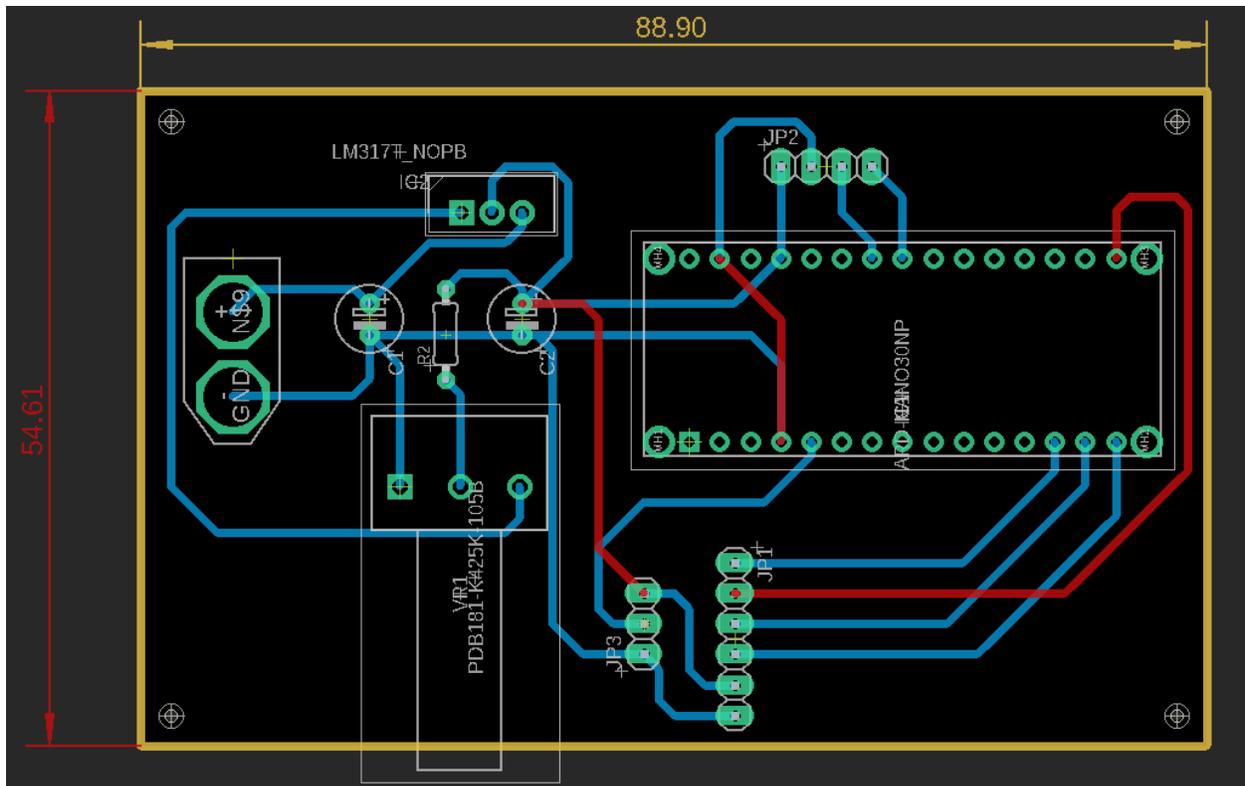
Gambar 3.4 merupakan diagram alir sistem deteksi lokasi kebocoran pada pipa perumahan. Dimulai dari inisiasi mikrokontroler, sensor laju aliran, LCD, dan micro sd. Konsep dari sensor laju aliran yang memakai magnet untuk menghitung putaran rotor, program dari mikrokontroler menggunakan perintah interupsi untuk menghitung keluaran pulsa yang kemudian dikalibrasi menjadi nilai laju aliran dengan satuan  $l/m$ . Nilai kemudian disimpan di dalam *micro sd* dan ditampilkan pada LCD. kemudian pada pemrosesan data sebelum diolah dengan algoritma ANN. Data yang tersimpan diolah dengan mencari nilai rata - rata terjadinya kebocoran dan tanpa adanya kebocoran. Data yang akan diolah merupakan nilai dari laju aliran pada saluran masuknya air ( $Q1$ ) dan keluaran air pada saluran atau ( $Q4$ ).

Setelah itu penentuan lapisan neuron pada ANN. Pada kasus ini tidak dibatasi jumlah lapisan yang tersembunyi. Jika hasil memiliki nilai error yang kecil maka penambahan lapisan dihentikan. Untuk membantu agar nilai hasil kalkulasi mendekati nilai target, maka pada algoritma ditambahkan fungsi optimasi. Algoritma dikatakan memiliki performa yang baik apabila nilai error yaitu hasil kalkulasi dan target memiliki perbedaan yang sangat kecil, dari hal tersebut algoritma ANN dapat diberi masukan data lain untuk memprediksi kebocoran yang sama.



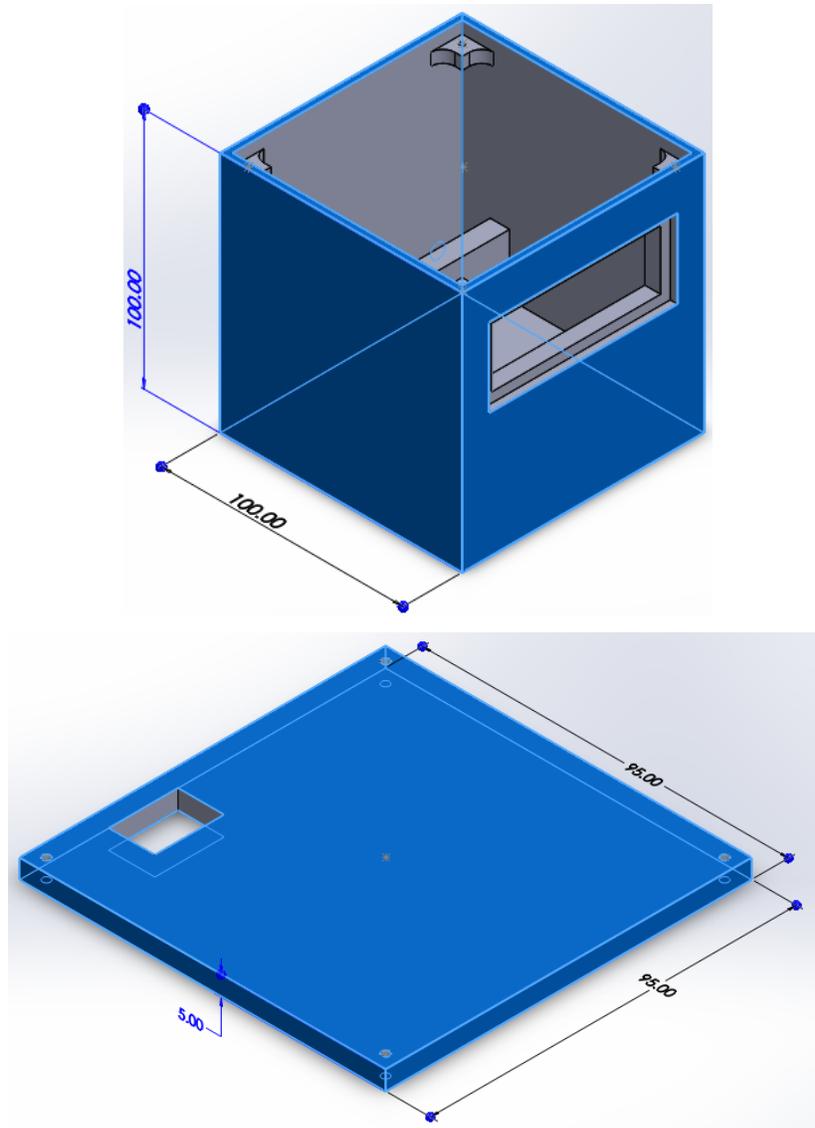
Gambar 3.5. Skematik diagram alat

Gambar 3.5 merupakan rangkaian alat untuk mengumpulkan data laju aliran. Dimulai dari rangkaian regulator yang menghasilkan nilai 5V untuk memberi tegangan pada sensor, LCD, micro sd, dan mikrokontroler.



Gambar 3.6. *Printed circuit board (PCB)*

Gambar 3.6 merupakan skematik PCB alat untuk mengumpulkan data laju aliran. PCB memiliki panjang 88.90 mm dan lebar 54.61 mm. Pada rangkaian regulator menggunakan IC LM317. *Socket XT60* merupakan penghubung antara sumber tegangan dan rangkaian regulator. Rangkaian regulator juga menggunakan 2 kapasitor berukuran  $100\ \mu f$  dengan kapasitas 16 V 2 buah dan adanya 1 potensiometer untuk mengubah nilai tegangan dari 0 sampai nilai nominal yang dituju. Simbol JP1 merupakan pin *header* untuk modul micro sd, JP2 merupakan pin *header* untuk LCD, dan JP3 merupakan pin *header* untuk sensor laju aliran.

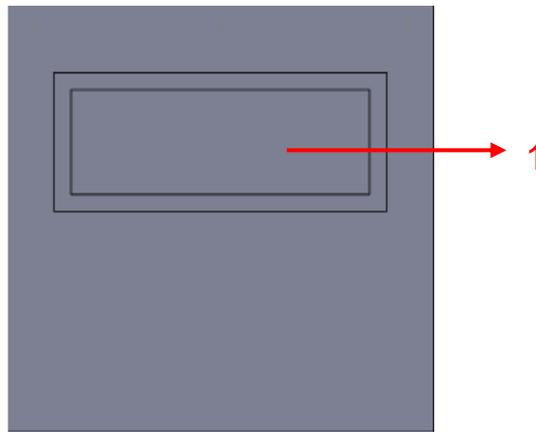


Gambar 3.7. Desain kotak alat

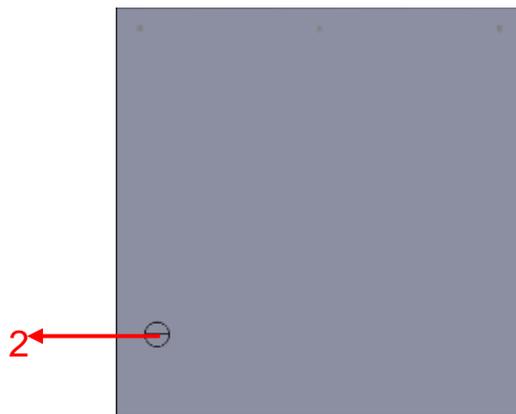
Gambar 3.7 merupakan desain 3D usulan kotak alat dan penutup kotak dengan dimensi kotak dan penutup masing - masing berdimensi 100 x 100 x 100 mm (10 x 10 x 10 cm) dan 95 x 95 x 5 mm (9.5 x 9.5 x 0.5 cm). Desain alat dibuat dengan menggunakan *solidworks*. Desain kotak memiliki bagian-bagian yang diperlihatkan pada gambar-gambar berikut ini. Pada setiap gambar terdapat bagian desain yang diberi nomor untuk memudahkan untuk memahami setiap bagian pada kotak tersebut.

Kotak alat akan berinteraksi dengan air karena tes kebocoran pipa masih di luar dinding. Oleh sebab itu, kotak harus melindungi bagian krusial dari alat terutama elektronisnya. Sesuai dengan *Ingress protection code* (IP) yang merupakan standar penilaian untuk menentukan

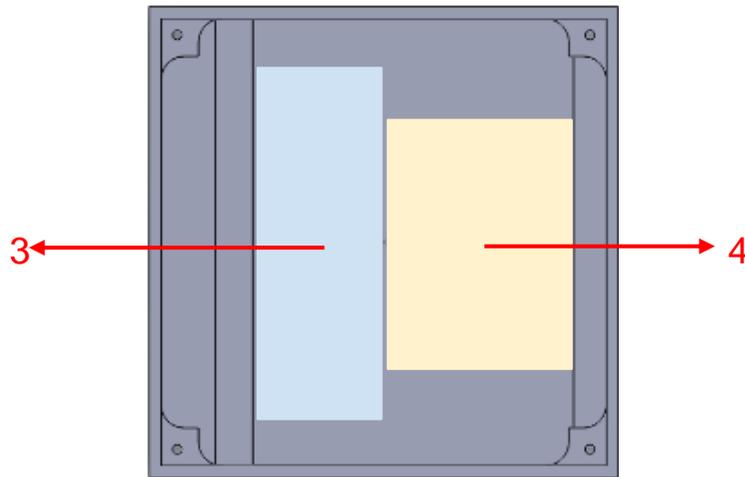
ketahanan atau proteksi pada suatu perangkat terhadap berbagai substansi dari luar. Ada dua digit untuk penomeran pada *IP code*. Pemilihan digit pertama pada *IP code* yaitu nilai 5 yang mana alat dirancanng tidak sepenuhnya terproteksi dari debu akan tetapi jumlah debu yang masuk ke dalam perangkat tidak sampai mengganggu kinerja perangkat. Digit kedua merupakan nilai ketahanan terhadap air, nilai yang diambil adalah 1 yaitu Proteksi terhadap tetesan air dari atas. Berikut bagian dari kotak alat yang akan melindungi bagian elektronisnya.



