

**ESTIMASI KECEPATAN REAKSI ELEKTROLISIS  
BERDASARKAN ENERGI LISTRIK  
DARI SUMBER ENERGI TERBARUKAN  
DENGAN ESTIMATOR *EXTREME LEARNING MACHINE***

**SKRIPSI**



**I PUTU EKA SUARTANA  
1910511070**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA  
2023**

**ESTIMASI KECEPATAN REAKSI ELEKTROLISIS  
BERDASARKAN ENERGI LISTRIK  
DARI SUMBER ENERGI TERBARUKAN  
DENGAN ESTIMATOR *EXTREME LEARNING MACHINE***

**SKRIPSI  
DIAJUKAN SEBAGAI SALAH SATU SYARAT  
UNTUK MEMPEROLEH GELAR SARJANA KOMPUTER**



**I PUTU EKA SUARTANA  
1910511070**

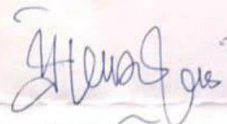
**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAKARTA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini dinyatakan bahwa Tugas Akhir berikut:

Nama : I Putu Eka Suartana  
NIM : 1910511070  
Program Studi : S1 Informatika  
Judul : Estimasi Kecepatan Reaksi Elektrolisis Berdasarkan Energi Listrik Dari Sumber Energi Terbarukan Dengan Estimator *Extreme Learning Machine*

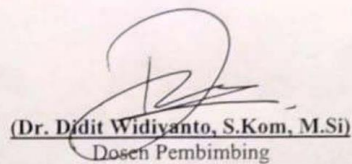
Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi S1 Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta.



(Yuni Widiastwi, S.Kom, M.Si.)  
Penguji I



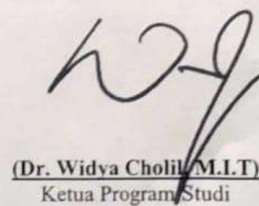
(Ati Zaidiah, S.Kom., MTL)  
Penguji II



(Dr. Dedit Widiyanto, S.Kom, M.Si)  
Dosen Pembimbing



(Dr. Ermatita, M.Kom.)  
Dekan Fakultas Ilmu Komputer



(Dr. Widya Cholil, M.I.T)  
Ketua Program Studi

Ditetapkan di : Jakarta  
Tanggal Persetujuan : 6 Juli 2023



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : I Putu Eka Suartana

NIM : 1910511070

Tanggal : 6 Juli 2023

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini maka saya bersedia dituntut dan di proses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 6 Juli 2023

Yang Menyatakan



(I Putu Eka Suartana)

**PERNYATAAN PERSTUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Yang bertanda tangan di bawah ini, penulis:

Nama : I Putu Eka Suartana  
NIM : 1910511070  
Program Studi : S1 – Informatika  
Perguruan Tinggi : Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta  
Jenis Karya Ilmiah : Tugas Akhir

Dengan ini menyetujui untuk memberikan izin kepada pihak **Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalti-Free Right)** atas karya ilmiah kami yang berjudul:

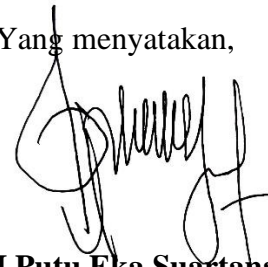
ESTIMASI KECEPATAN REAKSI ELEKTROLISIS  
BERDASARKAN ENERGI LISTRIK DARI SUMBER ENERGI  
TERBARUKAN  
DENGAN ESTIMATOR EXTREME LEARNING MACHINE

Dengan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** ini, **Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta** berhak menyimpan, mengalih-media atau *format*-kan, mengelolanya dalam *database*, mendistribusikan-nya, dan menampilkan atau mempublikasikannya di *internet* atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis/pencipta karya ilmiah tersebut. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 6 Juli 2023

Yang menyatakan,



**I Putu Eka Suartana**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa. Atas berkat beserta Asung Kerta Wara Nugraha yang telah dan terus diberikan sehingga penulis dapat lulus dari program studi Informatika dan menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Estimasi Kecepatan Reaksi Elektrolisis Berdasarkan Energi Listrik Dari Sumber Energi Terbarukan Dengan Estimator Extreme Learning Machine”

