

**EVALUASI KINERJA MOTOR INDUKSI 200 HP PADA  
ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP (ESP) DI SUMUR *LOW*  
*INFLUX* 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:*

**MIA PRAMESTI**

**2310017111070**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA  
PADANG  
2026**

LEMBAR PENGESAHAN  
EVALUASI KINERJA MOTOR INDUKSI 200 HP PADA ELECTRIC  
SUBMERSIBLE PUMP (ESP) DI SUMUR *LOW INFLUX 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*

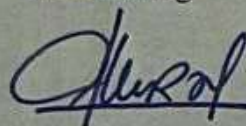
Oleh :

MIA PRAMESTI

NPM : 2310017111070

Disetujui Oleh :

Pembimbing

 23/04/2026

Mirzazoni, ST. MT.

NIDN : 0020027405

Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri

Dekan,

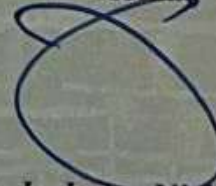
  


Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T.

NIDN : 1012097403

Prodi Teknik Elektro

Ketua



Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc

NIDN : 1028076501

**LEMBAR PENGUJI**  
**EVALUASI KINERJA MOTOR INDUKSI 200 HP PADA ELECTRIC**  
**SUBMERSIBLE PUMP (ESP) DI SUMUR *LOW INFLUX* PT.**  
**PERTAMINA HULU ROKAN**

**SKRIPSI**

**MIA PRAMESTI**  
**NPM : 2310017111042**

*Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi*  
*Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro*  
*Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*  
*Hari : Jum'at, 6 Maret 2026*

No	Nama	Tanda Tangan
1.	<u>Mirzazoni, S.T., M.T</u> (Ketua dan Penguji)	 .....
2.	<u>Ir. Arzul, M.T</u> (Penguji)	 .....
3.	<u>Dr. Ir. Ija Darmana, MT., MM., IPM</u> (Penguji)	 .....

### PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul "Evaluasi Kinerja Motor Induksi 200 Hp Pada Electric Submersible Pump (ESP) Di Sumur Low *Influx* PT. Pertamina Hutu Rokan" dalah 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, 6 Maret 2026



Mia Pramesti  
NPM : 2310017111042

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " Evaluasi Kinerja Motor Induksi 200 HP Pada Electric Submersible Pump (ESP) Di Sumur Low Influx PT. Pertamina Hulu Rokan" ini dengan baik. Adapun tujuan dari penyusunan skripsi ini yaitu sebagai persyaratan untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Suami tercinta, Bapak Kenny De Nasrun, serta anak-anak tercinta Aisha dan Halima, yang senantiasa memberikan do'a, dukungan, semangat, dan pengertian kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Kedua orang tua dan mertua tercinta, Bapak Sukiman *Rahimahullah* dan Ibu Sri Eriyani, Papa Dafnis Nasrun dan Mama Ilda Yetni atas segala do'a, kasih sayang, serta dukungan yang tidak pernah putus kepada penulis.
3. Keluarga besar Sukiman Kasan dan Dafnis Nasrun atas semua do'a dan dukungannya.
4. Ibu Prof. Dr. Reni Desmiarti, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
5. Bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M. Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas BungHatta
6. Bapak Mirzazoni S.T, MT selaku Dosen Pembimbing
7. Bapak Indra Nisja, Dr. Ir. M.Sc selaku Penasehat Akademis.
8. Bapak/ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
9. Rekan dan teman seperjuangan dalam menyelesaikan Skripsi, Teknik Elektro Kelas Mandiri angkatan 2023. Terimakasih atas dukungan dan terus memberikan semangat serta masukan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk penyempurnaan penelitian ini di masa mendatang.