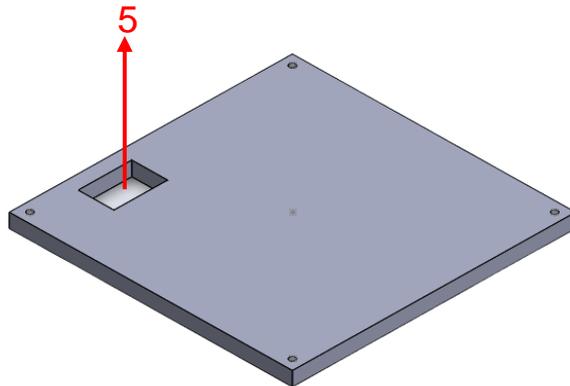
Gambar 3.8. Desain kotak alat (tampak depan)



Gambar 3.9. Desain kotak alat (tampak belakang)



Gambar 3.10. Desain kotak alat (tampak atas).



Gambar 3.11. Penutup kotak

Berikut penjelasan sesuai dengan penomoran pada Gambar 3.8 Gambar 3.9 Gambar 3.10 Gambar 3.11 di atas secara berurutan.

1. Tempat untuk LCD 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan nilai laju aliran
2. Lubang penghubung yang berfungsi untuk menghubungkan sistem dengan sensor
3. Tempat untuk hardware sistem sebagai pengontrol program alat
4. Tempat untuk baterai 2 slot yang berfungsi sebagai sumber daya alat
5. Tempat saklar on/off dari sistem untuk menghidupkan dan mematikan alat

Tabel 3.1. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem

No.	Nama alat	Keterangan
1	Perangkat untuk kemasan alat	Dibuat untuk menjadi tempat <i>mounting</i> alat yang telah didesain agar dapat melindungi dari percikan air akibat kebocoran. Perangkat ini dibuat dari bahan filament 3D <i>printing</i> .
2	Mikrokontroler Arduino nano	Untuk <i>central processing unit</i> dengan ukuran kecil dan kemampuan akuisisi data yang handal dengan resolusi ADC 10 bit.
3	Baterai	Baterai yang digunakan dapat diisi ulang dan terpisah dari modul utama. Dalam hal ini kami menggunakan baterai <i>Li-lithium cell</i> 18650 dengan tegangan kerja 3,7 V dan kapasitas 2600 mAh. Baterai yang digunakan akan dirangkai seri (2 baterai <i>lithium</i> ) untuk meningkatkan tegangan baterai menjadi 7.4 volt
4	Modul sensor (flowmeter dan pressure)	Sensor yang digunakan adalah modul yang telah terintegrasi dengan pengukuran laju aliran dan tekanan pada suatu sistem perpipaan.
5	Regulator daya	Regulator ini digunakan untuk menurunkan tegangan yang digunakan untuk sumber sensor dan mikrokontroler.
6	Sistem pemantauan (LCD)	Adanya LCD 16x2 <i>inch</i> yang digunakan untuk melihat laju aliran yang terukur.

### 3.2 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem

Tahapan untuk mendeteksi lokasi terjadinya kebocoran pada pipa dimulai dari pembuatan instalasi pipa, pengambilan data setiap segmen, pengolahan data pipa, dan pembuatan pola deteksi kebocoran menggunakan ANN.

#### 3.2.1 Instalasi pipa

Untuk mengetahui kerja alat pengukur laju aliran berjalan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang, untuk itu diperlukan instalasi pipa dan uji kebocoran pada masing-masing segmen. Gambar 3.12 merupakan instalasi pipa untuk uji kebocoran.



Gambar 3.12 Instalasi pipa

Gambar 3.12 merupakan instalasi kebocoran pipa dengan 2 sensor laju aliran. Sensor pertama ( $Q1$ ) terpasang pada keluaran pompa air dan sensor kedua ( $Q4$ ) terpasang pada pipa bagian keluarnya air. Akses sensor menggunakan mikrokontroler dengan IC ATmega328p. Pipa yang digunakan memiliki panjang 2 m, panjang pipa tersebut kemudian dibagi menjadi 4 segmen dengan panjang 50 cm dan posisi lubang kebocoran pada titik tengah setiap segmen (25 cm). Terdapat sumber air yang ditampung dalam ember. Air yang berada dalam ember akan melewati pipa dengan bantuan pompa air, keluaran dari instalasi tidak dibuang ke lingkungan melainkan masuk kembali pada ember.

Sistem rotasi air tersebut mempengaruhi kestabilan air yang akan masuk lagi ke pipa ketika dipompa. Maka dari itu saat pengambilan data harus ditunggu sampai laju aliran air memiliki kestabilan yang baik. Kestabilan yang baik yaitu, jika laju aliran yang dihitung oleh sensor bernilai konstan. Setiap segmen pada pipa diberi lubang berukuran 1 - 3 mm. Lubang tersebut akan dibuka dan tutup selama pengambilan data.

### 3.2.2 Pengambilan Data pada Pipa

Sensor yang terpasang pada  $Q1$  dan  $Q4$  dapat dilihat dari Gambar 3.122 akan mengumpulkan data laju aliran pada instalasi pipa. Skema pengambilan data menggunakan waktu untuk membedakan disaat lubang dibuka dan ditutup. Waktu pengambilan data selama 3 menit 10 detik untuk kombinasi satu lubang, 2 menit 10 detik untuk kombinasi 2 lubang dan 3 lubang. Pengambilan data diawali dengan posisi normal atau tanpa kebocoran. Sedangkan kebocoran pada segmen dibuka pada menit pertama detik 30 - 50 (0:30 - 0:50), menit kedua detik 30 - 50 (1:30 - 1:50) , menit ketiga detik 30 - 50 (2:30 - 2:50). Selain waktu yang disebut pipa dalam kondisi

normal tanpa kebocoran. Setiap percobaan kebocoran segmen dilakukan repetisi sebanyak 5 kali. Skema uji dapat dilihat di Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Skema keadaan pipa saat uji coba

Waktu (t)	Keadaan pipa
0 s - 29 s	Pipa normal
30 s - 50 s	Pipa bocor
51 s - 89 s	Pipa normal
90 s - 110 s	Pipa bocor
111 s - 149 s	Pipa normal
150 s - 170 s	Pipa bocor
171 s -191 s	Pipa normal

Pengambilan data bocor pada pipa dilakukan selama 20 detik. Hal ini dilakukan untuk mengecek apakah nilai debit setelah lubang ditutup kembali dari bocor memiliki nilai laju aliran yang sama ketika pipa dalam keadaan normal. Jika nilai tidak sama waktu pembukaan akan dikurangi setiap lima detik. Selain itu fungsi waktu selama 20 detik juga menjadi acuan berapa banyak nilai debit yang keluar dari setiap segmen. Nilai debit tersebut menjadi data latih untuk algoritma ANN.

Ada beberapa hal utama yang menjadi fokus ketika pengambilan data laju aliran sebagai berikut :

1. Presisi pembacaan nilai laju aliran ketika pipa terjadi kebocoran maupun tidak.
2. Waktu pengambilan data sebelum dan sesudah terjadinya kebocoran pada pipa.
3. Data yang diukur oleh alat dapat tersimpan pada *micro sd*.

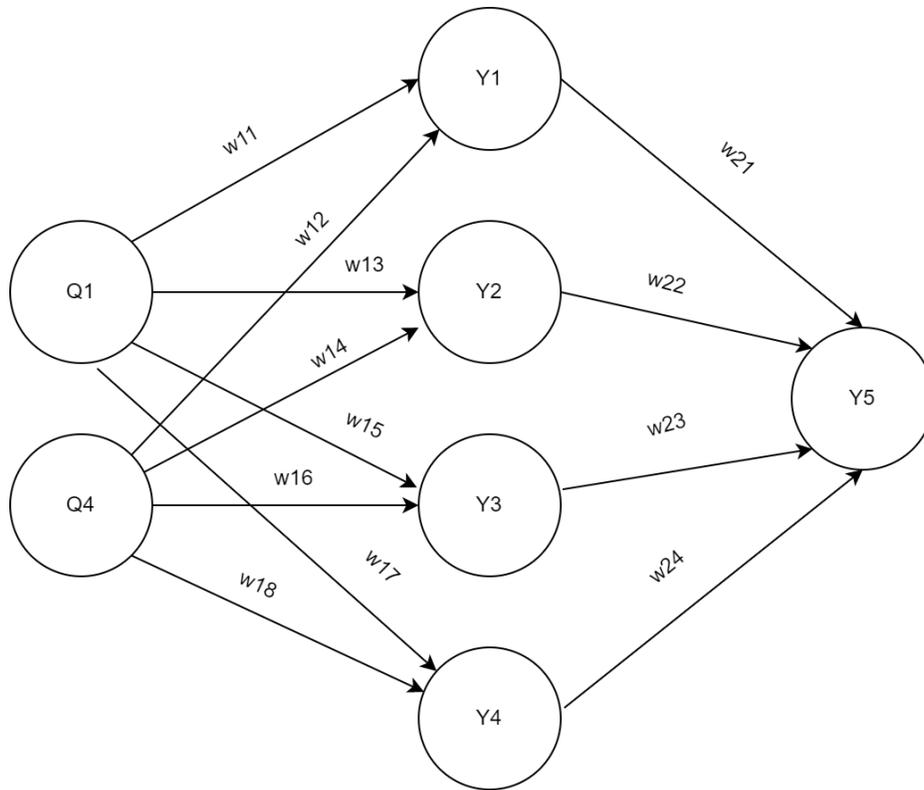
### 3.2.3 Pengolahan Data Menggunakan ANN

Data yang diperoleh dari sensor harus tersimpan pada *micro sd* sebelum diolah dalam algoritma ANN. Data yang akan masuk ke algoritma merupakan kumpulan dari segmen 1 sampai segmen 4. Data per segmen dibagi menjadi 2 yaitu besarnya laju aliran tanpa kebocoran dan terjadi kebocoran. Nilai laju aliran tersebut didapat dari rata - rata nilai pada waktu tertentu. Dari Tabel

3.2 terdapat waktu pengambilan data yang dapat dimisalkan sebagai  $t$ . Jika  $t = 0$  sampai  $t = 29$  merupakan nilai dimana tidak terjadi kebocoran, maka nilai tersebut diambil rata - ratanya. Sama dengan data ketika terjadi bocor diambil rata - rata dari  $t = 30$  sampai  $t = 50$ , berlaku detik berikutnya. Dikarenakan ANN yang dipakai adalah tipe *supervised learning*, maka nilai target sudah ditentukan.

Setiap keadaan yang terjadi dalam segmen tertentu diberi target yang berbeda mulai dari angka terkecil sampai besar tergantung nilai rata - ratanya. Pemberian target berarti memberi pola pada rancangan untuk mendeteksi lokasi terjadinya kebocoran pada pipa. Setelah pemberian target, dalam ANN harus ada lapisan yang terdiri dari jaringan atau *node* untuk melatih data masukan berupa laju aliran. Setiap lapisan dapat disebut *hidden layer*. Di dalam lapisan ada yang namanya bobot (*weight*) dan bias (*biases*). Setiap lapisan harus diaktivasi dengan fungsi untuk menampilkan keluaran yang diharapkan agar nilai prediksi mendekati nilai target. Jika ingin nilai keluaran mendekati target digunakan fungsi optimasi.

Pada sistem ini menggunakan dua masukan data yaitu  $Q1$  dan  $Q4$  yang diberi satu target. Semakin kecil nilai selisih antara hasil kalkulasi dengan target menandakan akurasi penentuan lokasi semakin baik. Selain menentukan lokasi, sistem juga diharapkan mampu membedakan antara terjadinya satu, dua, atau tiga lubang. Data  $Q1$  dan  $Q4$  akan dilatih dalam program ANN, selanjutnya untuk mengetahui kinerja dari ANN berjalan baik, langkah berikutnya memasukkan nilai prediksi dengan memberikan data baru yang nilainya sesuai dengan segmentasi pipa. Gambar 3.13 merupakan arsitektur yang digunakan untuk melatih data pada algoritma ANN.



Gambar 3.13. Arsitektur ANN [4].

