



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Analisis Dan Mitigasi Resiko Sistem Pipa Uap PLTP Patuha**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Muhammad Dhiausyams Suradijaya**

**NIM. 2202421041**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Analisis Dan Mitigasi Resiko Sistem Pipa Uap PLTP Patuha**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Muhammad Dhiausyams Suradijaya**  
**NIM. 2202421041**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN**  
**TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**  
**JULI, 2026**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**Analisis dan Mitigasi Risiko Sistem Pipa Uap PLTP Patuha**

Oleh:

Muhammad Dhiausyams Suradijaya

NIM. 2202421041

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T.

NIP. 197111142006041001

Pembimbing 2

Dr. Vika rizkia, S.T., M.T.

NIP. 198608302009122001

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Ceeep Slamet Abadi, S.T., M.T.

NIP. 196605191990031002



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**Analisis dan Mitigasi Risiko Sistem Pipa Uap PLTP Patuha**

Oleh :

Muhammad Dhiausyams Suradijaya

2202421041

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan (atau skripsi) di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 8 Juni 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (Diploma IV) pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin.

**DEWAN PENGUJI**

| No | Nama                                                             | Posisi Penguji | Tanda Tangan | Tanggal    |
|----|------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|------------|
| 1  | Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T.,M.T.<br>NIP. 197111142006041001 | Ketua penguji  |              | 21/07/2026 |
| 2  | Arifia Ekayuliana, S.T.,M.T.<br>NIP. 19910421201803001           | Penguji 1      |              | 29/07/2026 |
| 3  | P. Janus, S.T.,M.T.<br>NIP. 19630426198831004                    | Penguji 2      |              | 22/07/2026 |

Depok, Juli 2026

Disahkan oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri., S.T., M.Si

NIP. 19760225200012100



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Dhiausyams Suradijaya

NIM 2202421041

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 20 Juli 2026

Muhammad Dhiausyams Suradijaya  
NIM. 2202421041

**JAKARTA**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**ABSTRAK**

Sistem perpipaan uap pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) merupakan komponen penting yang berfungsi menyalurkan uap dari sumur produksi menuju turbin. Selama masa operasi, pipa mengalami degradasi material berupa penurunan ketebalan yang dapat mempengaruhi integritas dan keandalan sistem. Penelitian ini bertujuan menganalisis tren penurunan ketebalan sistem pipa uap PLTP Patuha, mengestimasi *Remaining Life*, serta menyusun rekomendasi mitigasi risiko berdasarkan kondisi aktual sistem perpipaan. Penelitian menggunakan data historis hasil inspeksi ketebalan Pipe Line 01–05 periode 2020–2025. Data dianalisis menggunakan Microsoft Excel dengan metode *trendline* linier untuk memperoleh pola penurunan ketebalan, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), serta estimasi *Remaining Life* berdasarkan Minimum Allowable Thickness (MAT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata ketebalan pipa menurun dari 10,511 mm menjadi 10,124 mm dengan total penurunan 0,387 mm. Model *trendline* linier menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9928, yang menunjukkan tingkat kesesuaian yang sangat baik terhadap data historis. Berdasarkan hasil prediksi, sistem perpipaan masih memiliki estimasi *Remaining Life* selama 22,36 tahun. Mitigasi risiko direkomendasikan melalui penerapan preventive maintenance berupa inspeksi ketebalan secara berkala serta predictive maintenance dengan memanfaatkan analisis tren sebagai dasar perencanaan pemeliharaan. Strategi tersebut diharapkan dapat mempertahankan integritas sistem perpipaan dan mendukung keandalan operasi PLTP Patuha.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**ABSTRACT**

The steam pipeline system in a Geothermal Power Plant (GPP) is a critical component that transports steam from production wells to the turbine. During operation, the pipeline experiences material degradation in the form of wall thickness reduction, which may affect the integrity and reliability of the system. This study aims to analyze the wall thickness reduction trend of the steam pipeline system at PLTP Patuha, estimate the Remaining Life, and propose risk mitigation recommendations based on the actual pipeline condition. This study used historical thickness inspection data of Pipe Line 01–05 collected from 2020 to 2025. The data were analyzed using Microsoft Excel with a linear trendline method to determine the thickness reduction trend, the coefficient of determination ( $R^2$ ), and the estimated Remaining Life based on the Minimum Allowable Thickness (MAT).

