

PROPOSAL TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI KEBOCORAN PADA SISTEM REM
PNEUMATIK DENGAN METODE *SIGNAL PROCESSING*

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Terapan



Disusun oleh :
WILDAN SURYA LAZUARDI
20.II.1060

PROGRAM STUDI D4 TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2024

PROPOSAL TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI KEBOCORAN PADA SISTEM REM
PNEUMATIK DENGAN METODE *SIGNAL PROCESSING*

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Terapan



Disusun oleh :
WILDAN SURYA LAZUARDI
20.II.1060

PROGRAM STUDI D4 TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2024

HALAMAN PERSETUJUAN
IDENTIFIKASI KEBOCORAN PADA SISTEM REM PNEUMATIK
DENGAN METODE *SIGNAL PROCESSING*

IDENTIFICATION OF LEAKS IN THE PNEUMATIC BRAKE SYSTEM USING
SIGNAL PROCESSING METHOD

Disusun oleh :

WILDAN SURYA LAZUARDI

20.II.1060

Telah disetujui oleh :

Pembimbing



Dr. SETYA WIJAYANTA, S.Pd.T., M.T.
NIP. 19810522 200812 1 002

Tanggal, *3/7/2024*

HALAMAN PENGESAHAN
IDENTIFIKASI KEBOCORAN PADA SISTEM REM PNEUMATIK
DENGAN METODE *SIGNAL PROCESSING*

IDENTIFICATION OF LEAKS IN THE PNEUMATIC BRAKE SYSTEM USING
SIGNAL PROCESSING METHOD

Disusun oleh :

WILDAN SURYA LAZUARDI
20.II.1060

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal : 19 Juni 2024

Ketua Seminar

FRANS TOHOM, M.T.
NIP. 19880605 201902 1 004

Tanda Tangan



Penguji 1

Dr. SETYA WIJAYANTA, S.Pd.T., M.T.
NIP. 19810522 200812 1 002

Tanda Tangan



Penguji 2

DESTRIA RAHMITA, M.Sc.
NIP. 19891227 201012 2 002

Tanda Tangan



Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Otomotif



Dr. Ery Muthoriq, M.T.
NIP. 19830704 200912 1 004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : WILDAN SURYA LAZUARDI
Notar. : 20.II.1060
Program Studi : D-IV TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul **"IDENTIFIKASI KEBOCORAN PADA SISTEM REM PNEUMATIK DENGAN METODE *SIGNAL PROCESSING*"** ini adalah bagian dari penelitian dosen pembimbing yang berjudul **"RANCANG BANGUN PENDETEKSI KEBOCORAN DAN *VAPOR LOCK* PADA SISTEM Pengereman"**. Pada skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam laporan ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila skripsi ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Tegal, 19 Juni 2024

Yang menyatakan,



Wildan Surya Lazuardi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul "**IDENTIFIKASI KEBOCORAN PADA SISTEM REM PNEUMATIK DENGAN METODE *SIGNAL PROCESSING***" tepat pada waktunya. Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil sehingga proposal tugas akhir ini dapat selesai. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada :

1. Bapak Firga Ariani, S.E., M.M.Tr selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal.
2. Bapak Dr. Ery Muthoriq, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif.
3. Bapak Dr. Setya Wijayanta, S.Pd.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing , yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan yang sangat berarti selama proses penulisan proposal tugas akhir.
4. Ayahanda dan Ibunda tercinta, atas doa, dukungan, dan motivasi yang selalu penulis terima sepanjang perjalanan ini.
5. Rekan-rekan Taruna/i Teknologi Rekayasa Otomotif Angkatan XXXI, serta semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan proposal tugas akhir ini sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa proposal tugas akhir ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima segala saran dan kritik membangun dari semua pihak demi perbaikan proposal tugas akhir ini.

Terima kasih atas perhatian dan kesempatan yang diberikan. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang yang diteliti.

Tegal, 19 Juni 2024



Wildan Surya Lazuardi

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| INTISARI | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR PERSAMAAN | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1 Latar Belakang..... | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| I.3 Asumsi dan Batasan Masalah..... | 2 |
| I.4 Tujuan..... | 2 |
| I.5 Manfaat..... | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| II.1 Penelitian Relevan..... | 4 |
| II.2 Sistem Rem..... | 7 |
| II.3 Sistem Rem Pneumatik..... | 13 |
| II.4 Dual Air System..... | 22 |
| II.5 Pressure (Tekanan)..... | 24 |
| II.6 Kebocoran Sistem Pneumatik..... | 25 |
| II.7 Air Charge Time and Air Discharge..... | 26 |
| II.8 Signal Processing..... | 27 |
| II.9 Keaslian Penelitian..... | 29 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 31 |
| III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian..... | 31 |

