

**PEMODELAN REGRESI LINEAR UNTUK PREDIKSI KONSUMSI
ENERGI PRIMER INDONESIA MENGGUNAKAN *HYBRID
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DAN *CONTINUOUS ANT
COLONY OPTIMIZATION***

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Faris Febrianto
NIM: 135150201111221



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

PENGESAHAN

PEMODELAN REGRESI LINEAR UNTUK PREDIKSI KONSUMSI ENERGI PRIMER
INDONESIA MENGGUNAKAN *HYBRID PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DAN
CONTINUOUS ANT COLONY OPTIMIZATION

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Faris Febrianto
NIM: 135150201111221

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
17 Januari 2018
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I



Candra Dewi, S.Kom., M.Sc.
NIP: 19771114 200312 2 001

Pembimbing II



Bayu Rahayudi, S.T., M.T.
NIP: 19740712 200604 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Tri Astoto Kurniawan, S.T., M.T., Ph.D.
NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 17 Januari 2018



Faris Febrianto

NIM: 135150201111221

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, saya panjatkan puji syukur kehadirat Allah karena dengan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Pemodelan Regresi Linear untuk Prediksi Konsumsi Energi Primer Indonesia Menggunakan *Hybrid Particle Swarm Optimization* dan *Continuous Ant Colony Optimization***. Shalawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad yang telah menyampaikan firman Allah dan menjadi panutan umat dalam Sunnahnya.

Terima kasih kepada bu Candra Dewi, S.Kom., M.Sc selaku pembimbing pertama skripsi yang dengan senang hati selalu memudahkan urusan skripsi serta masukan bijak kepada saya dan pak Bayu Rahayudi, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan detail mengenai penulisan serta saran jitu pengerjaan skripsi ini. Terima kasih juga kepada pak Kasyful Amron, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing akademik yang selama semester demi semester perkuliahan selalu memberikan arahan dan kemudahan saat momen daftar ulang semester tiba.

Selalu saya rindukan kebersamaan dan suka duka dengan teman-teman semasa kuliah mulai dari semester satu yang mana pertama kali saya masuk FILKOM saya tak mengenal siapapun sampai kehilangan mereka akibat perpisahan kelulusan, Sigit Pangestu, Achmad Syarifudin, Faris Abdi El Hakim, Alfian Himawan, Yulian Ekananta, Bayu Septyo Adi, Novianto Prayoga, Fajar Pangestu, Jefri Hendra Prasetyo, Renaldy Senna dan teman-teman informatika 2013 lainnya. Mereka mau menerima saya serta memberikan dukungan, ilmu, dan bantuan semasa kuliah.

Terima kasih atas bantuan finansial tak terduga yang sangat saya butuhkan datang dari Kemenristek Dikti melalui program beasiswa Bidikmisi pengganti tahun 2014 atas rekomendasi teman-teman BEM FILKOM saat itu. Saya bisa terus kuliah meneguk ilmu dan memenuhi kebutuhan kuliah tanpa kuatir biaya.

Terima kasih kepada kedua orangtua, Sumini dan Sofyan yang sudah mengizinkan saya untuk kuliah, serta memberikan doa dan materi demi kelancaran dalam menjalani perkuliahan. Terima kasih atas bantuan tempat tinggal yang telah diberikan kakak Neny Nurwidayanti dan suaminya Edi Wahyono sekeluarga yang dengan tangan terbuka menerima saya tinggal di kota kediaman mereka kota Malang ini.

Saya menyadari bahwa penelian ini banyak kekurangan dan kesalahan akibat terbatasnya kemampuan, pengalaman, waktu, dan pengetahuan penulis. Karena hal itu, saya meminta kritik, saran, atau pertanyaan untuk memperbaiki penelitian ini melalui email tercantum. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi penelitian-penelian atau penelitian-penelitian selanjutnya.

Malang, 17 Januari 2018

Penulis

farisfebrianto@outlook.com

ABSTRAK

Faris Febrianto, Pemodelan Regresi Linear untuk Prediksi Konsumsi Energi Primer Indonesia Menggunakan *Hybrid Particle Swarm Optimization* dan *Continuous Ant Colony Optimization*

Pembimbing: Candra Dewi, S.Kom., M.Sc. dan Bayu Rahayudi, S.T., M.T.

