

**ANALISA KONTROL VALVE PADA POMPA AIR INJEKTOR P-0201 DI  
STASIUN PENGUMPUL PEMATANG PT. PERTAMINA HULU ROKAN**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan*

*Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro*

*Fakultas Teknologi Industri*

*Universitas Bung Hatta*

**Oleh:**

**DONI CHANDRA**

**2310017111054**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA  
PADANG  
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KONTROL VALVE PADA POMPA AIR INJEKTOR P-0201 DI  
STASIUN PENGUMPUL PEMATANG PT. PERTAMINA HULU ROKAN

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

**DONI CHANDRA**

**2310017111054**

Disetujui Oleh :

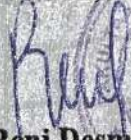
Pembimbing

  
**(Ir. Armita, MT.)**

**NIDN: 0024116201**

Diketahui Oleh

Fakultas Teknologi Industri  
Dekan,

  
**Prof. Dr.Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.**

**NIDN : 1012097403**

Jurusan Teknik Elektro  
Ketua,

  
**Ir. Arzul, M.T.**  
**NIDN : 1027086201**

LEMBAR PENGUJI

ANALISA KONTROL VALVE PADA POMPA AIR INJEKTOR P-0201 DI  
STASIUN PENGUMPUL PEMATANG PT. PERTAMINA HULU ROKAN

SKRIPSI

DONI CHANDRA

2310017111054

*Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi  
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta  
Hari : Rabu, 12 Maret 2025*

No. Nama

Tanda Tangan

1. Ir. Arnita, M.T.  
(Ketua dan Penguji)
2. Ir. Yani Ridal, M.T.  
(Penguji)
3. Ir. Cahayahati, M.T.  
(Penguji)



### PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul "**Analisa Kontrol Valve pada Pompa Air Injector P-0201 di Stasiun Pengumpul Pematang PT. Pertamina Hulu Rokan**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang, 19 Maret 2025



*[Signature]*  
ni Chandra  
NPM : 2516017111054

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Analisa Kontrol Valve pada Pompa Air Injektor P-0201 di Stasiun Pengumpul Pematang PT. Pertamina Hulu Rokan**”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Ibu Ir. Anita, MT.**, selaku pembimbing utama, yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi yang sangat berarti dalam penyusunan skripsi ini.
2. **Dosen-dosen Fakultas Teknik Industri Universitas Bung Hatta**, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
3. **Pihak Pertamina Hulu Rokan**, yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk melakukan penelitian di Stasiun Pengumpul Pematang serta menyediakan data dan informasi yang diperlukan.
4. **Orang tua dan keluarga**, yang selalu memberikan dukungan moral dan material serta doa yang tiada henti.
5. **Teman-teman seperjuangan**, yang telah memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan selama perkuliahan ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan senang hati segala saran dan masukan yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga

skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik elektro.

Padang, Maret 2025

Penulis,  
**Doni Chandra**

## ABSTRAK

Penggunaan pompa injektor air di industri minyak dan gas, khususnya di Stasiun Pengumpul Pematang, Pertamina Hulu Rokan, merupakan elemen kunci dalam meningkatkan efisiensi produksi minyak. Pompa injektor air berfungsi untuk menginjeksikan air ke dalam sumur minyak guna meningkatkan tekanan reservoir dan mendorong minyak keluar menuju permukaan. Kontrol yang tepat terhadap operasi pompa ini sangat penting untuk memastikan efektivitas dan efisiensi proses injeksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa kontrol *valve* pada pompa injektor air P-0201 menggunakan metode kontrol Proportional-Integral (PI). Data yang digunakan berasal dari sistem HMI-PLC dan MCC Multilin yang mencakup tekanan, bukaan *valve*, laju aliran fluida, tegangan, arus, serta daya listrik yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi motor bervariasi antara 28,99% hingga 82,16%, dengan efisiensi tertinggi terjadi pada pukul 13.00. Sistem kontrol PI mampu menjaga tekanan injeksi mendekati setpoint 50 Psig, dengan error terkecil sebesar 0,65 Psig dan error terbesar sebesar 1,62 Psig. Performa kontrol *valve* yang diukur melalui koefisien aliran ( $C_v$ ) menunjukkan nilai tertinggi sebesar 42,56 dan nilai terendah sebesar 18,22. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem kontrol PI memberikan kontribusi signifikan dalam menjaga kestabilan tekanan dan meningkatkan efisiensi pompa injektor air. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah optimasi parameter kontrol PI untuk meningkatkan performa sistem.