The results indicate that the average pipeline thickness decreased from 10.511 mm to 10.124 mm, with a total reduction of 0.387 mm. The linear trendline model produced an  $R^2$  value of 0.9928, indicating an excellent fit to the historical data. The estimated Remaining Life of the pipeline system is 22.36 years. Risk mitigation is recommended through preventive maintenance by conducting periodic thickness inspections and predictive maintenance based on thickness trend analysis to support maintenance planning. These strategies are expected to maintain pipeline integrity and improve the operational reliability of PLTP Patuha.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Analisis dan Mitigasi Risiko Sistem Pipa Uap PLTP Patuha."** Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penyelesaiannya tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, doa, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Jakarta.
3. Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan selama penyusunan skripsi.
4. Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
5. Bapak Bintang, Bapak Rudy, Bapak Yanuar, Bapak Yana, dan Bapak Zilan selaku pembimbing lapangan di PT GeoDipa Energi (Persero) PLTP Patuha yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan arahan selama pelaksanaan penelitian.
6. Ayah tercinta, Bapak Hendra Suradijaya, dan Ibu tercinta, Ibu Neneng Junaedah, atas segala doa, kasih sayang, dukungan, serta pengorbanan yang diberikan kepada penulis.
7. Seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Depok, 8 Juli 2026

Muhammad Dhiausyams Suradijaya  
Nim. 2202421041





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

|                                              |      |
|----------------------------------------------|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI .....            | iii  |
| HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI .....             | iv   |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....          | v    |
| ABSTRAK.....                                 | vi   |
| ABSTRACT .....                               | vii  |
| KATA PENGANTAR .....                         | viii |
| DAFTAR ISI .....                             | x    |
| DAFTAR GAMBAR .....                          | xii  |
| DAFTAR TABEL.....                            | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN .....                      | 1    |
| 1.1 Latar Belakang Penelitian .....          | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah Penelitian .....         | 2    |
| 1.3 Pertanyaan Penelitian .....              | 3    |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                  | 4    |
| 1.5 Batasan Masalah.....                     | 4    |
| 1.6 Manfaat Penelitian .....                 | 5    |
| 1.7 Sistematika Penulisan Skripsi .....      | 5    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                | 8    |
| 2.1 Landasan Teori.....                      | 8    |
| 2.1.1 Sistem PLTP Patuha Unit 1.....         | 8    |
| 2.1.2 Sistem Pipa Uap pada PLTP Patuha ..... | 10   |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.3 Risiko Kegagalan Sistem Perpipaan .....                                                         | 12        |
| 2.1.4 Remaining Life (Sisa Umur Pipa) .....                                                           | 13        |
| 2.1.5 Degradasi Material dan Penurunan Ketebalan Pipa .....                                           | 15        |
| 2.2 Kajian Literatur .....                                                                            | 16        |
| 2.3 Kerangka Berpikir .....                                                                           | 21        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>                                                                 | <b>23</b> |
| 3.1 Jenis Penelitian .....                                                                            | 23        |
| 3.2 Diagram Alir .....                                                                                | 24        |
| 3.3 Objek Penelitian .....                                                                            | 27        |
| 3.4 Metode Pengambilan Sampel .....                                                                   | 34        |
| 3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian .....                                                          | 38        |
| 3.5.1 Pengumpulan Data .....                                                                          | 39        |
| 3.5.2 Alat dan Bahan .....                                                                            | 40        |
| 3.6 Metode Analisis Data.....                                                                         | 41        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                              | <b>44</b> |
| 4.1 Hasil Penelitian .....                                                                            | 45        |
| 4.1.1 Analisis Grafik Tren Penurunan Ketebalan .....                                                  | 45        |
| 4.1.2 Penyajian Data Historis Ketebalan .....                                                         | 48        |
| 4.1.3 Prediksi Waktu Mencapai Batas Ketebalan Minimum .....                                           | 55        |
| 4.2 Pembahasan Penelitian .....                                                                       | 67        |
| 4.2.1 Mitigasi Risiko, Pengendalian, dan Rekomendasi .....                                            | 67        |
| 4.2.2 Kajian Literatur Pengendalian Korosi dan Penyebab Degradasi Material pada Pipe Line 01–05 ..... | 70        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                                                                            | <b>80</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                                                  | 80        |
| 5.2 Saran.....                                                                                        | 81        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                                                           | <b>83</b> |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR GAMBAR**