Prediksi konsumsi energi primer merupakan hal penting dalam mendasari kebijakan energi semua negara, akan tetapi banyak prediksi konsumsi energi primer tergolong tidak akurat dan kurangnya sumber data. Konsumsi energi primer Indonesia merupakan yang terbesar dibandingkan dengan konsumsi negara lain di kawasan Asia Tenggara dan terbesar keempat di kawasan Asia Pasifik. Konsumsi energi primer Indonesia mengalami peningkatan yang pesat sebagai akibat pertumbuhan ekonomi dalam beberapa tahun terakhir yakni meningkat 16% hanya dalam rentang tiga tahun yakni 149.31Mtoe pada tahun 2010 menjadi 174.24Mtoe tahun 2013. Konsumsi energi primer di Indonesia sebagian besar berasal dari energi fosil yakni minyak bumi, gas alam, dan batubara, sedangkan tenaga air dan energi terbarukan lainnya hanya 3.33% dari total konsumsi energi primer pada tahun 2016. Tujuan dari penelitian ini untuk menghasilkan prediksi konsumsi energi primer seakurat mungkin melalui parameter *gross national income*, *gross domestic product*, jumlah populasi, impor, dan ekspor Indonesia. Prediksi konsumsi energi primer Indonesia dilakukan menggunakan regresi linear berganda dengan penentuan nilai intersep dan koefisien kemiringan regresi menggunakan *hybrid Particle Swarm Optimization* dan *Continuous Ant Colony Optimization*. Dari hasil pengujian pemodelan regresi linear yang terbentuk memiliki rata-rata nilai kesalahan *Mean Absolute Percentage Error* sebesar 10.1% yang menunjukkan bahwa metode yang digunakan termasuk dalam kategori baik digunakan dalam prediksi konsumsi energi primer Indonesia. Metode *hybrid* juga dibandingkan dengan penggunaan pemodelan regresi menggunakan *Particle Swarm Optimization* dan *Continuous Ant Colony Optimization* secara terpisah.

Kata kunci: optimasi kontinyu, prediksi energi primer Indonesia, *particle swarm optimization*, *ant colony optimization*, regresi linear berganda, metode *hybrid*

ABSTRACT

Faris Febrianto, Linear Regression Modeling to Predict Indonesia Primary Energy Consumption using Hybrid Particle Swarm Optimization and Continuous Ant Colony Optimization

Adviser: Candra Dewi, S.Kom., M.Sc. and Bayu Rahayudi, S.T., M.T.

Primary energy consumption prediction is an important to project future government energy policy in any country. However, many primary energy consumption prediction often lack of accuracy and data sources. Indonesia primary energy consumption is the biggest than other country in south east asia region and fourth in asia pacific. Indonesia primary energy consumption always increased due to rapid economic growth in last few years, it raised 16% only in three years, 149.31Mtoe in 2010 to 174.24Mtoe in 2013. Indonesia primary energy sources from fossils energy, oil, gas, and coal, otherwise hydro energy, and other renewables energy only 3.33% from total consumption. Our aim is to create primary energy consumption prediction accurately from five input parameter, gross national income, gross domestic product, population, import, and eksport. We use multiple linear regression modelling with find intercept and slope coefficient using hybrid Particle Swarm Optimization and Continuous Ant Colony Optimization. Experiment results shows that linear regression model has average Mean Absolute Percentage Error 10.1% which is good category for primary energy consumption prediction. Hybrid method also compared with regression using standalone Particle Swarm Optimization and standalone Continuous Ant Colony Optimization.