**Kata Kunci:** *Pompa Injektor Air, Kontrol PI, Control Valve, Stasiun Pengumpul Pematang, Pertamina Hulu Rokan.*

## ABSTRACT

The use of water injection pumps in the oil and gas industry, particularly at the Pematang Gathering Station, Pertamina Hulu Rokan, is a key element in enhancing oil production efficiency. The water injection pump functions to inject water into oil wells to increase reservoir pressure and push oil to the surface. Proper control of the pump's operation is essential to ensure the effectiveness and efficiency of the injection process. This study aims to analyze the performance of the control *valve* on the water injection pump P-0201 using the Proportional-Integral (PI) control method. The data used is obtained from the HMI-PLC and MCC Multilin systems, which include pressure, *valve* opening, fluid flow rate, voltage, current, and electrical power consumption. The results show that motor efficiency varies between 28,99% and 82,16%, with the highest efficiency occurring at 13.00. The PI control system is able to maintain the injection pressure close to the 50 Psig setpoint, with the smallest error of 0,65 Psig and the largest error of 1,62 Psig. The control *valve* performance, measured through the flow coefficient (Cv), shows the highest value of 42,56 and the lowest value of 18,22. The conclusion of this study is that the PI control system significantly contributes to maintaining pressure stability and improving the efficiency of the water injection pump. Suggestions for future research include optimizing PI control parameters to enhance system performance.

**Keywords:** *Water Injection Pump, PI Control, Control Valve, Pematang Gathering Station, Pertamina Hulu Rokan.*

## DAFTAR ISI

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b>     |             |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> |             |
| <b>LEMBAR PENGUJI</b>    |             |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN</b> |             |
| <b>KATA PENGANTAR</b>    | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRAK</b>           | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>          | <b>iv</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b>        | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>     | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b>      | <b>ix</b>   |

### **BAB I PENDAHULUAN**

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 1.1. Latar Belakang Masalah..... | I-1 |
| 1.2. Rumusan Masalah .....       | I-3 |
| 1.3. Tujuan Penelitian .....     | I-3 |
| 1.4. Batasan Masalah .....       | I-4 |
| 1.5. Manfaat Penelitian .....    | I-4 |

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

|                                                          |       |
|----------------------------------------------------------|-------|
| 2.1. Tinjauan Penelitian.....                            | II-5  |
| 2.2. Landasan Teori .....                                | II-9  |
| 2.2.1 Teknologi injeksi Air .....                        | II-9  |
| 2.2.1.1 Mekanisme Injeksi Air.....                       | II-10 |
| 2.2.1.2 Pompa Injektor Air .....                         | II-11 |
| 2.2.1.3 Jenis-jenis Pompa .....                          | II-12 |
| 2.2.2 <i>Valve</i> dan Sistem Kontrol <i>Valve</i> ..... | II-14 |