Laporan tugas akhir ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan akademis untuk meraih gelar sarjana di Program Studi Informatika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Pada kesempatan kali ini jika rasa terima kasih lebih besar dari pada cinta. Maka penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan adik, serta keluarga yang selalu memberi kasih sayang, dukungan material maupun moral dan mendoakan kesuksesan saya selama kuliah di S1 Informatika UPN Veteran Jakarta.
2. Ibu Dr. Ermatita, M.Kom. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
3. Ibu Dr. Widya Cholil, M.I.T. selaku Ketua Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Bapak Dr. Didit Widiyanto M.Si., S.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah membantu penulis dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Hamonangan Kinantan Prabu, M.T, S.T., dan Bapak Ing. Artambo Benjamin Pangaribuan, M. Eng. selaku selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah bersedia memberikan bimbingan akademik serta bantuan selama kuliah di S1 Informatika UPN Veteran Jakarta.

6. Seluruh Bapak/Ibu dosen Program Studi Informatika fakultas Ilmu Komputer yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama perkuliahan.
7. Viko, Angga, Banyu, Grup Pejuang, Nabila, Bang Sam (Brew.inc) serta teman-teman penulis lain yang selalu memberikan support dan dukungan penuh serta mendengarkan segala keluh kesah selama kuliah di S1 Informatika UPN Veteran Jakarta.
8. Taufik Hadi Suryo, Sekar Alfitasari, Rasyid Wijaya, Rika Diana serta pihak – pihak dari Teknik Mesin UPN Veteran Jakarta yang sudah membantu untuk melakukan penelitian tugas akhir selama di fakultas teknik UPN Veteran Jakarta.
9. Abang dan adik dari KSM Robotika UPN Veteran Jakarta yang telah memberikan dukungan dan tempat untuk mengembangkan diri selama kuliah di fakultas Ilmu Komputer UPN Veteran Jakarta.

Tentunya dalam pembuatan skripsi ini, penulis menyadari banyaknya kekurangan pada laporan ini dan juga kendala yang dihadapi. Namun, penulis berharap penelitian ini dapat memberikan dampak dan manfaat bagi pembaca yang tertarik dengan penelitian ini.

Jakarta, 6 Juli 2023

Penulis

I Putu Eka Suartana

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PERNYATAAN PERSTUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	3
1.3    Tujuan Penelitian .....	3
1.4    Batasan Masalah .....	4
1.5    Luaran Yang Diharapkan.....	4
1.6    Manfaat Penelitian .....	5
1.7    Sistematika Penulisan .....	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1    Penelitian Terkait .....	7
2.2    Elektrolisis Air .....	9
2.2.1 Hidrogen .....	10
2.3    Energi Terbarukan.....	11
2.3.1 Panel Surya .....	11
2.4    Estimasi.....	12
2.4.1 Estimator .....	12



2.5	Kecepatan.....	13
2.5.1	Kecepatan Reaksi.....	14
2.6	Jaringan Syaraf Tiruan (JST) .....	14
2.7	Algoritma <i>Extreme Learning Machine</i> .....	17
2.7.1	Normalisasi Data.....	18
2.7.2	Pelatihan Data .....	18
2.7.3	Pengujian Data .....	20
2.7.4	Denormalisasi Data .....	21
2.8	Evaluasi.....	21
2.8.1	R2 Score.....	22
2.8.2	RMSE (Root Mean Squared Error).....	22
2.8.3	MAE (Mean Absolute Error) .....	23
2.9	<i>Internet Of Things</i> (IoT).....	23
2.10	Telemetri .....	24
2.11	Finite State Automata (FSA).....	25
2.12	Mikrokontroler.....	25
2.12.1	Arduino Mega 2560 .....	26
2.12.2	ESP 32 DevKits.....	27
2.13	Sensor.....	29
2.13.1	DHT 22 .....	29
2.13.2	Ultrasonic HY-SRF05 .....	30
2.13.3	PZEM-017.....	30
2.13.4	RS-485 TTL Converter .....	33
2.13.5	DFRobot B Lux V30B .....	34
2.14	IDE.....	36
2.14.1	Arduino IDE.....	36
2.14.2	Google Collab .....	37
2.15	Thingspeak.....	38
BAB III	.....	40
METODE PENELITIAN	.....	40