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| gambar 2.1 skema pltp patuha.....         | 9  |
| gambar 2.2 isometri drawing .....         | 11 |
| gambar 2. 3 pipe line patuha .....        | 13 |
| gambar 3.1 flow chart .....               | 25 |
| gambar 4.1 trend penulisan thicknes ..... | 46 |





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR TABEL**

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3.1 Flow chart .....                                                                           | 25 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi material pipa .....                                                            | 32 |
| Tabel 4.1 Data historis hasil inspeksi ketebalan rata-rata Pipe Line 01–05 periode 2020–2025 .....   | 49 |
| Tabel 4.2 Parameter persamaan <i>trendline</i> linier hasil pengolahan data historis ketebalan ..... | 51 |
| Tabel 4.3 Hasil penentuan batas akhir ketebalan (Y) dan estimasi waktu pencapaiannya (X) .....       | 53 |
| Tabel 4.4 Ringkasan kajian literatur pengendalian korosi panas bumi .....                            | 73 |
| Tabel 4.5 Validasi laju degradasi Pipe Line 01–05 terhadap acuan literatur .....                     | 77 |

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Penelitian

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Patuha merupakan salah satu fasilitas pembangkit energi yang memanfaatkan uap panas bumi sebagai media utama dalam proses konversi energi listrik. Dalam sistem pembangkitan tersebut, sistem pipa uap berperan sebagai komponen kritis yang berfungsi menyalurkan fluida uap dari sumur produksi menuju turbin. Keandalan sistem pipa uap memiliki pengaruh langsung terhadap kontinuitas operasi pembangkit, keselamatan instalasi, serta perlindungan terhadap lingkungan dan personel. Oleh karena itu, pengelolaan integritas sistem perpipaan menjadi salah satu aspek penting dalam menjaga keandalan operasi pembangkit [1]

Seiring bertambahnya waktu operasi, sistem pipa uap mengalami degradasi material akibat paparan temperatur dan tekanan tinggi, karakteristik fluida panas bumi, serta kondisi operasi yang berlangsung secara kontinu. Proses degradasi tersebut menyebabkan terjadinya penurunan ketebalan dinding pipa (*wall thinning*) yang dipengaruhi oleh mekanisme korosi, erosi, maupun kombinasi keduanya. Penurunan ketebalan yang terjadi secara terus-menerus dapat mengurangi kekuatan material pipa dan berpotensi mempengaruhi integritas sistem perpipaan apabila tidak dipantau secara berkala (Muhlbauer, 2004).

Pengelolaan kondisi perpipaan umumnya dilakukan melalui inspeksi ketebalan secara berkala menggunakan metode *Ultrasonic Thickness Measurement* (UTM). Data hasil inspeksi tersebut memberikan informasi mengenai kondisi aktual ketebalan pipa pada setiap periode pengamatan. Namun demikian, data inspeksi sering kali hanya digunakan untuk mengetahui kondisi ketebalan pada saat pengukuran dilakukan, sehingga belum dimanfaatkan secara

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

optimal untuk menganalisis kecenderungan penurunan ketebalan maupun memprediksi kondisi sistem perpipaan pada masa mendatang.