|                                                                        |       |
|------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.2.2.1 Pengertian <i>Valve</i> .....                                  | II-14 |
| 2.2.2.2 Jenis-jenis <i>Valve</i> .....                                 | II-14 |
| 2.2.2.3 <i>Control Valve</i> dalam Sistem Kontrol Otomatis.....        | II-18 |
| 2.2.2.4 Prinsip Kerja <i>Control Valve</i> .....                       | II-19 |
| 2.2.2.5 Kinerja <i>Control Valve</i> .....                             | II-20 |
| 2.2.2.6 Koefisien <i>Control Valve</i> (Cv).....                       | II-20 |
| 2.2.2.7 Karakteristik Aliran <i>Control Valve</i> .....                | II-21 |
| 2.2.3 Sistem Kontrol Pompa.....                                        | II-22 |
| 2.2.3.1 Prinsip Dasar Sistem Kontrol .....                             | II-23 |
| 2.2.4 Efisiensi dan Kinerja Pompa .....                                | II-23 |
| 2.2.4.1 Metode Perhitungan Efisiensi Pompa.....                        | II-23 |
| 2.2.4.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja Pompa.....             | II-26 |
| 2.2.4.3 Kriteria Keandalan Pompa.....                                  | II-27 |
| 2.2.4.4 Hubungan <i>control Valve</i> dengan Efisiensi Pompa .....     | II-27 |
| 2.2.5 <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC) .....                 | II-29 |
| 2.2.5.1 Pengertian <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC) .....    | II-29 |
| 2.2.5.2 Komponen <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC).....       | II-30 |
| 2.2.5.3 Cara Kerja <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC) .....    | II-31 |
| 2.2.5.4 PLC dalam Sistem Kontrol <i>Valve</i> .....                    | II-31 |
| 2.2.5.5 Keuntungan Penggunaan PLC pada Sistem Kontrol <i>Valve</i> ... | II-32 |

### **BAB III METODE PENELITIAN**

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| 3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....    | III-33 |
| 3.1.1 Alat Penelitian.....            | III-33 |
| 3.1.2 Bahan Penelitian.....           | III-33 |
| 3.2 Lokasi Penelitian.....            | III-34 |
| 3.3 Alur Penelitian .....             | III-35 |
| 3.3.1 Diagram Alur Penelitian.....    | III-35 |
| 3.3.2 Langkah-langkah Penelitian..... | III-37 |

|                                                                   |        |
|-------------------------------------------------------------------|--------|
| 3.4 Deskripsi Sistem .....                                        | III-37 |
| 3.5 Permodelan Sistem.....                                        | III-38 |
| 3.6 Formulasi .....                                               | III-40 |
| 3.7 Analisis .....                                                | III-41 |
| 3.8 Kontrol PI ( <i>Propotional-Integral</i> ).....               | III-42 |
| 3.9 Rumus Perhitungan Tekanan Aktual .....                        | III-43 |
| 3.10 Rumus Perhitungan <i>Error</i> .....                         | III-44 |
| 3.11 Kontrol PID ( <i>Propotional-Integral-Derivative</i> ) ..... | III-44 |

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

|                                                          |       |
|----------------------------------------------------------|-------|
| 4.1 Deskripsi Penelitian .....                           | IV-46 |
| 4.2 Data .....                                           | IV-47 |
| 4.3 Perhitungan Efisiensi Motor Harian.....              | IV-51 |
| 4.4 Analisis Sistem Kontrol Pi.....                      | IV-58 |
| 4.5 Perhitungan Performa <i>Control Valve</i> (Cv) ..... | IV-63 |
| 4.6 Analisa.....                                         | IV-65 |

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

|                      |      |
|----------------------|------|
| 5.1 Kesimpulan ..... | V-67 |
| 5.2 Saran.....       | V-67 |