Pekanbaru, 06 Maret 2026

Mia Pramesti

## ABSTRAK

Electric Submersible Pump (ESP) merupakan salah satu metode *Artificial Lift* yang banyak digunakan pada sumur minyak, termasuk pada sumur dengan kondisi *low influx*. Pada sistem ESP, motor induksi berperan sebagai penggerak utama pompa sehingga sangat mempengaruhi efisiensi energi dan keandalan operasi. Pada kondisi *low influx*, penurunan beban hidrolis pompa dapat menyebabkan motor beroperasi pada kondisi *underload* yang berpotensi menurunkan kinerja motor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja motor induksi 200 HP pada sistem ESP yang beroperasi pada sumur dengan kondisi *low influx* berdasarkan parameter arus, tegangan, daya, dan *running load*. Metode penelitian dilakukan dengan membandingkan data desain motor untuk sumur tertentu dengan data operasi aktual di lapangan yang diperoleh dari sistem monitoring ESP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi motor induksi 200 HP berada pada kisaran 65%–71%. Pada kondisi beban rendah terjadi *power loss* yang cukup signifikan dengan total kerugian daya sebesar 209,56 kW akibat selisih antara daya input dan daya output motor. Selain itu, analisis produksi menunjukkan adanya *production loss (Q loss)* sebesar 199 BOPD atau setara Rp258.831.211,21 akibat tidak tercapainya kapasitas desain pompa. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem ESP pada sumur dengan kondisi *low influx* cenderung bekerja kurang optimal sehingga diperlukan evaluasi terhadap pemilihan kapasitas motor dan desain sistem ESP agar lebih sesuai dengan karakteristik sumur.

**Kata kunci:** Electric Submersible Pump, motor induksi, *low influx*, parameter operasi.

## ABSTRACT

*Electric Submersible Pump (ESP) is one of the Artificial Lift methods widely used in oil wells, including wells with low influx conditions. In the ESP system, an induction motor acts as the main drive of the pump, thus significantly affecting energy efficiency and operational reliability. Under low influx conditions, a decrease in the pump's hydraulic load can cause the motor to operate underloaded, potentially reducing motor performance. This study aims to analyze the performance of a 200 HP induction motor in an ESP system operating in wells with low influx conditions based on current, voltage, power, and running load parameters. The research method was carried out by comparing motor design data for a particular well with actual operational data in the field obtained from the ESP monitoring system. The results showed that the efficiency of the 200 HP induction motor was in the range of 65%–71%. Under low load conditions, a significant power loss occurred with a total power loss of 209.56 kW due to the difference between the input power and the output power of the motor. Furthermore, production analysis revealed a production loss ( $Q$  loss) of 199 BOPD, equivalent to Rp258,831,211.21, due to the pump's design capacity not being reached. These results indicate that the ESP system in wells with low influx conditions tends to perform less than optimally, necessitating an evaluation of the motor capacity selection and ESP system design to better suit the well's characteristics.*

**Keywords:** *Electric Submersible Pump, induction motor, low influx, operating parameters.*

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Tinjauan Penelitian.....	6
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Electric Submersible Pump (ESP).....	9
2.2.2 Motor Sinkron .....	13
2.2.3 Motor Induksi Tiga Fasa pada Sistem ESP .....	14
2.2.4 Parameter Operasional dan Kinerja Elektrikal Motor.....	21
2.2.5 Fenomena <i>Low Influx</i> dan Dampaknya ( <i>Underload</i> ).....	23
2.2.6 Perhitungan Kerugian Daya Listrik ( <i>Power Loss</i> ) .....	24
2.2.7 Perhitungan <i>Oil Production Loss</i> (Kehilangan Produksi Minyak) .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	26
3.1 Alat dan Bahan Penelitian .....	26
3.2 Alur Penelitian.....	28
3.3 Deskripsi Sistem dan Analisis .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	33
4.1 Deskripsi Penelitian.....	33