Analisis tren penurunan ketebalan merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi perkembangan degradasi material berdasarkan data historis hasil inspeksi. Melalui analisis tersebut, kecenderungan perubahan ketebalan dapat diketahui sehingga memungkinkan dilakukan estimasi *Remaining Life* sistem perpipaan. Informasi mengenai tren penurunan ketebalan dan estimasi sisa umur memiliki peranan penting dalam mendukung pengelolaan integritas aset karena dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan inspeksi, pemeliharaan, serta pengambilan keputusan sebelum kondisi pipa mencapai batas ketebalan minimum yang diizinkan (Muhlbauer, 2004).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan dengan menganalisis tren penurunan ketebalan sistem pipa uap Pipe Line 01–05 di PLTP Patuha menggunakan data historis hasil inspeksi ketebalan periode 2020–2025. Analisis dilakukan menggunakan metode trendline pada Microsoft Excel untuk memperoleh pola penurunan ketebalan, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), serta estimasi *Remaining Life* sistem perpipaan. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan ketebalan serta menyusun mitigasi risiko melalui penerapan preventive maintenance dan predictive maintenance sebagai upaya mempertahankan integritas sistem perpipaan dan mendukung keandalan operasi PLTP Patuha secara berkelanjutan.[2]

## 1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan pokok dalam penelitian ini adalah belum optimalnya pemanfaatan data historis inspeksi ketebalan untuk mengevaluasi kondisi sistem pipa uap, memprediksi sisa umur operasi, serta menyusun strategi mitigasi risiko guna mendukung keandalan

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sistem perpipaan di PLTP Patuha. Permasalahan tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana tren penurunan ketebalan (*thickness*) sistem pipa uap Pipe Line 01–05 di PLTP Patuha berdasarkan data historis hasil inspeksi ketebalan?
2. Bagaimana hasil estimasi Remaining Life sistem pipa uap Pipe Line 01–05 berdasarkan analisis tren penurunan ketebalan menggunakan metode *trendline*?
3. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi penurunan ketebalan sistem pipa uap Pipe Line 01–05 selama masa operasi?
4. Bagaimana mitigasi risiko melalui penerapan preventive maintenance dan predictive maintenance berdasarkan hasil analisis tren penurunan ketebalan untuk mendukung integritas dan keandalan sistem pipa uap PLTP Patuha?

**1.3 Pertanyaan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka pertanyaan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tren penurunan ketebalan (*thickness*) sistem pipa uap Pipe Line 01–05 di PLTP Patuha berdasarkan data historis hasil inspeksi ketebalan?
2. Bagaimana hasil estimasi Remaining Life sistem pipa uap Pipe Line 01–05 berdasarkan analisis tren penurunan ketebalan menggunakan metode *trendline*?
3. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi penurunan ketebalan sistem pipa uap Pipe Line 01–05 selama masa operasi?
4. Bagaimana mitigasi risiko melalui penerapan preventive maintenance dan predictive maintenance berdasarkan hasil analisis tren penurunan ketebalan untuk mendukung integritas dan keandalan sistem pipa uap PLTP Patuha?

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis tren penurunan ketebalan (*thickness*) sistem pipa uap Pipe Line 01–05 di PLTP Patuha berdasarkan data historis hasil inspeksi ketebalan.
2. Mengestimasi Remaining Life sistem pipa uap Pipe Line 01–05 berdasarkan hasil analisis tren penurunan ketebalan menggunakan metode *trendline*.
3. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan ketebalan sistem pipa uap Pipe Line 01–05 selama masa operasi.
4. Menyusun mitigasi risiko melalui penerapan preventive maintenance dan predictive maintenance berdasarkan hasil analisis tren penurunan ketebalan untuk mendukung integritas dan keandalan sistem pipa uap PLTP Patuha.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada sistem pipa uap Pipe Line 01–05 (PPL 1–PPL 5) di PLTP Patuha.
2. Data yang digunakan berupa data historis inspeksi ketebalan pipa periode 2020–2025, data operasi, dan Isometric Drawing SAGS.
3. Analisis ketebalan didasarkan pada data hasil inspeksi menggunakan Ultrasonic Thickness Measurement (UTM).
4. Pengolahan data dilakukan menggunakan Microsoft Excel dengan metode *trendline* linier.
5. Penelitian membahas tren penurunan ketebalan, nilai  $R^2$ , dan estimasi Remaining Life.
6. Penelitian tidak membahas Probability of Failure (PoF), Consequence of Failure (CoF), maupun Risk Based Inspection (RBI).