Dari Gambar 3.13 dapat dijabarkan bahwa algoritma pemberi keputusan berupa ANN memiliki 2 masukan yaitu laju aliran yang sensornya berada pada segmen 1 dan segmen 4. *Hidden layer* hanya satu dikarenakan hasil yang didapat sudah memiliki nilai error yang kecil. Terdapat 4 neuron pada *hidden layer* yang memiliki keluaran Y1-Y4. Keluaran dari neuron diaktivasi menggunakan fungsi *rectified linear unit* (ReLU). Dari *hidden layer*, berlanjut ke keluaran terakhir yaitu nilai yang nantinya dijadikan rujukan lokasi terjadinya kebocoran. Berikut merupakan kalkulasi dari awal masukan sampai mendapatkan keluaran yang diinginkan.

$$Y = \sum_{i=1}^n w_i Q_i + b \quad (3.1)$$

Dimana Y merupakan keluaran setiap lapisan, w merupakan bobot, Q merupakan nilai laju aliran  $l/m$ , dan i merupakan data ke n. Perhitungan untuk Y1 - Y4 sebagai berikut

$$Y1 = (w_{11} \times Q1 + w_{12} \times Q4) + b \quad (3.2)$$

$$Y2 = (w_{13} \times Q1 + w_{14} \times Q4) + b \quad (3.3)$$

$$Y3 = (w_{15} \times Q1 + w_{16} \times Q4) + b \quad (3.4)$$

$$Y4 = (w_{17} \times Q1 + w_{18} \times Q4) + b \quad (3.5)$$

Hasil Persamaan 3.2, Persamaan 3.3, Persamaan 3.4, dan Persamaan 3.5 merupakan keluaran dari *hidden layer* yang diaktivasi menggunakan fungsi ReLu. Fungsi ReLu dipakai karena nilai target yang digunakan tidak memiliki kondisi salah benar atau 1 dan 0, melainkan angka yang linier yaitu lebih dari 1. Fungsi ReLu dapat didefinisikan dalam Persamaan 3.7

$$F(x) = \max(0, x) \quad (3.6)$$

Dimana  $x$  merupakan masukan untuk fungsi. Maksud dari fungsi tersebut adalah ketika  $x \leq 0$  maka  $f(x) = 0$  dan jika  $x \geq 0$  maka  $x = x$ . Hasil dari fungsi ReLu menjadi masukan untuk kalkulasi akhir yaitu lapisan keluaran. Persamaan berikut merupakan kalkulasi untuk lapisan keluaran.

$$Y5 = (Y1 \times w_{21} + Y2 \times w_{22} + Y3 \times w_{23} + Y4 \times w_{24}) + b \quad (3.7)$$

Dimana Persamaan 3.7 merupakan keluaran terakhir dari algoritma ANN. Keluaran tersebut merupakan parameter yang menentukan terjadinya kebocoran dan terletak pada segmen tertentu. Kinerja dari algoritma ANN menggunakan Persamaan (3.8) yaitu *root mean square error* (RMSE). semakin kecil nilai yang dihasilkan maka penilaian untuk algoritma tersebut semakin baik.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (3.8)$$

Dimana  $A_t$  merupakan nilai aktual,  $F_t$  merupakan nilai peramalan,  $n$  merupakan banyaknya data  $\sum$  merupakan jumlah keseluruhan nilai.

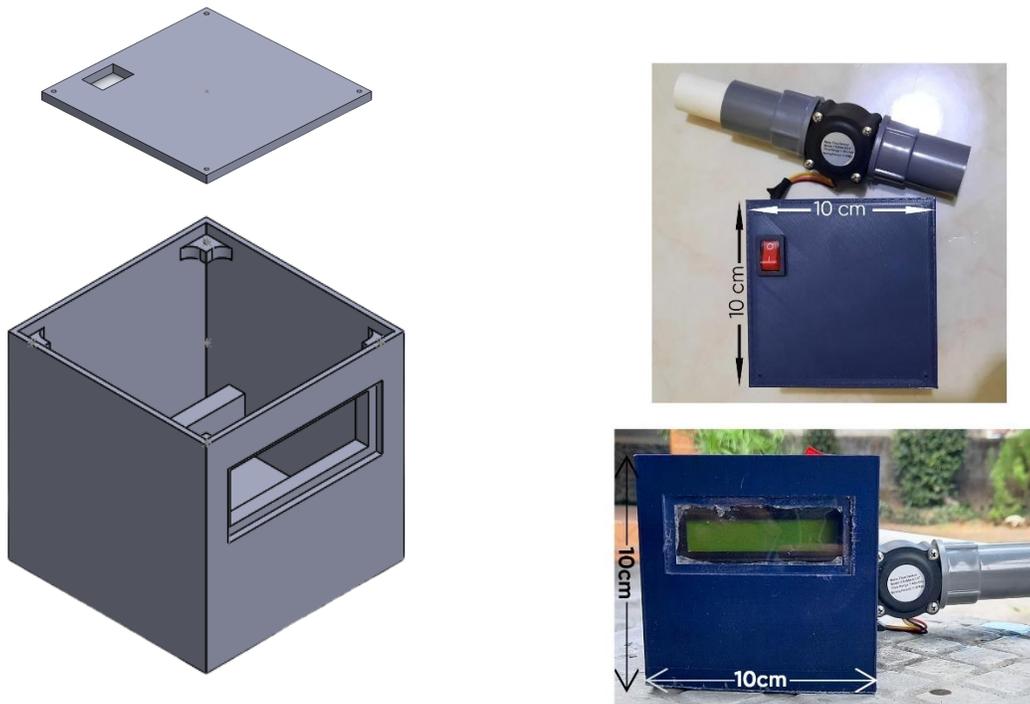
## BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem

### 4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem

Alat yang direalisasikan sesuai dengan spesifikasi dari sistem yang diinginkan. Alat mampu mengukur nilai laju aliran yang melewati pipa dengan nilai yang diinginkan, mampu menampilkan nilai laju aliran secara *real-time*, dan dimensi kotak sudah sesuai dengan spesifikasi. Selain ketiga hal tersebut, terdapat perubahan pada jenis sensor yang digunakan dan tempat penyimpanan data. Perbandingan antara spesifikasi usulan dan realisasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No.	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1.	Dimensi (panjang x lebar x tinggi)	10 x 10 x 10 cm	10 x 10 x 10 cm
2.	Sensor	Flow meter & tekanan	Flow meter
3.	Pengukuran sensor	1 - 60 L/min	1 - 60 L/min
4.	Penyimpanan data	Website / database	Micro SD
5.	Penampilan nilai laju aliran	LCD	LCD
6.	Mikrokontroler	Arduino nano	Arduino nano



Gambar 4.1. Perbandingan desain usulan dan realisasi alat

Gambar 4.1 merupakan perbandingan antara desain usulan dan hasil realisasi alat yang dibuat. Dimensi dari usulan dengan realisasi masih sama tanpa perubahan. Adanya lubang kecil pada tutup kotak merupakan tempat peletakan saklar. Sensor dan komponen elektronis sudah dipasang dalam kotak alat.

#### 4.2 Kesesuaian Perancangan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Proses pengerjaan alat dimulai pada bulan Maret hingga bulan Juli, pengerjaan alat dikerjakan sesuai dengan template waktu yang sudah ditetapkan sebelumnya, akan tetapi beberapa kegiatan yang disepakati, dilakukan pada waktu yang berbeda dengan waktu pelaksanaan yang diusulkan. Juga terdapat kegiatan-kegiatan yang dilakukan melebihi batas waktu yang diusulkan. Perbandingan antara waktu usulan dan realisasi pengerjaan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2. Kesesuaian usulan dan realisasi timeline pengerjaan Tugas Akhir 2

No.	Kegiatan	Usulan Waktu	Realisasi Pelaksanaan
1.	Pembelian komponen dan bahan sesuai dengan tabel anggaran	1 - 13 Maret	Maret - Mei
2.	Pengerjaan instalasi pipa bocor	7 - 27 Maret	Maret - April
3.	Pembuatan holder baterai	7 - 27 Maret	Maret - Juli
4.	Pembuatan PCB	18 April - 8 Mei	20 - 30 Juni
5.	Kalibrasi Sensor	14 Maret - 3 April	Maret - April
6.	Pembuatan algoritma pengiriman data	14 Maret - 3 April	Maret - April
7.	Pembuatan algoritma ANN dan pengujian alat	April - Mei	April - Mei
8.	Pembuatan kotak alat	4 - 24 April	Maret - Juli

Komponen dan bahan yang digunakan untuk membuat alat ini tidak memiliki biaya usulan melainkan anggota tim mencari biaya yang ekonomis agar biaya produk akhir memiliki harga terjangkau. Tabel pengeluaran untuk membuat alat ini dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3. Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

No.	Jenis pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1.	FS300A G3/4	2 pcs	Rp. 202.600,-	2 pcs	Rp. 202.600,-
2.	Pipa rucika ¾" aw	4 pcs	Rp. 160.000,-	4 pcs	Rp. 160.000,-
3.	Pompa air sakai PH pro premium	1 pcs	Rp. 210.000,-	1 pcs	Rp. 210.000,-
4.	Baterai lithium visero	4 pcs	Rp. 98.000,-	4 pcs	Rp. 98.000,-
5.	Water pressure sensor	1 pcs	Rp. 220.000,-	0 pcs	Rp. -

6.	Kabel 20 awg warna merah	5m	Rp. 12.500,-	5m	Rp. 12.500,-
7.	Kabel 20 awg warna kuning	5m	Rp. 12.500,-	5m	Rp. 12.500,-
8.	Kabel 20 awg warna hitam	5m	Rp. 12.500,-	5m	Rp. 12.500,-
9.	Stop kran ¾" pvc onda	1 pcs	Rp. 45.000,-	1 pcs	Rp. 45.000,-
10.	Tee ¾" aw rucika	4 pcs	Rp. 26.000,-	4 pcs	Rp. 26.000,-
11.	Knee ¾" aw rucika	4 pcs	Rp. 20.000,-	4 pcs	Rp. 20.000,-
12.	Lem isarplas pipa	1 pcs	Rp. 10.000,-	0 pcs	Rp. -
13.	TBA national onda (sill tips)	1 pcs	Rp. 4.000,-	1 pcs	Rp. 4.000,-
14.	SDD ¾" aw rucika	4 pcs	Rp. 16.000,-	4 pcs	Rp. 16.000,-
15.	Nikel baterai lithium	5m	Rp. 50.000,-	5m	Rp. 50.000,-
16.	LM2956 DC-DC step down	1 pcs	Rp. 12.000,-	0 pcs	Rp. -
17.	Kabel Gracio trans	1m	Rp. 1.500,-	0 pcs	Rp. -
18.	LCD 16x2	1 pcs	Rp. 200.000,-	1 pcs	Rp. 200.000,-
19.	Arduino nano	1 pcs	Rp. 65.000,-	1 pcs	Rp. 65.000,-
20.	LM371s	1 pcs	Rp. 5.000,-	1 pcs	Rp. 5.000,-
21.	Modul micro SD card	1 pcs	Rp. 8.000,-	1 pcs	Rp. 8.000,-
	Total		Rp. 1.390.600,-		Rp. 1.147.100,-

Total harga pada usulan rancangan lebih murah dari total harga pada usulan sebelumnya karena beberapa komponen pada usulan sebelumnya tidak digunakan pada usulan yang sekarang hingga rancangan tersebut direalisasikan.

### **4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perancangan dan Realisasi**

Secara keseluruhan, kesesuaian antara perancangan dan realisasi telah dilakukan semuanya. Namun, jika dilihat dari persentase kesesuaian dari usulan yang dirancang, hanya 88% yang direalisasikan.

Terdapat beberapa kegiatan yang dimulai pada waktu yang berbeda dengan waktu yang diusulkan seperti pembuatan PCB. Pemunduran waktu pembuatan PCB terjadi karena desain pcb yang dibuat masih belum selesai dirangkai. Terdapat juga kegiatan - kegiatan yang dilakukan hingga melebihi batas waktu yang telah ditentukan, salah satu kegiatan tersebut adalah pembelian komponen dan bahan. Waktu pelaksanaan pembelian komponen dan bahan mulanya sesuai dengan rentang waktu yang ditentukan, tetapi beberapa komponen yang diperlukan masih belum tersedia yang mengakibatkan perpanjangan waktu untuk membeli komponen yang kurang tersebut.

Dari setiap komponen yang tertera pada Tabel 4.3, beberapa komponen digunakan karena komponen - komponen tersebut tidak sesuai. Salah satu contoh dari komponen - komponen tersebut adalah sensor tekanan (*pressure sensor*), karena sensor tidak dapat membaca nilai tekanan pada saat uji coba karena jenis sensor tekanan yang digunakan tidak dapat untuk mengukur tekanan pipa. Penggunaan sistem penyimpanan berubah dari database website menjadi *micro sd* dikarenakan pengiriman data ke website terjadi keterlambatan lebih dari 1 detik. Sedangkan pada sensor laju aliran setiap 500 ms memiliki 10 data yang penting untuk di analisis. Maka dari itu penggunaan *micro sd* dapat mengganti usulan utama.

## BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis

### 5.1 Hasil dan Analisis Implementasi

Pada bagian ini memaparkan kinerja alat untuk mengumpulkan data berupa laju aliran dan algoritma ANN untuk menentukan dimana lokasi terjadinya kebocoran.