Keywords: continuous optimization, Indonesia primary energy prediction, particle swarm optimization, ant colony optimization, multiple linear regression, hybrid methods

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika pembahasan	5
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Konsumsi Energi Primer Indonesia	8
2.3 Regresi Linear Berganda	10
2.4 <i>Particle Swarm Optimization</i> - PSO.....	10
2.5 <i>Ant Colony Optimization for Continuous Domain</i> - ACO _R	13
2.6 <i>Hybrid Particle Swarm Optimization</i> dan <i>Continuous Ant Colony Optimization</i> - PSOACO _R	16
2.7 Pemodelan Regresi Linear untuk Prediksi Konsumsi Energi Primer Indonesia Linear Menggunakan PSOACO _R	17
2.8 Perhitungan Tingkat Kesalahan	18
BAB 3 METODOLOGI	19
3.1 Studi Literatur	19
3.2 Pengumpulan Data	19

3.3 Perancangan	20
3.4 Implementasi	20
3.5 Pengujian dan Analisis	20
3.6 Kesimpulan dan Saran	21
BAB 4 PERANCANGAN	22
4.1 Perancangan Algoritma	22
4.1.1 <i>Hybrid</i> PSO dan ACO _R	22
4.1.2 Inisialisasi Kecepatan Partikel	24
4.1.3 Inisialisasi Partikel	25
4.1.4 Inisialisasi Pbest.....	25
4.1.5 Inisialisasi Gbest	26
4.1.6 Hitung ω dan Peluang p	27
4.1.7 <i>Update</i> Kecepatan Partikel	28
4.1.8 <i>Update</i> Posisi Partikel	29
4.1.9 <i>Update</i> Pbest Tahap PSO	30
4.1.10 <i>Update</i> Gbest Tahap PSO	30
4.1.11 Buat Semut Baru	31
4.1.12 <i>Replace</i> partikel terburuk dan <i>update</i> pbest tahap ACO _R	33
4.1.13 <i>Update</i> gbest tahap ACO _R	34
4.1.14 Hitung prediksi konsumsi energi primer dan MAPE pada data uji	35
4.2 Perhitungan Manual	36
4.2.1 Inisialisasi Parameter PSOACO _R	36
4.2.2 Inisialisasi Kecepatan Partikel	36
4.2.3 Inisialisasi Partikel	37
4.2.4 Inisialisasi Pbest.....	38
4.2.5 Inisialisasi Gbest	38
4.2.6 Hitung ω dan p untuk <i>roulette wheel</i>	38
4.2.7 <i>Update</i> Kecepatan.....	39
4.2.8 <i>Update</i> Posisi Partikel	40
4.2.9 <i>Update</i> Pbest Tahap PSO	41
4.2.10 <i>Update</i> Gbest Tahap PSO	41

4.2.11 Buat Semut Baru	41
4.2.12 <i>Replace</i> partikel terburuk dan <i>update</i> pbest tahap ACO _R	43
4.2.13 <i>Update</i> gbest tahap ACO _R	43
4.2.14 Hitung prediksi konsumsi energi primer dan hitung MAPE pada data uji.....	44
4.3 Perancangan Antarmuka	44
4.3.4 Perancangan Antarmuka Detail Prediksi.....	47
4.3.5 Perancangan Antarmuka Lihat Data	47
BAB 5 IMPLEMENTASI.....	55
5.1 Spesifikasi Lingkungan Implementasi	55
5.2 Batasan Implementasi	55
5.3 Implementasi Algoritma	55
5.3.1 Implementasi Inisialisasi Kecepatan Partikel	56
5.3.2 Implementasi Inisialisasi Partikel	57
5.3.3 Implementasi Inisialisasi Pbest	58
5.3.4 Implementasi Inisialisasi Gbest	58
5.3.5 Implementasi Hitung ω dan Peluang p	59
5.3.6 Implementasi <i>Update</i> Kecepatan Partikel	60
5.3.7 Implementasi <i>Update</i> Posisi Partikel	60
5.3.8 Implementasi <i>Update</i> Pbest Tahap PSO	61
5.3.9 Implementasi <i>Update</i> Gbest Tahap PSO	62
5.3.10 Implementasi Buat Semut Baru	62
5.3.11 Implementasi <i>Replace</i> Partikel dan <i>Update</i> Pbest Tahap ACO _R	64
5.3.12 Implementasi <i>Update</i> Gbest Tahap ACO _R	65
5.3.13 Implementasi Hitung Prediksi dan MAPE pada Data Uji.....	66
5.4 Implementasi Antarmuka Pengguna	67
5.4.1 Implementasi Antarmuka Prediksi.....	67
5.4.2 Implementasi Antarmuka Ubah Parameter	68
5.4.3 Antarmuka Detail Fitness	69
5.4.4 Implementasi Antarmuka Detail Prediksi	70
5.4.5 Implementasi Antarmuka Lihat Data	70
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS	73