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Penelitian tidak mencakup analisis tegangan, simulasi numerik, maupun pengujian sifat mekanik material pipa.
8. Mitigasi risiko dibatasi pada rekomendasi preventive maintenance dan predictive maintenance.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat bagi perusahaan yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.6.1 Memberikan informasi mengenai tren penurunan ketebalan (*thickness*) Sistem pipa uap Pipe Line 01-05 di PLTP Patuha berdasarkan data hasil inspeksi, sehingga kondisi aktual sistem perpipaan dapat dievaluasi secara lebih sistematis.
- 1.6.2 Menyediakan hasil estimasi Remaining Life berdasarkan analisis tren penurunan ketebalan yang dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kondisi integritas sistem perpipaan serta mendukung perencanaan inspeksi dan pemeliharaan.
- 1.6.3 Menyusun rekomendasi mitigasi risiko melalui penerapan preventive maintenance dan predictive maintenance sebagai upaya untuk mempertahankan integritas sistem perpipaan serta meningkatkan keandalan dan keselamatan operasi PLTP Patuha.
- 1.6.4 Menjadi referensi teknis bagi PT GeoDipa Energi (Persero) maupun penelitian selanjutnya dalam pemanfaatan data historis inspeksi ketebalan untuk analisis kondisi perpipaan, estimasi *Remaining Life*, dan penyusunan strategi pengelolaan integritas sistem perpipaan.

## 1.7 Sistematika Penulisan skripsi

### A. BAB I Pendahuluan

Bab ini menguraikan landasan awal penelitian yang meliputi latar belakang penelitian, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi. Pembahasan pada bab ini bertujuan untuk menjelaskan

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

konteks permasalahan pengelolaan risiko kegagalan sistem pipa uap PLTP Patuha dan alasan pemilihan metode Risk Based Inspection sebagai pendekatan penelitian.

**B. Bab II Tinjauan Pustaka**

Bab ini memuat tinjauan konseptual dan teoritis yang berkaitan dengan objek dan metode penelitian. Pembahasan meliputi sistem pipa uap pada pembangkit listrik tenaga panas bumi, konsep risiko kegagalan sistem pipa, pengertian dan faktor yang memengaruhi Probability of Failure dan Consequence of Failure, serta konsep dan tahapan metode Risk Based Inspection. Tinjauan pustaka disusun dengan mengacu

**C. Bab III Metodologi Penelitian**

Bab ini menjelaskan rancangan dan tahapan penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Pembahasan meliputi jenis dan pendekatan penelitian, objek dan lokasi penelitian, jenis dan sumber data, serta tahapan analisis Risk Based Inspection yang mencakup pengolahan data ketebalan pipa, penentuan Probability of Failure, penilaian Consequence of Failure, penentuan tingkat risiko, serta penyusunan rekomendasi mitigasi risiko. Pada bab ini juga dijelaskan teknik analisis data dan diagram alir penelitian sebagai gambaran alur kerja penelitian.