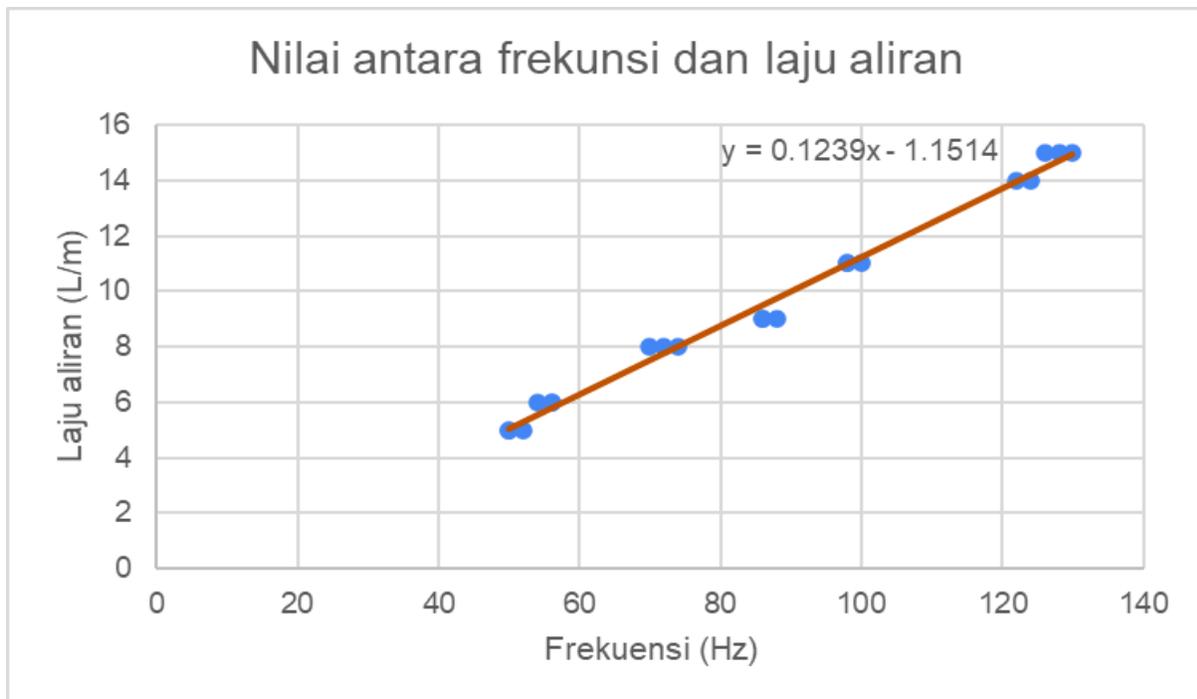
#### 5.1.1 Kalibrasi Sensor

##### a. Sensor laju aliran FS300A G3/4

Proses kalibrasi sensor dilakukan dengan membandingkan keluaran sensor laju aliran berbasis *ultrasonic* dengan sensor FS300A G3/4. Nilai pembanding untuk masukan regresi linier adalah nilai frekuensi dari putaran turbin dan nilai laju aliran dari sensor ultrasonic. Cara mendapatkan nilai frekuensi dari sensor FS300A G3/4 dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$f = \frac{N}{\Delta t} \quad (5.1)$$

Dimana  $f$  merupakan frekuensi dari sensor,  $N$  merupakan banyaknya pulsa yang dihitung oleh *interrupt* mikrokontroler, dan  $\Delta$  merupakan *sampling time*. *Sampling time* yang dipakai untuk menghitung data sensor sebesar 500 ms. Jika nilai tersebut terlalu kecil maka panjang pulsa yang dihitung sedikit. Nilai antara frekuensi dan laju aliran dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1. Kalibrasi sensor

Dari Gambar 5.1 didapatkan persamaan berikut

$$y = 0,124x - 1,15 \tag{5.2}$$

Nilai laju aliran dari instalasi Gambar 3.12 memiliki nilai yang konsisten saat pipa dalam kondisi normal dan bocor. Nilai laju aliran kondisi normal  $\pm 8,2 \text{ l/m}$ . Sedangkan nilai laju aliran terjadi kebocoran  $\pm 8,1 \text{ l/m}$ . Apabila terjadi error pada pembacaan sensor, pengaruh untuk nilai prediksi lokasi kebocoran dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1. Pengaruh *error* pembacaan sensor terhadap penentuan lokasi kebocoran

Kondisi	Laju aliran (l/m)	Error					
		$\pm 1 \%$		$\pm 3 \%$		$\pm 5 \%$	
Pipa normal	8,25	8,3325	8,1675	8,4975	8,0025	8,6625	7,8375
Pipa bocor	8,1	8,181	8,019	8,343	7,857	8,505	7,695

Nilai *error* yang diizinkan agar tidak mengubah prediksi lokasi kebocoran adalah 1 %, lebih dari itu prediksi lokasi kebocoran harus dilatih ulang dengan data baru sesuai dengan kondisi *error* yang terjadi.

### 5.1.2 Segmentasi Data

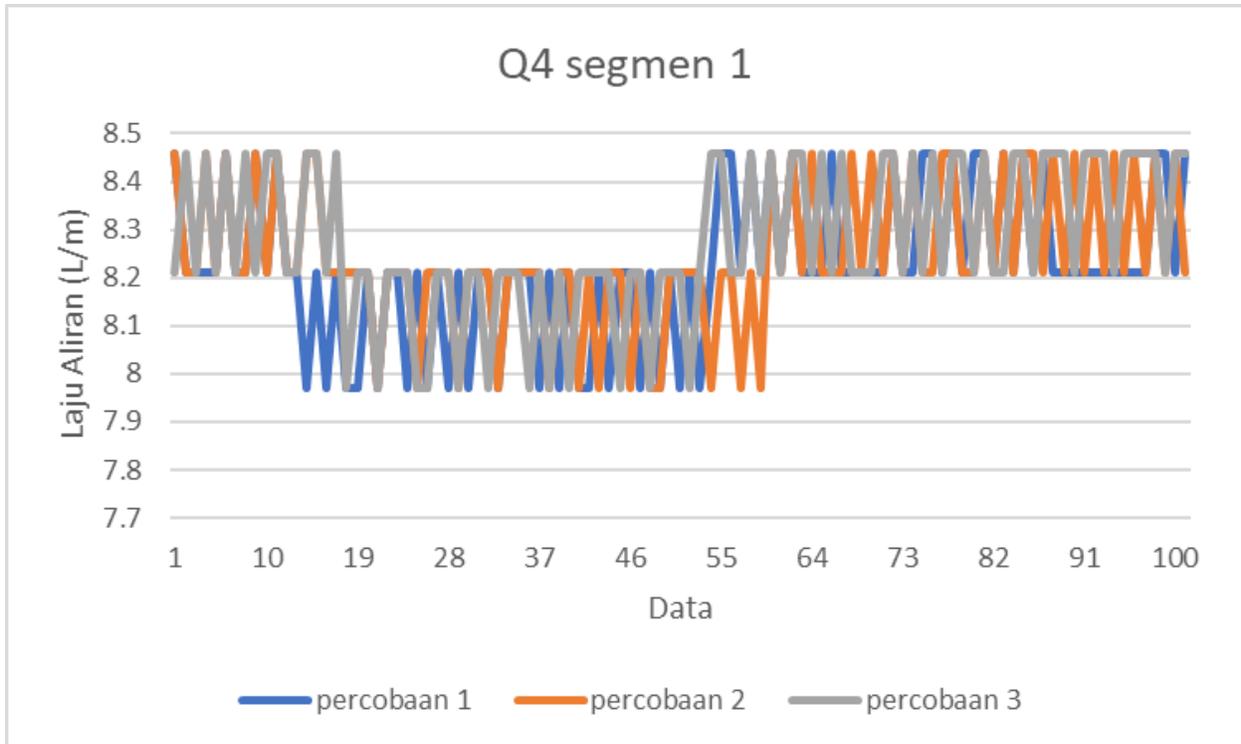
Data segmentasi dibagi menjadi 4 bagian yaitu segmen 1, segmen 2, segmen 3, dan segmen 4. Fokus utama data yang ditampilkan adalah *Q4* atau laju aliran yang berada di pembuangan air pada pipa. Jika terjadi kebocoran, laju aliran *Q4* mengalami penurunan.

a. Laju aliran *Q1*

Nilai *Q1* memiliki interval  $8,2 \leq x \leq 9,35$ . Nilai tersebut dikombinasikan dengan *Q4* sebagai masukan ANN. Aturan kombinasi dibuat dengan ketentuan semakin kecil nilai *Q4* maka nilai *Q1* mengikuti, berlaku untuk nilai sebaliknya.

b. Laju aliran *Q4* segmen 1

Pengambilan data diambil sebanyak 3 kali untuk mengetahui konsistensi data. Sensor *Q4* akan mengalami perubahan yang besar saat terjadi kebocoran pada segmen tertentu. Buka tutup lubang akan membedakan laju aliran terjadinya kebocoran ataupun tidak.

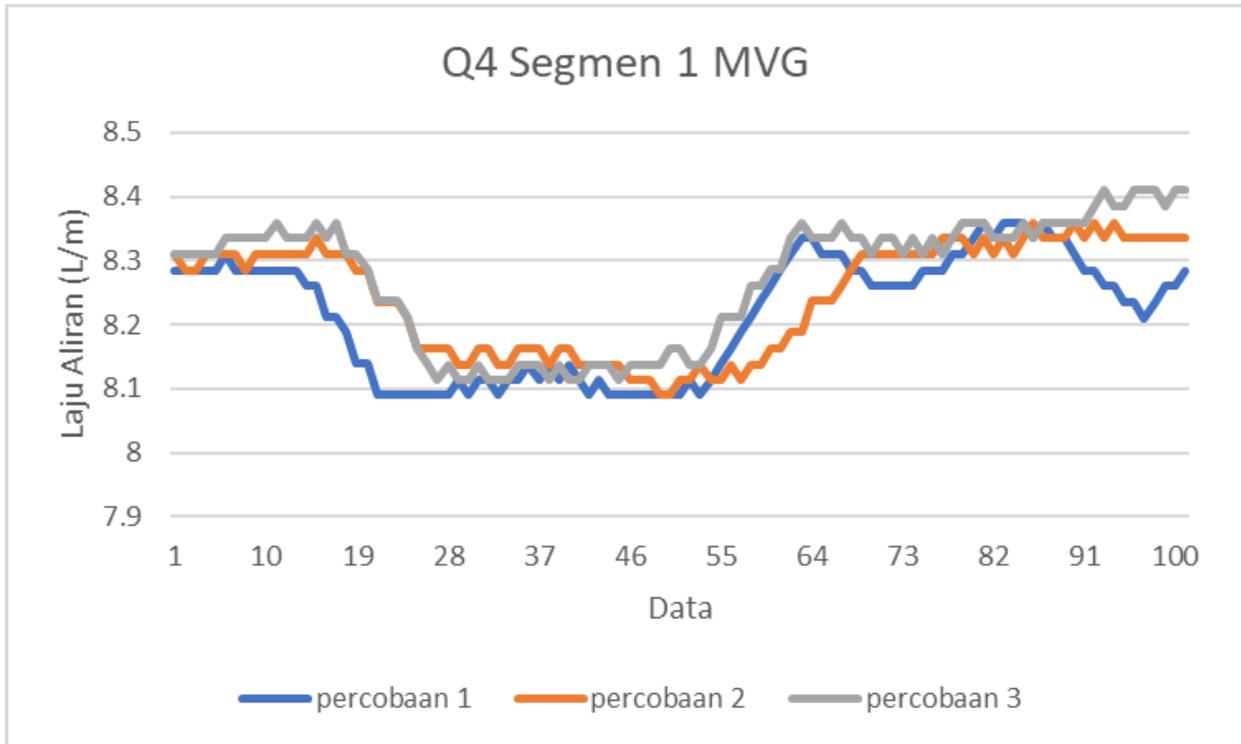


Gambar 5.2. Hasil percobaan segmen 1

Dari Gambar 5.2 belum dapat diolah ke dalam algoritma ANN dikarenakan nilai laju aliran saat terjadi lubang dan kondisi normal memiliki nilai yang belum stabil. Stabil yang dimaksud adalah nilai desimal dibelakang koma masih diatas 0.2  $l/m$  atau lebih. Maka dari itu diperlukan proses penyaringan sederhana dengan metode *moving average* yang dapat dilihat dari Persamaan (5.3 berikut

$$MVG = \frac{(x1 + x2 + x3 + \dots + xn)}{n} \quad (5.3)$$

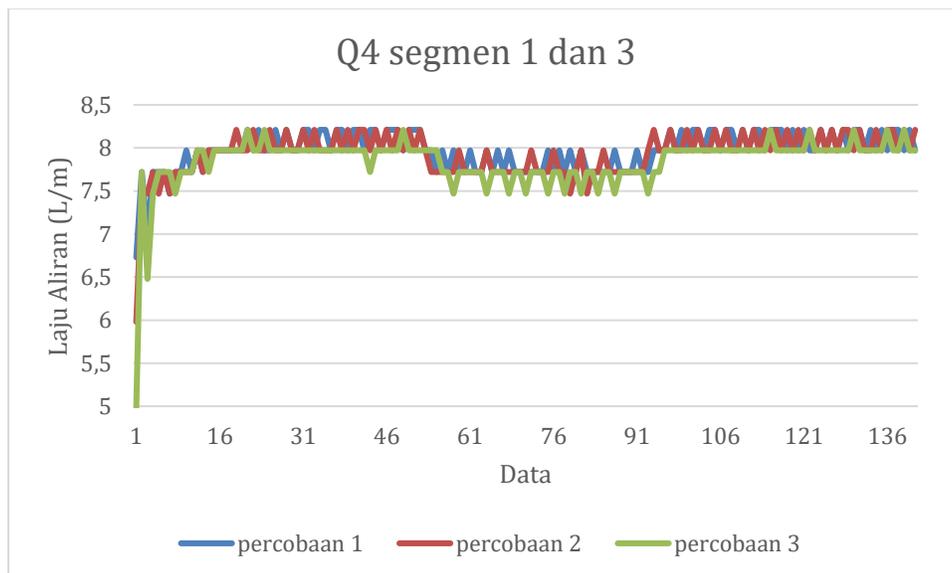
Dimana MVG merupakan hasil *moving average*, x merupakan data ke - n, dan n merupakan banyaknya data. Pada rancangan ini mengambil data cuplik sebanyak 10 data kemudian di rata - rata. Hasil MVG untuk data segmen 1 dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Hasil percobaan segmen 1 MVG