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	40
3.1.1	Tempat Penelitian.....	40
3.1.2	Waktu Penelitian .....	40
3.2	Tahapan Penelitian .....	41
3.3	Penelitian Minor: Penerapan Telemetry Untuk Akuisisi Data .....	42
3.4	Penelitian Mayor: Pembuatan Model Estimasi .....	45
3.5	Dokumentasi Hasil Penelitian .....	47
3.6	Alat Bantu Penelitian .....	47
3.6.1	Perangkat Keras .....	47
3.6.2	Perangkat Lunak .....	48
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		49
4.1	Perangkat Akuisisi Data dan Telemetry.....	49
4.1.1	Perangkat Akuisisi Data.....	49
4.1.2	Perangkat Pengukur Gas Hidrogen .....	50
4.1.3	Perangkat Telemetry .....	53
4.2	Evaluasi Perangkat Akuisisi Data .....	56
4.2.1	Sensor Ultrasonik HY-SRF05 .....	57
4.2.2	Modul PZEM017 .....	57
4.2.3	Sensor DHT 22.....	60
4.2.4	Sensor DFRobot <i>Ambient Light</i> .....	60
4.3	Formulasi Data.....	62
4.4	Praproses Data .....	63
4.4.1	Mendeteksi Outlier.....	63
4.4.2	Normalisasi Data.....	66
4.4.3	Pembagian Data .....	69
4.5	Penentuan Parameter Algoritma <i>Extreme Learning Machine</i> .....	69
4.5.1	Arsitektur Jaringan .....	69
4.5.2	Parameter Algoritma <i>Extreme Learning Machine</i> .....	69
4.6	Pelatihan Model Estimasi.....	74
4.7	Pengujian Model Estimasi .....	77

4.8	Denormalisasi Data.....	78
4.9	Evaluasi Model .....	79
4.10	Prediksi Data.....	82
BAB V .....		83
PENUTUP .....		83
5.1	Kesimpulan .....	83
5.2	Saran .....	84
DAFTAR PUSTAKA.....		85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Proses Elektrolisis Air .....	10
Gambar 2. 2. Panel Surya .....	11
Gambar 2. 4. Arsitektur Dasar .....	15
Gambar 2. 5. Arsitektur Single Layer Neural Network .....	16
Gambar 2. 6. Gambar Multilayer Perceptron.....	16
Gambar 2. 7. Arsitektur Reccurent Neural Network.....	17
Gambar 2. 8. Arsitektur Extreme Learning Machine .....	18
Gambar 2. 9. Peran Manusia Dalam Internet Of Things .....	24
Gambar 2. 10. Diagram Skema Sistem Telemetry.....	24
Gambar 2. 11. Diagram Finite State Automata .....	25
Gambar 2. 12. Arduino Mega 2560.....	27
Gambar 2. 13. ESP 32.....	28
Gambar 2. 14. Sensor DHT 22.....	29
Gambar 2. 15. Sensor Ultrasonik HY-SRF05 .....	30
Gambar 2. 16. Resistor Shunt .....	31
Gambar 2. 17. Modul PZEM-017 .....	32
Gambar 2. 18. Modul RS-485 TTL Converter.....	34
Gambar 2. 19. DFRobot Ambient Light Sensor.....	35
Gambar 2. 20. Software Arduino IDE.....	37
Gambar 2. 21. Tampilan Google Collab .....	37
Gambar 2. 22. Sistem Transmisi Data di ThingSpeak .....	39
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian.....	41
Gambar 3. 2. Arsitektur Model ELM Untuk Estimasi .....	45
Gambar 3. 3. Proses Elektrolisis Air Menggunakan Energi dari Panel Surya .....	42
Gambar 3. 4. Diagram Hubungan Komponen Perangkat .....	43
Gambar 3. 5. Hubungan Komponen Dalam Telemetry.....	43
Gambar 3. 6. Proses Text Parsing Menggunakan Metode FSA .....	45