**D. Bab IV Hasil dan Pembahasan**

Bab ini menyajikan hasil penerapan metode Risk Based Inspection pada sistem pipa uap PLTP Patuha berdasarkan segmentasi PPL 1 sampai dengan PPL 5. Pembahasan meliputi hasil perhitungan Probability of Failure, penilaian Consequence of Failure, penentuan tingkat risiko pada masing-masing segmen pipa, serta analisis implikasi hasil risiko terhadap estimasi sisa umur pipa. Hasil analisis kemudian dibahas secara teknis untuk menjelaskan kondisi risiko sistem pipa uap

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan relevansinya terhadap keandalan operasi pembangkit.

**E. Bab V Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran yang berkaitan dengan pengelolaan risiko kegagalan sistem pipa uap di PLTP Patuha. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, sedangkan saran diberikan sebagai masukan yang relevan dengan ruang lingkup penelitian dan hasil yang diperoleh.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis tren penurunan ketebalan sistem pipa uap Pipe Line 01–05 di PLTP Patuha menggunakan data historis hasil inspeksi periode 2020–2025, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata ketebalan aktual sistem pipa uap mengalami penurunan dari 10,511 mm pada tahun 2020 menjadi 10,124 mm pada tahun 2025, dengan total penurunan sebesar 0,387 mm. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa proses degradasi material tetap berlangsung selama masa operasi, namun laju degradasinya masih relatif rendah sehingga integritas sistem perpipaan masih berada dalam kondisi yang baik.
2. Analisis menggunakan trendline linier pada Microsoft Excel menghasilkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9928, yang menunjukkan bahwa model linier memiliki tingkat kesesuaian yang sangat baik dalam merepresentasikan tren penurunan ketebalan berdasarkan data historis hasil inspeksi. Persamaan trendline tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam memprediksi perkembangan penurunan ketebalan pada periode operasi berikutnya.
3. Berdasarkan hasil prediksi menggunakan persamaan trendline, rata-rata ketebalan pipa diperkirakan akan mencapai Minimum Allowable Thickness (MAT) pada 27 Oktober 2047, sehingga sistem perpipaan masih memiliki estimasi Remaining Life selama 22,36 tahun sejak inspeksi terakhir tahun 2025. Estimasi tersebut menunjukkan bahwa sistem perpipaan masih layak dioperasikan dengan tetap mempertahankan kegiatan inspeksi dan pemantauan kondisi secara berkala.
4. Penurunan ketebalan pada sistem perpipaan Pipe Line 01–05 dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berinteraksi, yaitu korosi internal, erosi akibat

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

aliran fluida, kondisi operasi berupa temperatur dan tekanan, serta umur operasi sistem perpipaan. Berdasarkan hasil analisis, mekanisme degradasi material masih berlangsung secara bertahap (*gradual degradation*) sehingga belum menunjukkan adanya percepatan penurunan ketebalan yang signifikan.

5. Berdasarkan hasil penelitian, mitigasi risiko yang direkomendasikan untuk menjaga integritas sistem perpipaan adalah melalui penerapan preventive maintenance berupa inspeksi ketebalan secara berkala dan pemeriksaan kondisi komponen kritis, serta predictive maintenance dengan memanfaatkan analisis tren penurunan ketebalan sebagai dasar dalam memperbarui estimasi Remaining Life, merencanakan inspeksi lanjutan, dan menentukan kebutuhan pemeliharaan berdasarkan kondisi aktual sistem perpipaan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. PT GeoDipa Energi (Persero) disarankan untuk mempertahankan program inspeksi ketebalan secara berkala menggunakan metode Ultrasonic Thickness Measurement (UTM) sesuai interval inspeksi yang telah ditetapkan. Data hasil inspeksi perlu didokumentasikan secara konsisten sehingga perkembangan ketebalan pipa dapat dipantau dari waktu ke waktu.
2. Analisis tren penurunan ketebalan sebaiknya diperbarui setiap kali tersedia data inspeksi terbaru agar estimasi Remaining Life selalu mencerminkan kondisi aktual sistem perpipaan. Dengan demikian, keputusan terkait inspeksi, pemeliharaan, maupun penggantian komponen dapat dilakukan secara lebih tepat berdasarkan kondisi aktual aset.
3. Perusahaan perlu memberikan perhatian lebih pada area-area yang memiliki potensi degradasi lebih tinggi, seperti elbow, tee, reducer, dan sambungan las (weld joint). Selain itu, parameter operasi seperti temperatur, tekanan, dan laju aliran fluida perlu dipantau secara berkelanjutan untuk menghindari percepatan degradasi material.