4.2 Pengumpulan Data .....	34
4.3 Perhitungan dan Analisis.....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Skema Instalasi Electric Submersible Pump di Bawah Permukaan dengan arah aliran fluida .....	1
Gambar 2.1 Skema sistem ESP yang menunjukkan arah aliran fluida. ....	12
Gambar 2.2 Motor Asinkron .....	13
Gambar 2.3 Penampang Melintang Motor Induksi Tiga Fasa pada Sistem ESP ..	14
Gambar 2.4 Induction Motor Stator .....	15
Gambar 2.5 Induction Motor Rotor .....	16
Gambar 2.7 Single Line Diagram ESP Motor .....	18
Gambar 2.8 Step down Transformer .....	19
Gambar 2.9 Switchboard dan Motor Controller .....	19
Gambar 2.10 Junction Box.....	20
Gambar 2.12 Induction Motor for ESP .....	21
Gambar 2.13 Kurva Karakteristik Efisiensi dan Faktor Daya Motor Induksi terhadap Persentase Pembebanan .....	23
Gambar 2.14 Diagram Aliran Daya (Power Flow) dan Rugi-Rugi pada Motor Induksi .....	24
Gambar 4.1 Korelasi antara <i>Running Load</i> dan Efisiensi.....	39
Gambar 4.2 Motor Efficiency terhadap Produksi .....	40

**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Data 10 Sumur dalam penelitian.....	33
Tabel 4.2 Rekapitulasi Parameter Referensi Kondisi Optimal vs <i>Low Influx</i> pada ESP .....	34
Tabel 4.3 Data Operasional dan Perhitungan Efisiensi 10 Sumur ESP .....	34
Tabel 4.4 Rekapitulasi perhitungan pada 10 Sumur untuk Running Load, Pin, Pout, dan Efisiensi .....	36
Tabel 4.5 Rekapitulasi perhitungan Ploss pada 6 sumur kategori Low Influx .....	37
Tabel 4.6 Data kalkulasi Kehilangan Produksi (Q Loss), Oil Loss dan kerugian financial per hari pada 10 Sumur Observasi.....	38

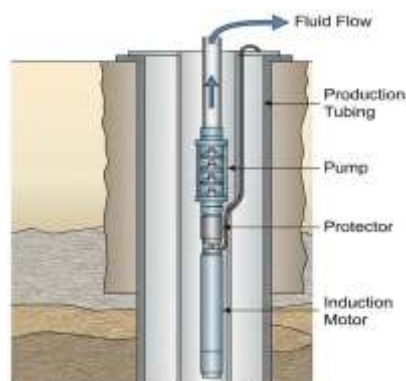
## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Produksi minyak bumi merupakan rangkaian proses untuk mengalirkan fluida hidrokarbon dari reservoir ke permukaan. Pada tahap awal, fluida dapat mengalir secara alami akibat tekanan reservoir yang masih tinggi. Namun, seiring berjalannya waktu, tekanan reservoir akan menurun sehingga kemampuan alir alami menjadi tidak mencukupi. Kondisi ini menyebabkan perlunya penerapan metode *artificial lift* guna mempertahankan dan mengoptimalkan laju produksi minyak.

Industri minyak dan gas bumi saat ini sangat bergantung pada teknologi pengangkatan buatan (*Artificial Lift System*), terutama pada lapangan-lapangan tua (*mature fields*) yang telah mengalami penurunan tekanan reservoir alamiah. *Electric Submersible Pump* (ESP) menjadi salah satu metode andalan karena kapabilitasnya memproduksi fluida dalam volume besar. Dalam praktiknya, pada awal masa produksi, sumur sering kali dipasang motor induksi tiga fasa berkapasitas besar, seperti 200 HP, untuk mengakomodasi target laju produksi yang tinggi. Namun, seiring berjalannya waktu operasional, dinamika reservoir kerap menyebabkan laju alir fluida dari formasi masuk ke dalam lubang sumur menurun drastis, sebuah kondisi yang dikenal sebagai *low influx*.



Gambar 1.1 Skema Instalasi Electric Submersible Pump di Bawah Permukaan dengan arah aliran fluida

Sumber: google.com

Pada Gambar 1.1 merepresentasikan susunan komprehensif dari sistem instalasi *Electric Submersible Pump* (ESP), yang terintegrasi menjadi dua bagian operasional utama, yaitu peralatan di permukaan (*surface equipment*) dan peralatan di bawah permukaan tanah (*downhole equipment*).