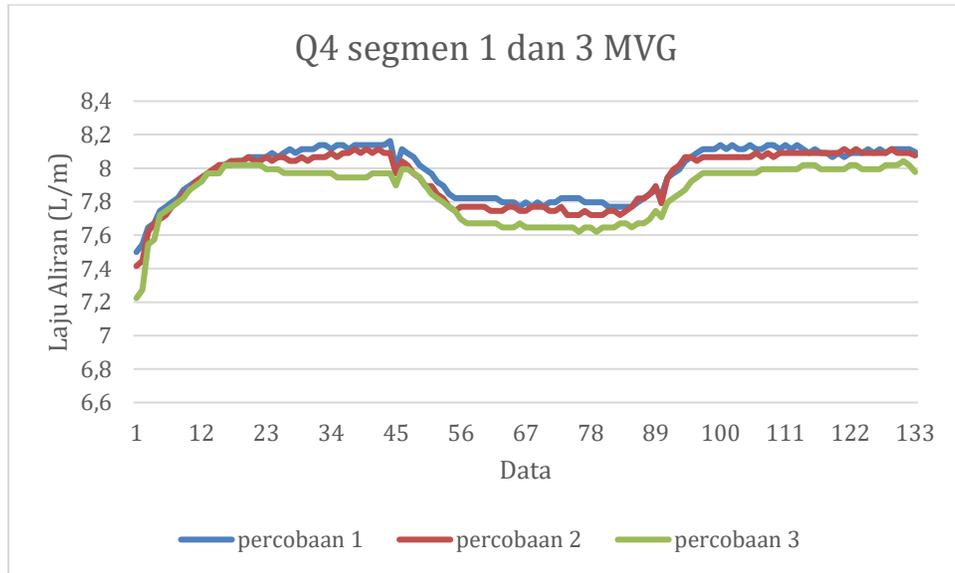
Hasil dari MVG untuk Gambar 5.3 memiliki perbedaan nilai laju aliran antar data yang dinyatakan dalam nilai desimal sebesar 0,001 - 0,01 *l/m*. Nilai laju aliran di atas 8.2 *l/m* merupakan nilai pipa yang dialiri air tanpa kebocoran. Sebaliknya dibawah 8.2 *l/m* merupakan nilai terjadinya kebocoran pada segmen 1.

c. Q4 segmen 1 dan 3



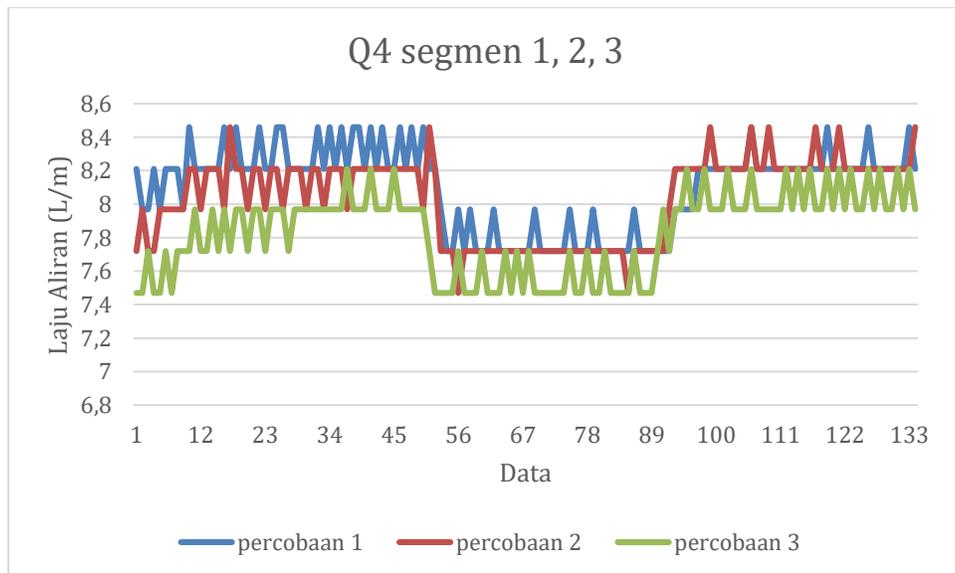
Gambar 5.4. Data kombinasi segmen 1 dan 3

Gambar 5.4 merupakan hasil percobaan buka tutup lubang kebocoran pada 2 lubang yaitu segmen 1 dan 3. Hasil percobaan tersebut masuk ke Persamaan (5.3) untuk MVG. Hasil MVG dapat dilihat di Gambar 5.5. Nilai laju aliran pada kombinasi dua lubang kebocoran memiliki rata – rata 7,7 l/m saat kebocoran terjadi.



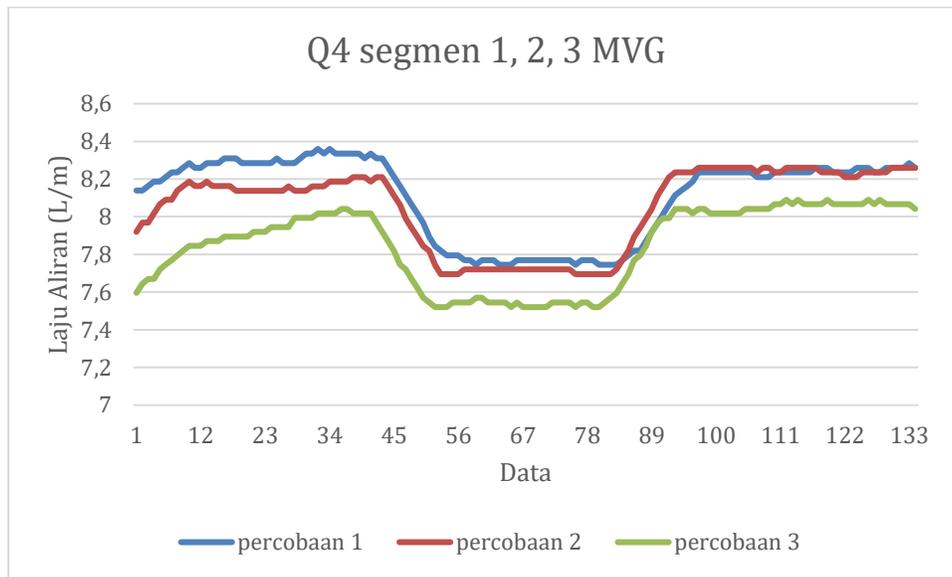
Gambar 5.5. Data kombinasi segmen 1 dan 3 MVG

d. Q4 segmen 1, 2 dan 3



Gambar 5.6. Data Kombinasi segmen 1, 2, dan 3

Gambar 5.6 merupakan hasil percobaan buka tutup lubang kebocoran sebanyak 3 segmen. Segmen 1, 2, dan 3 dibuka menurut waktu yang telah ditentukan. Kombinasi tiga lubang dilakukan untuk mengetes ANN apakah dapat mendeteksi terjadinya suatu kebocoran pada 3 kombinasi lubang. Data percobaan masuk ke Persamaan (5.3) untuk mengecilkan selisih desimal. Gambar 5.7 merupakan hasil MVG untuk kombinasi lubang di segmen 1, 2, dan 3. Hasil rata – rata laju aliran pada tida lubang kombinasi saat terjadi bocor sebesar 7,6 l/m.



Gambar 5.7. Data kombinasi segmen 1, 2, dan 3

Tabel 5.2. Data Latih satu lubang untuk algoritma ANN

No	Q4 tanpa data bocor (l/m)	Q4 bocor segmen 1 (l/m)	Q4 bocor segmen 2 (l/m)	Q4 bocor segmen 3 (l/m)	Q4 bocor segmen 4 (l/m)	Q4 bocor 2 lubang (l/m)	Q4 bocor 3 lubang (l/m)	Q1 (l/m)
1	8,28977	8,1209	8,01151	8,12914	8,18776	7,79045455	7,53759	9,273
2	8,28808	8,15743	8,02745	8,1136	8,18161	7,70738636	7,588	9,273
3	8,245	8,14436	8,07968	8,09149	8,18912	7,75061364	7,49022	9,273
4	8,29018	8,14232	7,98946	8,09621	8,17653	7,78434091	7,59155	9,273
5	8,30499	8,14617	7,99264	8,09456	8,17904	7,61995455		9,273
6	8,33852		8,00545			7,69877273		9,273
7	8,26		8,02046			7,625		9,273
8	8,31627		7,82996					9,273
9	8,30947		7,9224					9,273
10	8,20188							9,25
11	8,28493							9,25

12	8,31136						9,25
13	8,26658						9,25
14	8,26965						9,25
15	8,3565						9,273
16	8,26264						9,273
17	8,3432						9,273
18	8,3091						9,296
19	8,22988						9,296
20	8,34931						9,296
21	8,34143						9,296
22	8,37347						9,319
23	8,23277						9,319
24							9,319
25							9,296
26							9,319
27							9,319
28							9,296
29							9,296
30							9,319

Tabel 5.3. Nilai interval masukan ANN dan nilai target

Interval $Q1$ ( $l/m$ )	$9,25 \leq x \leq 9,26$	$9,25 \leq x \leq 9,26$	$9,25 \leq x \leq 9,26$	$9,25 \leq x \leq 9,319$	$9,25 \leq x \leq 9,319$
Interval $Q4$ ( $l/m$ )	$8,120 \leq x \leq 8,147$	$7,8 \leq x \leq 8,08$	$8,09 \leq x \leq 8,123$	$8,16 \leq x \leq 8,20$	$8,23 \leq x \leq 8,27$
Letak bocor	Segmen 1	Segmen 2	Segmen 3	Segmen 4	Tanpa kebocoran
Nilai target	9,2	9	9,1	9,3	9,4

Hasil rerata Tabel 5.2 dipilih lagi untuk menjadi data latih algoritma ANN. Setiap kombinasi nilai  $Q1$  dan  $Q4$  diberi nilai target. Nilai target berfungsi untuk memberi pola pada kalkulasi ANN untuk membedakan terjadinya lubang di beberapa segmen. Hasil kalkulasi memiliki nilai *error* pada keluarannya. Nilai *error* didapat dari selisih kuadrat antara prediksi dan target. Semakin kecil nilai tersebut, maka akurasi semakin tinggi. Hasil tersebut menandakan ANN

mampu mendeteksi lokasi kebocoran pada pipa. Tabel 5.3 merupakan nilai yang dapat dijadikan prediksi untuk mengetes terjadinya kebocoran pada segmen tertentu. Selain data satu segmen, algoritma ANN juga dilatih menggunakan kombinasi dua dan tiga lubang kebocoran.

Tabel 5.4. Data latih dua lubang kebocoran

$Q1(l/m)$	8,700	8,990	8,990
Interval $Q4(l/m)$	$7,61 \leq x \leq 7,74$	$7,79 \leq x \leq 7,81$	$7,815 \leq x \leq 7,876$
Letak bocor	Segmen 1, 2	Segmen 1, 3	Segmen 1, 4
Nilai target	8,6	8,8	8,9
$Q1(l/m)$	8,500	8,640	8,860
Interval $Q4(l/m)$	$7,625 \leq x \leq 7,5$	$7,665 \leq x \leq 7,687$	$7,78 \leq x \leq 7,79$
Letak bocor	Segmen 2, 3	Segmen 2, 4	Segmen 3, 4
Nilai target	8,4	8,5	8,7

Tabel 5.5. Data latih 3 lubang kombinasi

$Q1$	8,390	8,300	8,390	8,250
Interval $Q4$	$7,51 \leq x \leq 7,53$ ( $l/m$ )	$7,55 \leq x \leq 7,579$ ( $l/m$ )	$7,58 \leq x \leq 7,595$ ( $l/m$ )	$7,445 \leq x \leq 7,495$ ( $l/m$ )
Letak bocor	Segmen 1, 2,3	Segmen 1, 2,4	Segmen 1, 3,4	Segmen 2, 3,4
Nilai target	8,1	8,2	8,3	8,0

Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 merupakan data latih yang sudah direrata tiap terjadi lubang maupun kondisi normal. Data tersebut masuk dalam data latih sekaligus prediksi untuk algoritma ANN. Hal yang diharapkan dengan masukan data tersebut membuat ANN dapat memprediksi terjadinya kebocoran pada segmen kombinasi dua dan tiga lubang.