| | |
|---|-----------|
| III.2 Jenis Penelitian | 31 |
| III.3 Alat dan Bahan Penelitian | 32 |
| III.4 Prosedur Penelitian..... | 34 |
| III.5 Teknik Pengumpulan Data | 38 |
| III.6 Teknik Pengolahan dan Analisis Data | 38 |
| BAB IV PEMBAHASAN | 46 |
| IV.1 Pengolahan Data | 46 |
| IV.2 Hasil Analisis <i>Time Series</i> | 48 |
| IV.3 Hasil Analisis Deskriptif | 52 |
| IV.4 Hasil Analisis <i>Probability Distribution Fuction</i> | 54 |
| IV.5 Hasil Analisis Skewness..... | 56 |
| IV.6 Pengujian Persamaan untuk Memprediksi Luas Kebocoran | 57 |
| BAB V KESIMPULAN | 60 |
| V.1 Kesimpulan | 60 |
| V.2 Saran..... | 61 |
| DAFTAR PUSTAKA | 62 |
| DAFTAR LAMPIRAN | 64 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|---------------------|---|----|
| Gambar II.1 | Rangkaian Rem Utama..... | 8 |
| Gambar II.2 | Rangkaian Rem Parkir | 8 |
| Gambar II.3 | Rem Tromol | 9 |
| Gambar II.4 | Rem Cakram..... | 10 |
| Gambar II.5 | Rangkaian Sistem Rem Hidrolik | 11 |
| Gambar II.6 | Rangkaian Sistem Pneumatik..... | 12 |
| Gambar II.7 | Kompresor Udara Dua Silinder | 13 |
| Gambar II.8 | Air Reservoir Tank | 14 |
| Gambar II.9 | Dual-circuit Foot Valve | 14 |
| Gambar II.10 | Kondisi Kerja Brake Chamber..... | 15 |
| Gambar II.11 | Skema Rem Tromol S-cam pada Sistem Rem Pneumatik | 16 |
| Gambar II.12 | Safety Valve | 17 |
| Gambar II.13 | One-way Check Valve | 17 |
| Gambar II.14 | Air Pressure Gauge | 18 |
| Gambar II.15 | Governor | 18 |
| Gambar II.16 | Relay Valve | 19 |
| Gambar II.17 | Quick-release Valve..... | 19 |
| Gambar II.18 | Air Dryer | 20 |
| Gambar II.19 | Stop Light Switch..... | 20 |
| Gambar II.20 | Front Axle Ratio Valve..... | 21 |
| Gambar II.21 | Check Valve Dua Arah..... | 21 |
| Gambar II.22 | Rangkaian Dual Air System..... | 22 |
| Gambar II.23 | Dual Air System saat Supply Reservoir Mengalami Kebocoran | 23 |
| Gambar II.24 | Dual Air System saat Secondary Reservoir Mengalami Kebocoran..... | 23 |
| Gambar II.25 | Dual Air System saat Primary Reservoir Mengalami Kebocoran..... | 23 |
| Gambar II.26 | Tekanan Absolut, Gage, dan Vacuum | 24 |
| Gambar II.27 | Kebocoran Sistem Pneumatik..... | 25 |
| Gambar II.28 | Sinyal dari Ucapan | 28 |
| Gambar III.1 | Skema Paradigma Penelitian..... | 32 |

| | | |
|---------------------|--|----|
| Gambar III.2 | Bagan Alir Penelitian | 34 |
| Gambar III.3 | Skema Penelitian | 35 |
| Gambar III.4 | Grafik Kalibrasi Pressure Sensor | 37 |
| Gambar III.5 | Histogram Distribusi Skewness | 42 |
| Gambar III.6 | Grafik Regresi Linear | 44 |
| Gambar III.7 | Grafik Regresi Non Linear | 45 |
| Gambar IV.1 | Grafik Data Tegangan Terhadap Waktu | 46 |
| Gambar IV.2 | Grafik Filter Data Tegangan | 47 |
| Gambar IV.3 | Grafik Tekanan Terhadap Waktu | 47 |
| Gambar IV.4 | Titik t_1 dan t_0 | 48 |
| Gambar IV.5 | Grafik Pengaruh Luas Penampang Kebocoran (A) terhadap Laju Penurunan Tekanan (dP/dt) | 51 |
| Gambar IV.6 | Grafik Hubungan antara Luas Penampang Kebocoran dengan Skewness | 57 |
| Gambar IV.7 | Perbandingan Prediksi Luas Kebocoran dengan Luas Kebocoran Sebenarnya | 59 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabel II.1 | Daftar Penelitian Relevan..... | 6 |
| Tabel III.1 | Jadwal Kegiatan Penelitian..... | 31 |
| Tabel III.2 | Matrik Eksperimen..... | 32 |
| Tabel III.3 | Daftar Alat dan Bahan Penelitian | 32 |
| Tabel III.4 | Hasil Kalibrasi Pressure Sensor | 36 |
| Tabel IV.1 | Grafik Perubahan Tekanan Terhadap Waktu | 50 |
| Tabel IV.2 | Data Hasil Pengukuran Waktu dan Laju Penurunan Tekanan..... | 51 |
| Tabel IV.3 | Data Statistik Deskriptif Tekanan 4 Bar dan 6 Bar | 53 |
| Tabel IV.4 | Grafik PDF Simulasi Kebocoran | 55 |