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh permasalahan operasional yang terjadi di salah satu sumur PT Pertamina Hulu Rokan (PHR) pada tanggal 13 Juni 2023. Pada kasus tersebut, motor induksi berkapasitas besar (200 HP) dioperasikan secara terus-menerus pada sumur yang laju alir fluidanya telah menurun signifikan (*low influx*). Kondisi ini memaksa motor memikul beban kerja aktual (*running load*) yang melorot jauh di bawah desain kapasitas utamanya (*underload*).

Apabila dibiarkan secara berkelanjutan, kondisi *underload* pada sumur *low influx* ini tidak hanya mengancam keandalan fisik peralatan akibat risiko pemanasan berlebih (*overheating*), tetapi juga memicu kerugian ganda bagi perusahaan; yaitu membengkaknya rugi-rugi daya listrik (*power loss*) dan hilangnya potensi produksi minyak mentah (*oil production loss*) akibat unit yang sering mengalami gagal operasi (*trip*).

Puncak dari kegagalan sistem ini terbukti saat unit ESP pada sumur tersebut diangkat ke permukaan (*pulling out*). Inspeksi fisik menunjukkan adanya kerusakan motor yang sangat masif dan permanen, sehingga unit tidak dapat difungsikan kembali dan memicu kerugian finansial yang membengkak. Berangkat dari rentetan permasalahan tersebut, evaluasi analitis terhadap kinerja kelistrikan dan operasional motor ESP pada kondisi *underload* menjadi sangat krusial dan mendesak untuk dilakukan.

Evaluasi disini adalah proses penilaian untuk menilai seberapa jauh kinerja aktual motor ini menyimpang dari desain idealnya, sehingga bisa disimpulkan apakah motor ini masih layak dipertahankan atau justru merugikan Perusahaan.

Gagasan untuk mengevaluasi kinerja motor 200 HP pada kondisi *low influx* ini berakar dari pemahaman terhadap prinsip dasar mesin listrik dan standar operasional perminyakan. Secara elektrik, ide ini didasarkan pada literatur mesin arus bolak-balik yang ditegaskan oleh Takacs (2018), di mana motor induksi

dirancang untuk memberikan efisiensi ketika beroperasi pada pembebanan 75% hingga 100% dari *nameplate rating*-nya.

Menurut studi yang dilakukan oleh Bridges dan Robinson (2021), motor ESP yang dipaksa bekerja pada kondisi beban rendah (*underload*) akan mengalami penurunan efisiensi secara drastis, di mana daya listrik yang diserap tidak lagi terkonversi menjadi energi mekanik (putaran pompa), melainkan terbuang menjadi rugi-rugi daya (*power loss*) dalam bentuk panas.

Lebih lanjut, secara operasional hidrolis, gagasan ini didukung oleh standar *American Petroleum Institute* (API RP 11S4, 2002) yang menyatakan bahwa motor ESP mutlak membutuhkan aliran fluida dengan kecepatan tertentu untuk membuang panas sisa operasi. Pada sumur *low influx*, minimnya laju fluida menggagalkan proses pendinginan ini. Hal ini sejalan dengan penelitian Al-Hajri dkk. (2019) yang menemukan bahwa pengoperasian ESP pada sumur beraliran rendah secara langsung meningkatkan frekuensi *premature failure* (kerusakan dini) pada motor, yang ujung-ujungnya menyebabkan *downtime* sumur dan berhentinya produksi (*Oil Production Loss*).

Merujuk pada gagasan dan literatur tersebut, penulis berpandangan bahwa membiarkan operasional motor 200 HP yang *oversized* pada sumur *low influx* adalah sebuah inefisiensi sistemik yang membebani *lifting cost* perusahaan secara tidak proporsional. Selama ini, analisis penanganan sumur *low influx* sering kali hanya menitikberatkan pada optimasi mekanik pompa atau *reservoir management*. Penulis memandang bahwa sisi elektrikal—yakni kesehatan dan efisiensi motor penggerak itu sendiri—kerap terabaikan hingga akhirnya terjadi kerusakan fisik yang memakan biaya besar (*workover*).