### 5.1.3 Pengolahan Data dengan ANN

Bagian ini menampilkan algoritma ANN dalam memprediksi data baru. Hasil berupa nilai perhitungan yang mendekati nilai target. Acuan masukan dapat dilihat di Tabel 5.. Perhitungan nilai error merujuk Persamaan (5.4) berikut

$$error = E = \frac{1}{2}(prediksi - target)^2 \quad (5.4)$$

Tabel 5.1. Hasil algoritma ANN

Data	Nilai Q1(l/m)	Nilai Q4(l/m)	Hasil ANN	<i>E</i>	Kondisi
1	9,273	8,135	9,2259	0,000334	Bocor segmen 1
2	9,25	7,85	8,9740	0,000338	Bocor segmen 2
3	9,25	8,1	9,1572	0,001635	Bocor segmen 3
4	9,314	8,175	9,2571	0,000920	Bocor segmen 4
5	8,7	7,75	8,66739	0,002264	Bocor segmen 1,2
6	8,99	7,82	8,8380	0,000722	Bocor segmen 1,4
7	8,62	7,68	8,5775	0,003003	Bocor segmen 2,4
8	8,5	7,61	8,4618	0,001909	Bocor segmen 2,3
9	8,86	7,78	8,7929	0,016072	Bocor segmen 3,4
10	8,3	7,57	8,2540	0,001458	Bocor segmen 1,2,4
11	8,36	7,595	8,3093	0,000043	Bocor Segmen 1,3,4
12	8,2	7,45	8,179	0,016020	Bocor segmen 2,3,4

Data dari Tabel 5.5 merupakan hasil perhitungan algoritma ANN. Terdiri dari 12 data prediksi dengan kondisi yang berbeda. Kondisi bocor pada segmen 1 memiliki nilai target sebesar 9,2. Nilai hasil kalkulasi di angka yang sama dengan target namun memiliki *error* sebesar 0,0334 %. Hasil tersebut menunjukkan performa ANN yang bagus untuk mendeteksi terjadinya kebocoran di segmen 1.

Data kedua dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen dua. Nilai target yang dimasukkan sebesar 9 dan didapatkan hasil kalkulasi sebesar 8,9740. Nilai error 0,0338 %

didapatkan saat proses prediksi. Nilai *error* menunjukkan performa ANN yang bagus untuk mendeteksi bocor pada segmen 2.

Data ketiga dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen tiga. Nilai target untuk algoritma ANN pada kondisi ini sebesar 9,1. Hasil prediksi bernilai 9,1572 dengan *error* 0,1635 %. Performa ANN dapat dikatakan bagus dikarenakan memiliki nilai *error* yang kecil. Kondisi tersebut mampu mendeteksi kebocoran pada segmen 3.

Data keempat dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen empat. Nilai target untuk ANN sebesar 9,2. Nilai kalkulasi dari algoritma ANN sebesar 9,2571 dan memiliki *error* sebesar 0,0920 %. Nilai *error* dapat dikatakan kecil sehingga kebocoran pada segmen keempat terdeteksi.

Data kelima dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen kombinasi 1 dan 2. Nilai target untuk ANN sebesar 8,6. Nilai kalkulasi dari algoritma ANN sebesar 8,66739 dan memiliki *error* sebesar 0,2264%. Nilai *error* dapat dikatakan kecil sehingga kebocoran pada segmen kombinasi 1 dan 2 terdeteksi.

Data keenam dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen kombinasi 1 dan 4. Nilai target untuk ANN sebesar 8,8. Nilai kalkulasi dari algoritma ANN sebesar 8,8380 dan memiliki *error* sebesar 0,0722%. Nilai *error* dapat dikatakan kecil sehingga kebocoran pada segmen kombinasi 1 dan 4 terdeteksi.

Data ketujuh dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen kombinasi 2 dan 4. Nilai target untuk ANN sebesar 8,5. Nilai kalkulasi dari algoritma ANN sebesar 8,5775 dan memiliki *error* sebesar 0,3003%. Nilai *error* dapat dikatakan kecil sehingga kebocoran pada segmen kombinasi 2 dan 4 terdeteksi.

Data kedelapan dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen kombinasi 2 dan 3. Nilai target untuk ANN sebesar 8,4. Nilai kalkulasi dari algoritma ANN sebesar 8,4618 dan memiliki *error* sebesar 0,1909%. Nilai *error* dapat dikatakan kecil sehingga kebocoran pada segmen kombinasi 2 dan 3 terdeteksi.

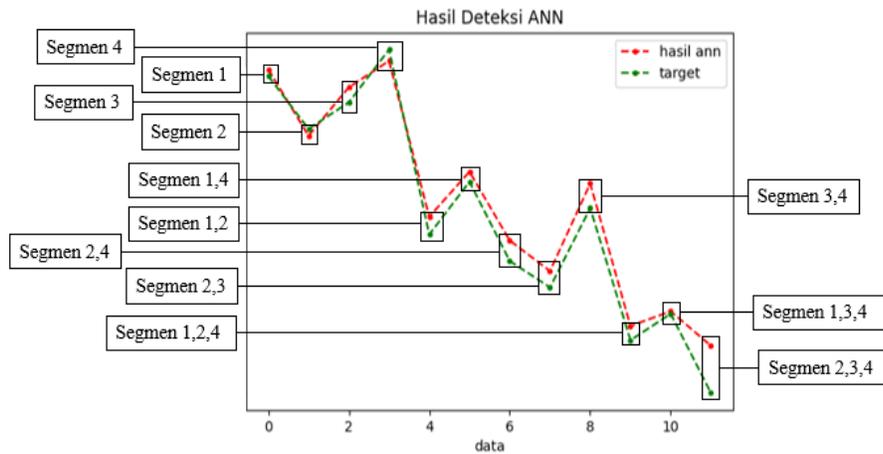
Data kesembilan dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen kombinasi 2 dan 3. Nilai target untuk ANN sebesar 8,7. Nilai kalkulasi dari algoritma ANN sebesar 8,7929 dan memiliki *error* sebesar 1,6072%. Nilai *error* dapat dikatakan kecil sehingga kebocoran pada segmen kombinasi 3 dan 4 terdeteksi.

Data kesepuluh dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen kombinasi 1, 2, dan 4. Nilai target untuk ANN sebesar 8,2. Nilai kalkulasi dari algoritma ANN sebesar 8,2540 dan

memiliki *error* sebesar 0,1458%. Nilai *error* dapat dikatakan kecil sehingga kebocoran pada segmen kombinasi 1, 2 dan 4 terdeteksi.

Data kesebelas dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen kombinasi 1, 3, dan 4. Nilai target untuk ANN sebesar 8,3. Nilai kalkulasi dari algoritma ANN sebesar 8,3093 dan memiliki *error* sebesar 0,0043%. Nilai *error* dapat dikatakan kecil sehingga kebocoran pada segmen kombinasi 1, 3 dan 4 terdeteksi.

Data kedua belas dari Tabel 5.5 merupakan kondisi bocor di segmen kombinasi 2, 3, dan 4. Nilai target untuk ANN sebesar 8,1. Nilai kalkulasi dari algoritma ANN sebesar 8,179 dan memiliki *error* sebesar 1,602%. Nilai *error* dapat dikatakan kecil sehingga kebocoran pada segmen kombinasi 2, 3 dan 4 terdeteksi. Gambar 5.8 menunjukkan hubungan antara hasil prediksi algoritma ANN dengan target lokasi kebocoran.



Gambar 5.8. Hasil deteksi kebocoran segmen

Titik berwarna merah merupakan hasil kalkulasi ANN. Titik hijau merupakan target lokasi kebocoran. Terdapat 3 kondisi yaitu kebocoran yang terjadi karena lubang di satu segmen, dua segmen kombinasi, dan 3 segmen kombinasi. Kombinasi segmen 1 dan 3 tidak masuk dalam Gambar 5.8 dikarenakan nilai hasil prediksi sama dengan kombinasi segmen 1 dan 4. Kombinasi segmen 1, 2, dan 3 juga tidak masuk dalam Gambar 5.8 dikarenakan nilai hasil prediksi sama dengan kombinasi 1, 2, dan 4. Selain dua kondisi tersebut, algoritma ANN dapat mendeteksi lokasi kebocoran seperti Gambar 5.8.

### 5.1.3 Generalisasi Rancangan Deteksi

Bagian ini menjelaskan apabila rancangan sistem dijadikan metode deteksi pada pipa dengan kondisi yang berbeda karakteristiknya. Langkah yang harus dilakukan adalah menentukan pipa yang akan digunakan beserta parameter seperti panjang, diameter dan bentuk instalasinya. Langkah kedua mengambil data bocor setiap segmennya. Rancangan ini menggunakan prinsip berapapun panjang pipa dibagi menjadi empat bagian. Jika ingin meningkatkan akurasi lokasi terjadinya bocor maka pembagian segmen diperbesar tidak hanya 4 bagian. Misal menjadi 5 atau 6 bagian maka hasil lebih terfokus karena jarak pembagian segmen lebih kecil.

Tabel 5.2. Pengalaman Pengguna

No.	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1.	Fungsi	Fungsi sebagai pengukur nilai laju aliran air dan menampilkan nilai sudah berjalan dengan baik.	Dipertahankan
2.	Kemudahan	Pengoperasian alat cukup mudah	Dipertahankan

Capaian pada Tabel 5.2 sudah tercapai. Pengoperasian alat cukup mudah untuk dilakukan yaitu, pertama memasang alat pada pipa, kemudian menghidupkan alat untuk memulai pengukuran, alat akan mulai mengukur nilai laju dan menyimpan nilai tersebut pada *micro sd*.

## 5.3 Dampak Implementasi Sistem

### 5.3.1 Teknologi/Inovasi

Sistem memiliki fitur pengukuran dengan menggunakan *flowmeter sensor* dengan turbin untuk mengukur nilai laju aliran air yang melewati sensor. Penggunaan *flowmeter sensor* lain seperti *ultrasonic flowmeter sensor* tidak dilakukan karena biaya yang dikeluarkan lebih tinggi. Penentuan lokasi kebocoran dengan algoritma ANN pada sistem dilakukan secara manual karena diperlukan pemisahan data untuk mengetahui lokasi kebocoran. Pada literasi [5], penentuan lokasi kebocoran dilakukan secara langsung oleh algoritma ANN yang terhubung dengan sensor.

## BAB 6 : Kesimpulan dan Saran

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancangan deteksi lokasi pada pipa rumah tangga, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Perangkat keras berupa alat untuk memantau dan menyimpan data debit air berjalan dengan baik. Nilai laju aliran yang diusulkan dalam spesifikasi antara 1 – 60 *l/m*, sedangkan nilai laju aliran yang melewati pipa antara 7 – 9 *l/m*. Nilai tersebut masih tercakup pada spesifikasi sistem. Data debit air dapat tersimpan dalam *micro sd*.
2. Ketahanan catu daya pada usulan spesifikasi selama 15 menit tanpa pengisian ulang. Catu daya sendiri memakai baterai *lithium* sebesar 7,4 *V* dan mampu bertahan untuk pengambilan data selama 15 menit.
3. Alat mampu menampilkan data monitoring secara *real-time* menggunakan LCD.
4. Alat mampu bertahan dari percikan air saat pengambilan data bocor pada pipa.
5. Perangkat lunak berupa algoritma ANN untuk mendeteksi lokasi terjadinya kebocoran memiliki performa yang bagus. Performa tersebut dapat dilihat dari nilai *error* untuk mendekati target masukan. Nilai *error* yang dihasilkan sebesar 0,0334% – 0,1635% dengan rata – rata 0,4254 %.
6. Algoritma ANN mampu mendeteksi lokasi kebocoran pada segmen 1, segmen 2, segmen 3, dan segmen 4.
7. Selain lokasi kebocoran, algoritma ANN mampu membedakan kebocoran pada 2 dan 3 lubang kombinasi.

### 6.2 Saran

Dari hasil rancangan sistem yang telah dibuat, ada perbaikan yang dapat dilakukan untuk ke depannya.

1. Sistem ini masih manual dalam memasukkan data olah ke ANN. Maka dari itu perbaikan selanjutnya adalah membuat sistem deteksi yang sudah melekat antara sensor dan algoritma ANN-nya.
2. Sumber daya sistem masih belum dapat melakukan pengisian ulang. Perbaikan selanjutnya adalah membuat jalur penghubung untuk pengisian ulang sumber daya sistem.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. B. Quy, S. Muhammad, and J.-M. Kim, “A Reliable Acoustic EMISSION Based Technique for the Detection of a Small Leak in a Pipeline System,” *Energies*, vol. 12, no. 8, p. 1472, Apr. 2019, doi: 10.3390/en12081472.
- [2] H. Kusuma, F. Ramadhan, A. A. Alawi, R. Nauval, and J. Setiawan, “Judul Prototype Pendeteksi Kebocoran Pipa Berbasis Iot Menggunakan Nodemcu Esp8266 Melalui Dashboard Adafruit.Io,” *JTEKSIS*, vol. 3, no. 2, pp. 327–333, Jul. 2021, doi: 10.47233/jteksis.v3i2.253.
- [3] I. Rojek and J. Studzinski, “Detection and Localization of Water Leaks in Water Nets Supported by an ICT System with Artificial Intelligence Methods as a Way Forward for Smart Cities,” *Sustainability*, vol. 11, no. 2, p. 518, Jan. 2019, doi: 10.3390/su11020518.
- [4] M. Rahmati, H. Yazdizadeh, and A. Yazdizadeh, “Leakage detection in a gas pipeline using artificial neural networks based on wireless sensor network and Internet of Things,” in *2017 IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, Emden, Jul. 2017, pp. 659–664. doi: 10.1109/INDIN.2017.8104850.
- [5] J. Choi, J. Shin, C. Song, S. Han, and D. Park, “Leak Detection and Location of Water Pipes Using Vibration Sensors and Modified ML Prefilter,” *Sensors*, vol. 17, no. 9, p. 2104, Sep. 2017, doi: 10.3390/s17092104.