6.1 Pengujian Nilai c_1 dan c_2 Terhadap Nilai Fitness	73
6.2 Pengujian Nilai w Terhadap Fitness	74
6.3 Pengujian Nilai k <i>Velocity Clamping</i> Terhadap Nilai Fitness	75
6.4 Pengujian Nilai q Terhadap Nilai Fitness	77
6.5 Pengujian Nilai ξ Terhadap Fitness	78
6.6 Pengujian Jumlah Semut Baru Terhadap Fitness	79
6.7 Pengujian Jumlah PopSize Terhadap Fitness	80
6.8 Pengujian Kriteria Berhenti Terhadap Fitness	81
6.9 Pengujian Pemodelan Regresi Linear Terhadap Nilai MAPE	82
6.10 Perbandingan antara regresi-PSOACO _R dengan regresi-PSO dan regresi-ACO _R	84
BAB 7 PENUTUP	88
7.1 Kesimpulan	88
7.2 Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN A DATA PENELITIAN	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan penelitian kasus prediksi energi primer sebelumnya	8
Tabel 2.2 Kategori akurasi MAPE	18
Tabel 4.1 Parameter PSOACO _R	36
Tabel 4.2 Kecepatan awal partikel	36
Tabel 4.3 Batas atas dan bawah <i>velocity clamping</i>	37
Tabel 4.4 Inisialisasi partikel	37
Tabel 4.5 Inisialisasi pbest.....	38
Tabel 4.6 Inisialisasi gbest	38
Tabel 4.7 Hitung ω dan p	39
Tabel 4.8 <i>Update</i> kecepatan	39
Tabel 4.9 <i>Velocity clamping</i>	40
Tabel 4.10 <i>Update</i> posisi partikel.....	40
Tabel 4.11 <i>Update</i> pbest tahap PSO	41
Tabel 4.12 <i>Update</i> gbest tahap PSO	41
Tabel 4.13 Urutkan sementara tabel partikel mulai dari fitness terbaik.....	42
Tabel 4.14 Pilih partikel dengan roulette wheel.....	42
Tabel 4.15 Hitung sigma.....	42
Tabel 4.16 Nilai z	42
Tabel 4.17 Semut Baru	43
Tabel 4.18 <i>Replace</i> partikel terburuk dengan semut baru	43
Tabel 4.19 <i>Update</i> pbest tahap ACO _R	43
Tabel 4.20 <i>Update</i> gbest tahap ACO _R	44
Tabel 4.21 Hasil prediksi	44
Tabel 4.22 Perancangan pengujian nilai c1 dan c2	49
Tabel 4.23 Perancangan pengujian nilai w	50
Tabel 4.24 Perancangan pengujian nilai k <i>velocity clamping</i>	50
Tabel 4.25 Perancangan pengujian nilai q	51
Tabel 4.26 Perancangan pengujian nilai ξ	51
Tabel 4.27 Perancangan pengujian jumlah semut.....	52
Tabel 4.28 Perancangan pengujian jumlah popsize.....	52