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                       |        |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|
| Gambar 2.1 Mekanisme Injeksi Air di Reservoir .....                   | II-10  |
| Gambar 2.2 Pompa Sentrifugal .....                                    | II-12  |
| Gambar 2.3 Pompa Plunger .....                                        | II-13  |
| Gambar 2.4 Pompa Sekrup .....                                         | II-13  |
| Gambar 2.5 <i>Gate Valve</i> .....                                    | II-15  |
| Gambar 2.6 <i>Globe Valve</i> .....                                   | II-15  |
| Gambar 2.7 <i>Ball Valve</i> .....                                    | II-16  |
| Gambar 2.8 <i>Butterfly Valve</i> .....                               | II-17  |
| Gambar 2.9 <i>Check Valve</i> .....                                   | II-17  |
| Gambar 2.10 <i>Control Valve</i> .....                                | II-18  |
| Gambar 2.11 Komponen Utama <i>Control Valve</i> .....                 | II-19  |
| Gambar 2.12 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i> .....          | II-30  |
| Gambar 3.1 Lokasi Stasiun Pengumpul Pematang PT. Pertamina Hulu Rokan | III-37 |
| Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian .....                              | III-39 |
| Gambar 3.3 Permodelan Sistem <i>On-Plot New</i> Pematang GS WIP.....  | III-42 |
| Gambar 3.4 Permodelan Sistem <i>On-Plot New</i> Pematang GS WIP.....  | III-42 |
| Gambar 3.5 Blok Diagram Sistem Pengontrolan.....                      | III-44 |
| Gambar 4.1 Pompa <i>Air Injector</i> .....                            | IV-46  |
| Gambar 4.2 Instalasi Pompa <i>Air Injector</i> .....                  | IV-47  |
| Gambar 4.3 Grafik HMI-PLC di Stasiun Pengumpul PEMATANG .....         | IV-49  |
| Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Motor Harian .....                        | IV-57  |
| Gambar 4.5 Grafik Analisa Kontrol PI .....                            | IV-62  |
| Gambar 4.6 Diagram <i>Closed-Loop Control</i> PI .....                | IV-63  |

**DAFTAR TABEL**

|                                                                                                     |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabel 4.1 Data HMI-PLC di Stasiun Pengumpul PEMATANG pada tanggal 23-24<br>November 2023 .....      | IV-48 |
| Tabel 4.2 Data MCC MULTILIN di Stasiun Pengumpul PEMATANG pada tanggal<br>23-24 November 2023 ..... | IV-50 |
| Tabel 4.3 Data Motor Pompa .....                                                                    | IV-50 |
| Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Efisiensi Motor .....                                                   | IV-56 |
| Tabel 4.5 Data Hasil Analisa kontrol PI .....                                                       | IV-61 |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Industri minyak dan gas bumi memainkan peran penting dalam perekonomian global, termasuk di Indonesia. Pertamina Hulu Rokan, sebagai salah satu unit operasi terbesar dari Pertamina, bertanggung jawab atas produksi minyak di wilayah Rokan, Riau. Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh industri ini adalah menurunnya tekanan reservoir seiring bertambahnya usia sumur, yang berdampak negatif terhadap produksi minyak. Untuk mengatasi masalah ini, metode injeksi air digunakan untuk mempertahankan tekanan reservoir dan meningkatkan produksi minyak Fadli, M. R. (2023).

Injeksi air adalah teknik di mana air diinjeksikan ke dalam reservoir untuk menggantikan minyak dan menjaga tekanan. Teknik ini telah digunakan sejak tahun 1950-an dan terbukti efektif dalam meningkatkan pemulihan minyak dari reservoir yang telah mengalami penurunan tekanan (Smith, 1959). Injeksi air dapat meningkatkan faktor perolehan minyak dengan mengurangi viskositas minyak dan meningkatkan mobilitasnya (Green & Willhite, 1986).

Pompa injektor air berperan krusial dalam proses ini karena bertanggung jawab untuk memastikan air diinjeksikan dengan tekanan dan volume yang tepat. Efisiensi dan keandalan sistem injeksi air sangat tergantung pada performa pompa injektor air. Zhou dan Stenby (1997) menjelaskan bahwa performa pompa dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti tekanan injeksi, volume air yang diinjeksikan, dan karakteristik reservoir. Oleh karena itu, analisis mendalam terhadap kontrol pompa injektor air sangat penting untuk memastikan operasi yang optimal dan berkelanjutan.