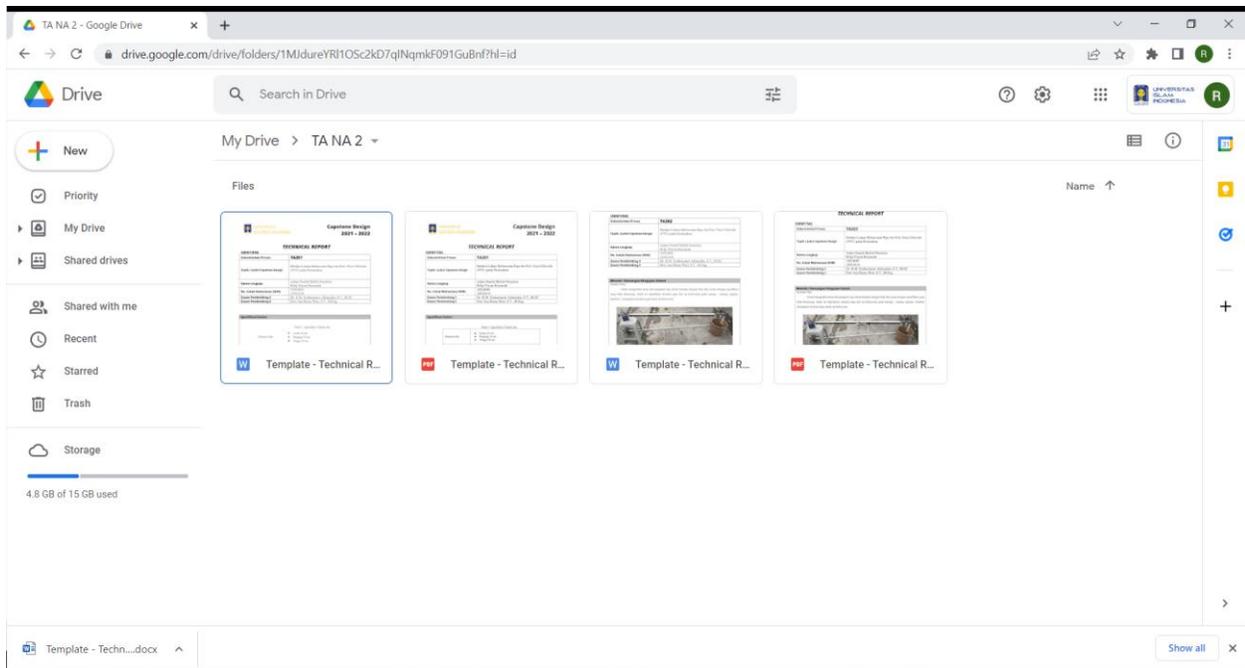
## LAMPIRAN – LAMPIRAN

### A. Logbook

Hari, Tanggal	Deskripsi kegiatan
Jum'at, 8-10-2021	Mencari referensi yang berhubungan dengan topik Tugas Akhir
Rabu, 13-10-2021	Pemilihan metode sensor akustik pendeteksi kebocoran
Sabtu, 16-10-2021	Review laporan PSE Mas Anwar dan pembuatan ppt untuk bimbingan
Minggu, 17-10-2021	Mencari solusi metode yang lain untuk proyek TA
Senin, 18-10-2021	Mendiskusikan beberapa solusi metode pendeteksi
Selasa, 19-10-2021	Mencari referensi jurnal yang lain
Rabu, 20-10-2021	Memahami isi jurnal yang sudah ditemukan
Kamis, 21-10-2021	Membuat ulang ppt sesuai dengan referensi yang didapatkan
Minggu, 24-10-2021	Mencari studi literatur yang sesuai dengan topik
Senin, 25-10-2021	Membuat laporan sementara
Selasa, 26-10-2021	Memperbaiki penulisan studi literatur laporan sementara
Kamis, 28-10-2021	Mencari referensi untuk kebocoran pipa di bawah tanah
Minggu, 7-11-2021	Revisi Technical Report 101
Minggu, 14-10-2021	Revisi Technical Report 101
Kamis, 18-10-2021	Revisi Technical Report 101 dan pembuatan spesifikasi
Rabu, 01-12-2021	Revisi Technical Report 102
Jum'at, 03-12-2021	Bimbingan dan revisi spesifikasi
Kamis, 09-12-2021	Revisi spesifikasi
Jum'at, 17-12-2021	Bimbingan dan revisi spesifikasi dengan pembimbing 1
Kamis, 23-12-2021	Bimbingan dan revisi spesifikasi dengan pembimbing 1
Senin, 27-12-2021	Bimbingan dan revisi spesifikasi dengan

	pembimbing 2
Senin, 10-01-2022	Bimbingan dan revisi technical report 103 dengan pembimbing 1
Rabu, 12-01-2022	Pengujian alat pendeteksi laju aliran di lab
Selasa, 18-01-2022	Bimbingan dan revisi usulan 2 dengan pembimbing 1
Rabu, 26-01-2022	Bimbingan dengan pembimbing 1
Jum'at, 4-02-2022	Bimbingan dengan pembimbing 1
Sabtu, 14-05-2022	Pengujian pressure head pada pipa
Minggu, 15-05-2022	Pengujian aliran air pada saat pipa bocor disetiap segmen
Senin, 16-05-2022	Pengujian kembali alat
Selasa, 17-05-2022	bimbingan dengan pembimbing 1
Rabu, 18-05-2022	Perakitan rangkaian baterai
Kamis, 19-05-2022	Melanjutkan perakitan rangkaian baterai
Sabtu, 28-05-2022	Revisi technical report 201
Rabu, 01-06-2022	Revisi technical report 201 (cont'd)
Senin, 06-06-2022	Membuat kotak alat dan revisi technical report 201
Rabu, 08-06-2022	Pengambilan data kebocoran 3 kombinasi
Selasa, 14-06-2022	Mengisi technical report 202
Jum'at, 19-06-2022	Mengerjakan prototype alat
Selasa, 21-06-2022	Melanjutkan laporan TA2
Kamis, 23-06-2022	Mengerjakan program pengukuran alat
Selasa, 5-07-2022	Melanjutkan laporan TA2
Selasa, 12-07-2022	Mengerjakan poster alat
Rabu, 13-07-2022	Pengujian aliran air pada tiga lubang dan dua lubang
Jum'at, 15-07-2022	Perakitan alat
Sabtu, 16-07-2022	Pengambilan gambar alat
Senin, 18-07-2022	Revisi PPT dan poster
Rabu, 20-07-2022	Revisi laporan TA2
Kamis, 21-07-2022	Melanjutkan technical report 202

## B. Dokumen 201 dan 202



### C. Data kalibrasi sensor

No	X	Y
1	130	15
2	128	15
3	126	15
4	124	14
5	122	14
6	100	11
7	98	11
8	98	11
9	86	9
10	88	9
11	86	9
12	70	8
13	72	8
14	74	8
15	54	6
16	56	6
17	56	6
18	52	5
19	50	5
20	50	5

### D. Source code

- Arduino

```

laju_aliran_kedua_new
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include <DS1302.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(rs27,16,2);

int CS = 10;
File file;
volatile int hbTopsFan = 0;
//int call;
const int hallSensor = 2;
const int TimeSampling = 1000 //ms
unsigned long lastTime = 0;
void rpm()
{
  hbTopsFan++;
}

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(hallSensor, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), rpm, RISING);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();

  pinMode(CS, OUTPUT);

  if(!SD.begin(CS)) {
    Serial.println("Could not initialize SD card");
  }

  if(SD.exists("file.txt")) {
    Serial.println("File exists.");
    if(SD.remove("file.txt") == true) {
      Serial.println("Successfully removed file.");
    } else {
      Serial.println("Could not removed file.");
    }
  }
}

void loop() {
  unsigned long currentTime = millis ();
  float deltaTime = currentTime - lastTime;
  if (deltaTime >= TimeSampling) {
    float frekuensi = ((float) hbTopsFan / (deltaTime / 1.0e3));
    float laju_aliran = 0.124 * frekuensi - 1.210;
    Serial.println(laju_aliran);
    //Serial.println(frekuensi);
    hbTopsFan = 0;
    lastTime = currentTime;

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("laju Aliran");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(laju_aliran);
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print("l/m³");

    file = SD.open("segment1.txt", FILE_WRITE);
    if (file) {
      file.println(laju_aliran);
      file.close();
    } else {
      Serial.println("Could not open file (writing).");
    }
  }

  void readSD() {
    file = SD.open("laju_aliran.txt");
    if (file) {
      Serial.println("Isi file laju_aliran.txt:");
      while (file.available()) {
        Serial.write(file.read());
      }
      file.close();
    } else {
      Serial.println("Duba file laju_aliran.txt error");
    }
  }
}

```

```

laju_aliran_kedua_new
} else {
  Serial.println("Could not removed file.");
}
}

void loop() {
  unsigned long currentTime = millis ();
  float deltaTime = currentTime - lastTime;
  if (deltaTime >= TimeSampling) {
    float frekuensi = ((float) hbTopsFan / (deltaTime / 1.0e3));
    float laju_aliran = 0.124 * frekuensi - 1.210;
    Serial.println(laju_aliran);
    //Serial.println(frekuensi);
    hbTopsFan = 0;
    lastTime = currentTime;

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("laju Aliran");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(laju_aliran);
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print("l/m³");

    file = SD.open("segment1.txt", FILE_WRITE);
    if (file) {
      file.println(laju_aliran);
      file.close();
    } else {
      Serial.println("Could not open file (writing).");
    }
  }

  void readSD() {
    file = SD.open("laju_aliran.txt");
    if (file) {
      Serial.println("Isi file laju_aliran.txt:");
      while (file.available()) {
        Serial.write(file.read());
      }
      file.close();
    } else {
      Serial.println("Duba file laju_aliran.txt error");
    }
  }
}

```

- ANN

```

1
2 import numpy as np
3 import pandas as pd
4 import tensorflow as tf
5 from tensorflow.keras import keras
6 from keras.models import Sequential
7 from keras.layers import Activation
8 from keras.layers.core import Dense
9 from keras.optimizers import Adam
10 from keras.metrics import categorical_crossentropy
11 from sklearn.model_selection import train_test_split
12 import seaborn as sns
13 import matplotlib.pyplot as plt
14 #dataset = loadtxt('datasagem3.csv', delimiter=',')
15 x = dataset[:,0:2]
16
17 df = pd.read_csv('datasagem3.csv')
18 X = df[['q1', 'q4']].values
19 y = df[['target']].values
20 X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state = 40)
21
22 X_train.shape
23 print(X_train.shape)
24
25 y_train.shape
26 print(y_train.shape)
27
28 model = Sequential()
29 model.add(Dense(4, activation='relu'))
30 model.add(Dense(4, activation='relu'))
31 model.add(Dense(4, activation='relu'))
32 model.add(Dense(4, activation='relu'))
33
34 model.add(Dense(1))
35
36 model.compile(optimizer='rmsprop', loss='mse')
37 model.fit(x=X_train, y = y_train, epochs=1000)
38
39 #loss_df = pd.DataFrame(model.history.history)
40 p = model.evaluate(X_test, y_test, verbose = 0)
41
42 c = model.evaluate(X_train, y_train, verbose = 0)
43
44 test_prediction = model.predict(X_test)
45 #test_prediction = pd.Series(test_prediction.reshape(10))

```

```

43
44 test_prediction = model.predict(X_test)
45 test_prediction = pd.Series(test_prediction.reshape(10))
46 #print(test_prediction)
47
48
49 pred_df = pd.DataFrame(y_test, columns=['tes true y'])
50 pred_df = pd.concat([pred_df, test_prediction], axis = 1)
51 pred_df.columns = ['tes true y', 'model pred']
52 #sns.scatterplot(x='tes true y', y = 'model pred', data = pred_df)
53 from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error
54 mean_absolute_error(pred_df['tes true y'], pred_df['model pred'])
55 # df.describe()
56 #new_gen = [[9.319, 8.18], [9.2, 8.40]]
57 #t = model.predict(new_gen)
58 q1 = float(input("masukan nilai q1:"))
59 q4 = float(input("masukan nilai q4:"))
60 t = model.predict([[q1, q4]])
61
62 weights = model.get_weights()
63 #print(weights)
64
65 #8.128cncd.147 // segmen 1
66 if t >= 9.156 and t <= 9.25:
67     print("terjadi kebocoran di segmen 1 dengan target {}".format(t[0][0]))
68
69 #7.8cncB.08 // segmen 2
70 elif t >= 8.97 and t <= 9.07:
71     print("terjadi kebocoran di segmen 2 dengan target {}".format(t[0][0]))
72
73 #8.09cncB.123 // segmen 3
74 elif t >= 9.1 and t <= 9.15:
75     print("terjadi kebocoran di segmen 3 dengan target {}".format(t[0][0]))
76
77 #8.18cncB.20 // segmen 4
78 elif t >= 9.255 and t <= 9.36:
79     print("terjadi kebocoran di segmen 4 dengan target {}".format(t[0][0]))
80
81 #8.23cncB.37 // tidak ada bocor
82 elif t >= 9.39 and t <= 9.46:
83     print("tidak terjadi kebocoran sama sekali di segmen dengan target {}".format(t[0][0]))
84
85 #7.815cnc7.876
86 elif t >= 8.81 and t <= 8.95:
87     print("terjadi kebocoran di segmen 1 dan 4 {}".format(t[0][0]))