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan data inspeksi dengan periode pengamatan yang lebih panjang serta mempertimbangkan penambahan parameter lain, seperti laju korosi, karakteristik fluida panas bumi, atau analisis numerik sehingga hasil prediksi Remaining Life dapat memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi dan mendukung pengelolaan integritas sistem perpipaan secara lebih komprehensif.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR PUSTAKA

- Aristia, G., Le, Q. H., & Bäbler, R. (2019). Corrosion of carbon steel in artificial geothermal brine: Influence of carbon dioxide at 70 °C and 150 °C. *Materials*, 12(22), 3801. <https://doi.org/10.3390/ma12223801>
- Arjuna Journal. (2017). Analisis estimasi sisa umur peralatan statis berbasis data in- speksi ketebalan. *Arjuna Journal of Engineering*, 2(1), 67–74.
- Cao, Q., Pojtanabuntoeng, T., Esmaily, M., Thomas, S., Brameld, M., Amer, A., & Birbilis, N. (2022). A review of corrosion under insulation: A critical issue in the oil and gas industry. *Metals*, 12(4), 561. <https://doi.org/10.3390/met12040561>
- Firdaus, M. R., Hidayati, N., & Ekayuliana, A. (2023). Analysis of the effects of CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S composition, and temperature on steam towards corrosion rate in geothermal power plants. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 4(4), 163–168.
- Haryadi, A., dkk. (2016). Analisis kegagalan dan estimasi sisa umur peralatan statis berdasarkan data inspeksi ketebalan. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 85–94.
- Muhlbauer, W. K. (2004). *Pipeline risk assessment: The definitive approach and its role in risk management*. Burlington, MA: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Nikitasari, A., Royani, A., Priyotomo, G., & Sundjono. (2021). The effect of flow rate and temperature on corrosion rate of carbon steel pipe in condensate solution from geothermal power plant. *Acta Metallurgica Slovaca*, 27(3), 133–138. <https://doi.org/10.36547/ams.27.3.1005>
- Penot, C., Martelo, D., & Paul, S. (2023). Corrosion and scaling in geothermal heat exchangers. *Applied Sciences*, 13(20), 11549. <https://doi.org/10.3390/app132011549>
- PT GeoDipa Energi (Persero). (2025a). *RBI Methodology GeoDipa – Phase 3*. Jakarta: PT GeoDipa Energi (Persero).
- PT GeoDipa Energi (Persero). (2025d). *Isometric drawing SAGS – Steam gathering system PLTP Patuha*. Jakarta: PT GeoDipa Energi (Persero).



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Studi Aplikasi Metode Risk Based Inspection. (2014). Studi aplikasi metode Risk Based Inspection pada peralatan statis dan sistem perpipaan industri. *Jurnal Teknik Industri*, 15(1), 45–53.

Adnyana, D. N. (n.d.) .Damage investigation on weld aluminum component of a compressor after-cooler.

Ardhiyanga, N., Ariwibowo, T. H., & Permatasari, P. D. (2016). Numerical study of shell-and-tube heat exchanger characteristics in laminar flow with single segmental baffle..

Gahana, D. (2018) Analisis kinerja high pressure heater (HPH) tipe shell and tube heat exchanger.

Jurnal Teknik. (2016) Aplikasi metode risk based inspection untuk evaluasi integritas peralatan statis.

Jurnal Teknik. (2014) Studi aplikasi metode risk based inspection pada peralatan proses industri.

Jurnal Teknik. (2015) Evaluasi risiko sistem perpipaan berbasis risk based Inspection

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**