Seiring dengan perkembangan teknologi, metode kontrol yang lebih canggih seperti kontrol PI (Proportional-Integral). Kontrol PI merupakan salah satu metode kontrol yang paling umum digunakan dalam industri karena kemampuannya untuk mengendalikan sistem dinamis dengan akurasi tinggi (Åström & Hägglund, 2006). Li dan Postlethwaite (2011) mengemukakan bahwa penerapan kontrol canggih seperti PI dapat meningkatkan efisiensi operasi dengan menjaga kondisi operasional yang optimal.

Implementasi strategi kontrol yang efektif dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan keandalan sistem. Moe dan Saeed (2013) menyatakan bahwa optimasi real-time dan penggunaan teknologi kontrol adaptif dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem injeksi air. Selain itu, penggunaan teknologi pembelajaran mesin untuk prediksi performa dan optimasi kontrol juga semakin umum dalam industri minyak dan gas (Zhang & Wu, 2020).

Di Pertamina Hulu Rokan, khususnya di stasiun pengumpul PEMATANG, implementasi kontrol PI pada *Valve* pompa injektor air dapat membawa manfaat besar dalam meningkatkan efisiensi dan produksi minyak. Penelitian ini akan fokus pada analisis dan pengembangan strategi kontrol PI untuk meningkatkan performa pompa injektor air di stasiun tersebut.

Beberapa penelitian sebelumnya juga menunjukkan keberhasilan penggunaan kontrol PI dalam aplikasi yang serupa. Sebagai contoh, studi oleh Wang dan Liu (2022) mengembangkan strategi kontrol adaptif untuk sistem injeksi air dan menemukan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan operasi. Hal ini menunjukkan potensi besar dari penerapan strategi kontrol PI dalam industri minyak dan gas, khususnya dalam operasi injeksi air.

Oleh karena itu, penelitian ini akan memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan pemahaman tentang kontrol pompa injektor air dan mengembangkan strategi yang dapat diterapkan secara praktis untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem injeksi air di Pertamina Hulu Rokan Stasiun Pengumpul PEMATANG.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada beberapa pertanyaan kunci:

1. Bagaimana mengukur karakteristik dan performa pompa injektor air yang digunakan di stasiun pengumpul PEMATANG?
2. Bagaimana Menghitung efisiensi dan keandalan pompa injektor air dengan metode Analisis Input dan Output Energi dan Metode Statistik untuk Keandalan (*Reliability Analysis*)?
3. Bagaimana menganalisis pengontrolan PI pada *valve* yang optimal untuk meningkatkan performa dan efisiensi pompa injektor air dengan menerapkan standar ISA (*International Society of Automation*) dan IEC (*International Electrotechnical Commission*)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis karakteristik dan performa *control valve* pompa injektor air di stasiun pengumpul PEMATANG dengan menggunakan pengontrolan PI pada *control valve*.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan keandalan pompa injektor air.
3. Mengembangkan strategi kontrol PI untuk meningkatkan performa dan efisiensi pompa injektor air.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan dari permasalahan yang dibahas didalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur dan menghitung kinerja motor dengan standar *International Electrotechnical Commission* (IEC).
2. Menghitung efisiensi motor dengan metode Input-Output.
3. Menganalisis sistem Kontrol PI untuk meningkatkan efisiensi pengontrolan PI.
4. Studi kasus dilakukan di Pertamina Hulu Rokan Stasiun Pengumpul PEMATANG.
5. Menghitung performa control *valve* untuk pompa injektor air dan strategi kontrol yang diterapkan.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam beberapa aspek, antara lain:

1. **Teoritis:** Menyediakan dasar teoritis yang kuat tentang teknologi injeksi air dan kontrol pompa injektor air menggunakan metode PI.
2. **Praktis:** Menghasilkan rekomendasi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan operasi injeksi air di Pertamina Hulu Rokan.
3. **Pengembangan Teknologi:** Mendorong implementasi teknologi kontrol canggih seperti kontrol PI dalam operasi injeksi air pada control *valvenya*.