Berdasarkan pandangan tersebut, penelitian ini akan berfokus melakukan evaluasi elektrikal secara kuantitatif menggunakan data *monitoring* dan *troubleshooting* operasi aktual lapangan, tanpa pengujian laboratorium. Penelitian akan membatasi ruang lingkup pada 10 sumur yang berada dalam 1 *feeder* operasional untuk memastikan konsistensi kualitas suplai daya. Langkah nyata yang akan dilakukan adalah mengkomparasi data desain kelistrikan motor dengan data operasi aktual (meliputi arus, tegangan, daya, dan *running load*) untuk

menghitung seberapa besar efisiensi motor yang tersisa. Selanjutnya, penulis akan mengkalkulasi besaran kerugian daya listrik yang terbuang sia-sia (*power loss*) serta menghitung akumulasi *Oil Production Loss* yang ditanggung perusahaan. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan justifikasi teknis dan ekonomis yang kuat bagi manajemen untuk memitigasi kerusakan aset, misalnya melalui keputusan penyesuaian ukuran motor (*downsizing*) atau intervensi sumur secara proaktif.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, khususnya terkait pengoperasian Electric Submersible Pump (ESP) pada kondisi sumur *low influx* serta dampaknya terhadap kinerja motor induksi 200 HP, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja/ efisiensi motor induksi 200 HP pada sistem ESP yang beroperasi di sumur dengan kondisi *low influx* ditinjau dari parameter operasionalnya, meliputi arus, tegangan, daya, *running load* dan *efficiency*?
2. Bagaimana kerugian daya pada operasional motor 200 HP di sumur *low influx*?
3. Bagaimana *Oil Production Loss* yang terjadi pada operasional motor 200 HP di sumur *low influx*?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada motor induksi tiga fasa berdaya 200 HP yang digunakan pada sistem Electric Submersible Pump (ESP).
2. Sistem ESP yang dianalisis beroperasi pada sumur minyak dengan kondisi laju aliran fluida rendah (*low influx*).
3. Parameter yang dianalisis dibatasi pada parameter operasional motor, meliputi arus, tegangan, daya, faktor daya, *running load*, dan jumlah produksi minyak.
4. Analisis kinerja motor dilakukan dengan membandingkan data motor berdasarkan *design* dengan data operasi aktual di lapangan dan kalkulasi untuk 10 Sumur yg berada pada 1 feeder.

5. Penelitian tidak membahas secara mendalam desain mekanik pompa ESP, performa reservoir, maupun optimasi laju produksi sumur.
6. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data monitoring/troubleshooting operasi ESP, tanpa melakukan pengujian eksperimental langsung di laboratorium.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Menganalisa kinerja/ efisiensi motor induksi 200 HP pada sistem ESP yang beroperasi di sumur dengan kondisi low influx ditinjau dari parameter operasionalnya, meliputi arus, tegangan, daya, *running load* **dan** *efficiency*.
2. Menganalisa kerugian daya pada operasional motor 200 HP di sumur *low influx*.
3. Menganalisa *Oil Production Loss* yang terjadi pada operasional motor 200 HP di sumur *low influx*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Evaluasi Operasional: Memberikan gambaran analitis yang komprehensif mengenai kondisi aktual kinerja motor induksi 200 HP yang beroperasi pada sumur low influx, khususnya terkait penurunan efisiensi motor dan produksi minyak akibat kondisi underload.
2. Mitigasi Kerusakan Aset: Hasil analisis pengaruh penurunan efisiensi motor dapat dijadikan landasan teknis untuk memitigasi risiko kerusakan dini (premature failure) atau overheating pada motor ESP.
3. Efisiensi Biaya Produksi: Memberikan data kuantitatif terkait besaran kerugian energi listrik dan *Oil Production loss*. Data ini dapat menjadi dasar pertimbangan strategis bagi perusahaan untuk melakukan tindakan optimasi, seperti penyesuaian ukuran motor (downsizing) atau melakukan proaktif program untuk memperbaiki permasalahan influx pada sumur tersebut guna menekan lifting cost per barel dan meningkatkan produksi minyak.