```

```

88
89 #7.28e+7.79
90 elif t >= 8.7 and t <= 8.7999:
91     print(" terjadi kebocoran di segmen 3 dan 4 {}".format(t[0][0]))
92
93
94 #7.74e+7.77
95 elif t >= 8.6 and t <= 8.6999:
96     print(" terjadi kebocoran di segmen 1 dan 2 {}".format(t[0][0]))
97
98
99 #7.665e+7.887
100 elif t >= 8.5 and t <= 8.5999:
101     print(" terjadi kebocoran di segmen 2 dan 4 {}".format(t[0][0]))
102
103
104 #7.635e+7.5
105 elif t >= 8.4 and t <= 8.4999:
106     print(" terjadi kebocoran di segmen 2 dan 3 {}".format(t[0][0]))
107
108
109 #7.55e+7.579
110 elif t >= 8.3 and t <= 8.399:
111     print(" terjadi kebocoran di segmen 1, 3 dan 4 {}".format(t[0][0]))
112     #7.51e+7.53
113
114
115 elif t >= 8.2 and t <= 8.299:
116     print(" terjadi kebocoran di segmen 1, 2 dan 4 {}".format(t[0][0]))
117
118
119 elif t >= 8 and t <= 8.1999:
120     print(" terjadi kebocoran di segmen 2, 3 dan 4 {}".format(t[0][0]))
121
122
123 #7.6e+7.79
124 elif t >= 8.79 and t <= 8.82:
125     # print(" terjadi kebocoran sebanyak 2 lubang {}".format(t[0][0]))
126
127
128 #7.4e+7.59
129 elif t >= 8.076 and t <= 8.75 :
130     # print(" terjadi kebocoran sebanyak 3 lubang {}".format(t[0][0]))
131
132
133 else :
134     print(" nilai target {}".format( t[0][0]))
135
136 #print(t)
137 #plt.show()
138

```

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL OUTPUT

> OUTLINE nilai target 9.073845863342285

> TIMELINE PS D:\VA RRPQ\Latihan python\00-TEMPLATE>

## E. Kalkulasi ANN

### Deteksi pada segmen 1

$$Y1 = (9.273 \times 0.89 + 8.135 \times (-0.1647)) + 0.097$$

$$= 6.913 + 0.097 = 7.01$$

$$Y2 = (9.273 \times -0.402 + 8.135 \times -0.095) + 0$$

$$= -4.500$$

$$Y3 = (9.273 \times 0.161 + (8.135 \times 0.447) + 0.078$$

$$= 5.129446 + 0.078 = 5.207$$

$$Y4 = (9.273 \times -0.897 + 8.135 \times 0.4131) + 0$$

$$= -4.957$$

$$Y5 = ((7.01 \times 1.132) + (-4.500 \times 0.96) + (5.207 \times 0.22) + (-4.957 \times -0.91)) +$$

$$= 9.27 + 0.09668665 = 9.279668665$$

$$E = \frac{1}{2}(9.279668665 - 9.2)^2$$

$$E = \frac{1}{2}(0.079668665)^2$$

$$E = 0.0031$$

### Deteksi pada segmen 2

$$Y1 = (9.25 \times -0.258755 + 7.89 \times 0.1759336) + 0$$

$$= -1.005368$$

$$Y2 = (9.25 \times 0.6186814 + 7.89 \times 0.17634523) - 0.05279306$$

$$= 7.114167 - 0.05279306 = 7.061374$$

$$Y3 = (9.25 \times 0.7300809 + 7.89 \times 0.6078835) - 0.01457839$$

$$= 11.549449 - 0.01457839 = 11.534871$$

$$Y4 = (9.25 \times 0.8106969 + 7.89 \times (-0.02534392)) - 0.01493291$$

$$= 7.298983 - 0.01493291 = 7.28405$$

$$Y5 = -1.005368 \times 0.13463593 + (7.061374 \times 0.01995119) + (11.534871 \times 0.5137547)$$

$$+ (7.28405 \times 0.417759) = 8.97459 - 0.01309571$$

$$= 8.96149$$

$$E = \frac{1}{2}(8.96149 - 9)^2$$

$$E = \frac{1}{2}(-0.03851)^2$$

$$E = 0.000741$$

Deteksi pada segmen 3

$$Y1 = (9.26 \times -0.31988 + 8.11 \times 0.36845815) - 0.08001893$$

$$= 0.026107 - 0.08001893 = -0.053912$$

$$Y2 = (9.26 \times 0.75841063 + 8.11 \times 0.913622) + 0.141313$$

$$= 14.432357 + 0.141313 = 14.57367$$

$$Y3 = (9.26 \times -0.3412523 + (8.11 \times 0.18160915) + 0$$

$$= -1.687146 = -1.687146$$

$$Y4 = (9.26 \times 0.03929288 + 8.11 \times 0.1094922) - 0.14793137$$

$$= 1.25183 - 0.14793137 = 1.103899$$

$$Y5 = -0.053912 \times -1.3676243 + (14.57367 \times 0.6213086) + (-1.687146 \times 0.849583)$$

$$+ (1.103899 \times -0.03093901) = 7.760954 + 1.34017975$$

$$= 9.10113375$$

$$E = \frac{1}{2}(9.10113375 - 9.1)^2$$

$$E = \frac{1}{2}(0.001135)^2$$

$$E = 0.0000006$$

Deteksi pada segmen 4

$$Y1 = (9.315 \times 0.22343779 + 8.175 \times (-0.9617617)) + 0$$

$$= -5.781079$$

$$Y2 = (9.315 \times 0.02316475 + 8.175 \times (-0.84718084)) + 0$$

$$= -6.709924$$

$$Y3 = (9.315 \times (-0.65004325) + 8.175 \times 0.3150859) + 0$$

$$= -3.479326$$

$$Y4 = (9.315 \times 0.4217645 + 8.175 \times 0.47220907) + 0.4246373$$

$$= 7.789045 + 0.4246373$$

$$= 8.213682$$

$$\begin{aligned}
Y5 &= (-5.781079 \times 0.40527153) + (-6.709924 \times (-0.1783908)) \\
&\quad + (-3.479326 \times (-0.4512573)) + (8.213682 \times 1.076073) \\
&= 9.262675
\end{aligned}$$

$$E = \frac{1}{2}(9.262675 - 9.3)^2$$

$$E = \frac{1}{2}(-0.037325)^2$$

$$E = 0.000696$$

Deteksi 2 lubang bocor

$$\begin{aligned}
Y1 &= (9.016 \times -0.5413984 + 7.67 \times 0.81239253) - 0.05536836 \\
&= 1.349803 - 0.05536836 = 1.294435
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y2 &= (9.016 \times -0.6467105 + 7.67 \times 0.63766855) - 0.0577673 \\
&= -0.939824 - 0.0577673 = -0.997591
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y3 &= (9.016 \times 0.02648759 + (7.67 \times -0.77677464) + 0 \\
&= -5.719049
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y4 &= (9.016 \times 0.8338203 + 7.67 \times 0.1523793) - 0.05440058 \\
&= 8.686473 - 0.05440058 = 8.632072
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y5 &= 1.294435 \times 0.2881201 + (-0.997591 \times 0.88773215) + (-5.719049 \times 0.2535268) \\
&\quad + (8.632072 \times 0.99301976) = 6.60924 + 2.21 = 8.81924
\end{aligned}$$

$$E = \frac{1}{2}(8.81924 - 8.8)^2$$

$$E = \frac{1}{2}(0.01924)^2$$

$$E = 0.00018508$$

deteksi 3 lubang bocor

$$\begin{aligned}
Y1 &= (8.85 \times 0.05351745 + 7.51 \times 0.5522403) + 0.12195542 \\
&= 4.620954 + 0.12195542 = 4.742909
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y2 &= (8.85 \times 0.7683335 + 7.51 \times 0.17101185) - 0.1232861 \\
&= 8.08405 - 0.1232861 = 7.960764
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y3 &= (8.85 \times 0.44712555 + 7.51 \times 0.17058928) - 0.1231627 \\
&= 5.238187 - 0.1231627 = 5.115024
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y4 &= (8.85 \times 0.3790693 + 7.51 \times -0.03199746) - 0.1231627 \\
&= 3.114462 - 0.1231627 = 2.991412
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y5 &= 4.742909 \times -0.15706249 + (7.960764 \times 0.47701013) + (5.115024 \times 0.621539) \\
&\quad + (2.991412 \times 0.8721840) = 8.84068 - 0.12277282 \\
&= 8.7179018
\end{aligned}$$

$$E = \frac{1}{2}(8.7179018 - 8.7)^2$$

$$E = \frac{1}{2}(0.0179018)^2$$

$$E = 0.0001602$$

Data	Nilai $Q_1(l/m)$	Nilai $Q_1(l/m)$	Hasil ANN	$E$	Kondisi
1	9,273	8,135	9,2259	0,000334	Bocor segmen 1
2	9,274	8,129	9,1951	0,000012	Bocor segmen 1
3	9,276	8,139	9,1890	0,000060	Bocor segmen 1
4	9,25	7,85	8,9740	0,000338	Bocor segmen 2
5	9,24	7,88	8,9724	0,000380	Bocor segmen 2
6	9,23	7,995	9,0050	0,000012	Bocor segmen 2
7	9,25	8,1	9,1572	0,001635	Bocor segmen 3
8	9,239	8,121	9,1527	0,001388	Bocor segmen 3
9	9,249	8,115	9,1336	0,000564	Bocor segmen 3
10	9,314	8,175	9,2571	0,000920	Bocor segmen 4
11	9,315	8,189	9,3161	0,000129	Bocor segmen 4
12	9,34	8,185	9,3154	0,000118	Bocor segmen 4
13	9,016	7,67	8,8275	0,000378	Bocor 2 lubang
14	9,017	7,71	8,8886	0,000392	Bocor 2 lubang
15	9,018	7,76	8,9089	0,000592	Bocor 2 lubang
16	8,85	7,51	8,6886	0,000649	Bocor 3 lubang
17	8,856	7,56	8,7226	0,000255	Bocor 3 lubang

#### F. RAB

No.	Tanggal Pembelian	Deskripsi Barang	Jumlah
1	5 Maret 2022	Flowmeter sensor $\frac{3}{4}$ inch 1-60L/m 2pcs	Rp 202.600,-
2	8 Maret 2022	water pressure sensor 1pcs	Rp 220.000,-
3	8 Maret 2022	kabel 20 awg warna merah 5 meter	Rp 12.500,-
4	8 Maret 2022	kabel 20 awg warna kuning 5 meter	Rp 12.500,-
5	8 Maret 2022	kabel 20 awg warna hitam 5 meter	Rp 12.500,-
6	8 Maret 2022	Stop kran $\frac{3}{4}$ pvc onda 1 pcs	Rp 45.000,-
7	8 Maret 2022	Tee $\frac{3}{4}$ aw rucika 4 pcs	Rp 26.000,-
8	8 Maret 2022	Knee 3/3 aw rucika 4 pcs	Rp 20.000,-
9	8 Maret 2022	Lem isarplas pipa 1 pcs	Rp 10.000,-
10	9 Maret 2022	Pipa rucika $\frac{3}{4}$ aw 1 pcs	Rp 40.000,-
11	9 Maret 2022	TBA national onda (sill tips) 1 pcs	Rp 4.000,-

12	9 Maret 2022	SDD ¾ rucika 4 pcs	Rp 16.000,-
13	10 Maret 2022	Pompa air sakai ph pro premium 1 pcs	Rp 210.000,-
14	29 Maret 2022	Nikel baterai lithium 5 meter	Rp 50.000,-
15	29 Maret 2022	LM2596 DC-DC step down 1 pcs	Rp 12.000,-
16	14 Mei 2022	Knee ¾ aw rucika 1 pcs	Rp 5.000,-
17	14 Mei 2022	SDD ¾ aw rucika	Rp 4.000,-
18	14 Mei 2022	Tee drat ¾ 1 pcs	Rp 7.000,-
19	20 Mei 2022	Kabel Gracio trans 1 meter	Rp 1.500,-
20	20 Mei 2022	Baterai lithium visero 5 pcs	Rp 98.000,-
Total			Rp 1.008.600,-