DAFTAR PERSAMAAN

| | | |
|----------------|--|----|
| Persamaan (1) | Tekanan <i>Gage</i> | 24 |
| Persamaan (2) | Tekanan <i>Vacuum</i> | 24 |
| Persamaan (3) | Kalibrasi Sensor Tekanan..... | 37 |
| Persamaan (4) | Laju Perubahan Tekanan..... | 39 |
| Persamaan (5) | Mean | 40 |
| Persamaan (6) | Median Data Ganjil..... | 41 |
| Persamaan (7) | Median Data Genap | 41 |
| Persamaan (8) | <i>Probability Distribution Function</i> | 41 |
| Persamaan (9) | Koefisien Kemiringan..... | 43 |
| Persamaan (10) | Regresi Linear Sederhana..... | 44 |
| Persamaan (11) | Polinomial Pangkat Dua..... | 45 |
| Persamaan (12) | Polinomial Pangkat Tiga | 45 |
| Persamaan (13) | Polinomial Pangkat k | 45 |
| Persamaan (14) | Eksponensial | 45 |
| Persamaan (15) | Luas Kebocoran | 52 |
| Persamaan (16) | <i>Mean Absolut Error</i> (MAE) | 58 |
| Persamaan (17) | <i>Mean Absolut Persentase Error</i> (MAPE)..... | 58 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|-------------------|--|----|
| Lampiran 1 | Dokumentasi Persiapan Alat dan Bahan Penelitian | 64 |
| Lampiran 2 | Spesifikasi <i>Datalogger</i> | 65 |
| Lampiran 3 | Spesifikasi Pressure Sensor..... | 66 |
| Lampiran 4 | Keikutsertaan Lomba Inovasi Mahasiswa Tingkat Nasional | 68 |
| Lampiran 5 | Lembar Asistensi Tugas Akhir | 69 |
| Lampiran 6 | Pengolahan Persamaan Regresi Non Linear dengan SPSS..... | 71 |
| Lampiran 7 | Tabel Validasi Persamaan (15)..... | 75 |

INTISARI

Di Indonesia, kecelakaan bus dan truk akibat kegagalan sistem pengereman memiliki tingkat fatalitas yang tinggi, terutama disebabkan oleh kebocoran pada sistem rem pneumatik yang mengakibatkan penurunan tekanan udara secara signifikan. Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi luas penampang kebocoran terhadap dinamika tekanan dalam sistem rem pneumatik, dengan tekanan awal 4 bar dan 6 bar. Analisis statistik deskriptif dilakukan pada pengukuran tekanan untuk luas penampang kebocoran $0.00000019625 \text{ m}^2$, 0.000000785 m^2 , 0.00000314 m^2 , 0.000007065 m^2 , dan 0.00001256 m^2 , menunjukkan hubungan langsung antara ukuran kebocoran dan tekanan rata-rata yang dicatat. Analisis skewness menunjukkan bahwa kebocoran yang lebih kecil menghasilkan distribusi data yang condong ke arah positif, sedangkan kebocoran yang lebih besar menyebabkan skewness negatif. PDF (Probability Density Function) dari tekanan menunjukkan perubahan distribusi yang signifikan dengan bertambahnya luas penampang kebocoran. Untuk menentukan ambang batas kebocoran yang dapat diantisipasi oleh sistem rem, laju penurunan tekanan akibat kebocoran dibandingkan dengan laju pengisian udara bertekanan oleh kompresor. Penelitian ini menegaskan bahwa kebocoran yang lebih besar secara signifikan mempengaruhi stabilitas tekanan, terutama pada tekanan awal yang lebih tinggi, menunjukkan sensitivitas sistem yang lebih tinggi terhadap ukuran kebocoran di bawah tekanan operasional yang berbeda.

Kata kunci : Kebocoran; Sistem Rem Pneumatik; Tekanan; Signal Processing.

ABSTRACT

In Indonesia, bus and truck accidents due to brake system failures have a high fatality rate, primarily caused by leaks in pneumatic brake systems that result in significant air pressure drops. This study examines the effect of varying leak diameters on pressure dynamics in pneumatic brake systems, with initial pressures of 4 bar and 6 bar. Descriptive statistical analysis was conducted on pressure measurements for leak diameters of 0.00000019625 m², 0.000000785 m², 0.00000314 m², 0.000007065 m², dan 0.00001256 m², showing a direct relationship between leak size and recorded average pressure. Skewness analysis indicates that smaller leaks result in positively skewed data distributions, whereas larger leaks cause negative skewness. The Probability Density Function (PDF) of the pressure shows significant distribution changes with increasing leak diameters. To determine the threshold of leaks that the brake system can anticipate, the rate of pressure drop due to leakage is compared with the rate of pressurized air filling by the compressor. This study confirms that larger leaks significantly affect pressure stability, especially at higher initial pressures, indicating greater system sensitivity to leak size under different operational pressures.

Keywords: Leakage; Pneumatic Brake System; Pressure; Signal Processing.