Gambar 4. 1. Rangkaian Komponen Sistem Akuisisi Data .....	49
Gambar 4. 2. Perhitungan Produksi Volume Gas Hidrogen.....	51
Gambar 4. 3. Alat Pengukur Produksi Gas Hidrogen .....	51
Gambar 4. 4. Program Menghitung Volume Produksi Gas Hidrogen.....	52
Gambar 4. 5. Hubungan Komponen Telemetri .....	53
Gambar 4. 6. Inisiasi Komunikasi Serial RX TX Arduino Mega .....	53
Gambar 4. 7. Mengecek Pesan Dari Arduino Mega.....	54
Gambar 4. 8. Parsing Data Serial.....	54
Gambar 4. 9. Mengubah Tipe Data ke Bentuk Float.....	55
Gambar 4. 10. Inisiasi Data ke Variabel ThingSpeak .....	55
Gambar 4. 11. Pengiriman Data ke Platform ThingSpeak.....	56
Gambar 4. 12. Tampilan ThingSpeak.....	56
Gambar 4. 13. Tampilan Hasil Unduhan Data ThingSpeak.....	62
Gambar 4. 14. Visualisasi Boxplot Dari Dataset Fitur .....	64
Gambar 4. 15. Visualisasi Boxpolt Dari Dataset Label.....	64
Gambar 4. 16. Visualisasi Boxplot Dari Dataset Fitur Tanpa Outlier .....	65
Gambar 4. 17. Visualisasi Boxplot Dari Dataset Label Tanpa Outlier.....	65
Gambar 4. 18. Visualisasi Deskripsi Statistik Dari Dataset .....	66
Gambar 4. 19. Visualisasi Deskripsi Statistik Dari Dataset .....	68
Gambar 4. 20. Arsitektur Model ELM Untuk Estimasi .....	73
Gambar 4. 21. Nilai Metrik Evaluasi Model.....	80
Gambar 4. 22. Nilai Output Weight dengan Label Data Uji .....	80
Gambar 4. 23. Visualisasi Pola Nilai Aktual Dengan Prediksi .....	81
Gambar 4. 24. Visualisasi Nilai Aktual Dengan Prediksi .....	81

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian .....	40
Tabel 4. 1. Data Yang Diambil Tiap Sensor .....	50
Tabel 4. 2. Akurasi Pengukuran Jarak Pada Sensor Ultrasonik HY-SRF05.....	57
Tabel 4. 3. Akurasi Pengukuran Tegangan Pada Modul PZEM017.....	58
Tabel 4. 4. Akurasi Pengukuran Arus Pada Modul PZEM017.....	58
Tabel 4. 5. Akurasi Pengukuran Daya Pada Modul PZEM017.....	59
Tabel 4. 6. Akurasi Pengukuran Suhu Pada Sensor DHT 22 .....	60
Tabel 4. 7. Akurasi Pengukuran Intensitas Cahaya Pada Sensor Ambient Light .....	61
Tabel 4. 8. Dataset Yang Digunakan Dalam Pembangunan Model Estimasi.....	63
Tabel 4. 9. Nilai Tertinggi Dan Terendah Pada Setiap Variabel Data .....	67
Tabel 4. 10. Dataset Yang Sudah di Normalisasi .....	68
Tabel 4. 11. Komposisi Data Latih Dan Data Uji .....	69
Tabel 4. 12. Parameter – Parameter Yang Diujicoba.....	70
Tabel 4. 13. Kombinasi Parameter Pertama .....	71
Tabel 4. 14. Kombinasi Parameter Kedua.....	71
Tabel 4. 15. Hasil RMSE Ujicoba Tiap Parameter.....	72
Tabel 4. 16. Parameter Algoritma Extreme Learning Machine.....	73
Tabel 4. 17. Inisialisasi Input Weight.....	74
Tabel 4. 18. Inisialisasi Input Bias .....	74
Tabel 4. 19. Nilai Keluaran Hidden Layer .....	75
Tabel 4. 20. Nilai Keluaran Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner.....	75
Tabel 4. 21. Hasil Keluaran Nilai Beta .....	76
Tabel 4. 22. Hasil keluaran hidden layer proses pengujian.....	77
Tabel 4. 23. Hasil Keluaran Fungsi Aktivasi Proses pengujian .....	77
Tabel 4. 24. Hasil Nilai Output Weight.....	78
Tabel 4. 25. Nilai prediksi dalam bentuk normalisasi dan denormalisasi.....	79