Tabel 4.29 Perancangan pengujian kriteria berhenti	53
Tabel 4.30 Rancangan pengujian pemodelan regresi-PSOACO _R terhadap MAPE	53
Tabel 4.31 Perbandingan nilai aktual dan prediksi	54
Tabel 4.32 Rancangan pengujian MAPE antara ACO _R , PSO dan PSOACO _R	54
Tabel 4.33 Rancangan pengujian waktu komputasi antara ACO _R , PSO, PSOACO _R	54
Tabel 6.1 Hasil pengujian nilai $c1$ dan $c2$	73
Tabel 6.2 Hasil pengujian nilai w	74
Tabel 6.3 Hasil pengujian nilai k <i>velocity clamping</i>	76
Tabel 6.4 Hasil pengujian nilai q	77
Tabel 6.5 Hasil pengujian nilai ξ	78
Tabel 6.6 Hasil pengujian jumlah semut baru.....	79
Tabel 6.7 Hasil pengujian jumlah popsize	80
Tabel 6.8 Hasil pengujian kriteria berhenti.....	81
Tabel 6.9 Hasil pengujian pemodelan regresi linear-PSOACO _R	83
Tabel 6.10 Perbandingan nilai aktual dan prediksi	83
Tabel 6.11 Perhitungan evaluasi PSO, ACO _R , dan PSOACO _R	84
Tabel 6.12 Parameter pengujian PSOACO _R , PSO, dan ACO _R	85
Tabel 6.13 Hasil pengujian pemodelan regresi linear-PSO	85
Tabel 6.14 Hasil pengujian pemodelan regresi linear-ACO _R	85
Tabel 6.15 Hasil pengujian MAPE antara ACO _R , PSO dan PSOACO _R	86
Tabel 6.16 Hasil pengujian waktu komputasi antara ACO _R , PSO dan PSOACO _R ...	86
Tabel 7.1 Parameter terbaik PSOACO _R	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Konsumsi energi primer 10 terbesar di Asia Pasifik.....	1
Gambar 1.2 Konsumsi energi primer Indonesia berdasarkan jenisnya	2
Gambar 2.1 Pseudocode PSO.....	13
Gambar 2.2 Solusi <i>archive</i> pada ACO_R	14
Gambar 2.3 Pseudocode ACO_R	15
Gambar 2.4 Pseudocode $PSOACO_R$	16
Gambar 4.1 Flowchart pemodelan regresi- $PSOACO_R$ untuk prediksi konsumsi energi primer Indonesia	23
Gambar 4.2 Flowchart inisialisasi kecepatan partikel.....	24
Gambar 4.3 Flowchart inisialisasi partikel	25
Gambar 4.4 Flowchart inisialisasi pbest.....	26
Gambar 4.5 Flowchart inisialisasi gbest	26
Gambar 4.6 Flowchart hitung nilai ω dan peluang p.....	27
Gambar 4.7 Flowchart <i>update</i> kecepatan partikel	28
Gambar 4.8 Flowchart <i>update</i> posisi partikel	29
Gambar 4.9 Flowchart <i>update</i> pbest tahap PSO.....	30
Gambar 4.10 <i>Update</i> gbest tahap PSO	31
Gambar 4.11 Flowchart buat semut baru.....	32
Gambar 4.12 Flowchart pilih partikel dengan <i>roulette wheel</i>	33
Gambar 4.13 Flowchart <i>replace</i> partikel terburuk dan <i>update</i> gbest tahap ACO_R	34
Gambar 4.14 Flowchart <i>update</i> gbest tahap ACO_R	35
Gambar 4.15 Flowchart hitung prediksi konsumsi energi dan MAPE data uji	35
Gambar 4.16 Perancangan antarmuka prediksi dengan $PSOACO_R$	45
Gambar 4.17 Perancangan antarmuka ubah parameter	46
Gambar 4.18 Perancangan pesan kesalahan detail fitness	46
Gambar 4.19 Perancangan antarmuka detail fitness	46
Gambar 4.20 Perancangan antarmuka detail hasil prediksi	47
Gambar 4.21 Perancangan antarmuka lihat data	48
Gambar 4.22 Perancangan antarmuka lihat regresi terbaik.....	48

Gambar 5.1 Menubar memilih metode prediksi	67
Gambar 5.2 Antarmuka prediksi dengan PSOACO _R	68
Gambar 5.3 Antarmuka ubah parameter	69
Gambar 5.4 Pesan kesalahan detail fitness	69
Gambar 5.5 Antarmuka detail fitness	70
Gambar 5.6 Antarmuka detail prediksi	71
Gambar 5.7 Menu bar lihat data.....	71
Gambar 5.8 Antarmuka lihat data konsumsi energi	72
Gambar 5.9 Antarmuka lihat regresi terbaik	72
Gambar 6.1 Rata-rata fitness nilai $c1$ dan $c2$	74
Gambar 6.2 Rata-rata fitness nilai w	75
Gambar 6.3 Rata-rata fitness nilai k	76
Gambar 6.4 Rata-rata fitness nilai q	77
Gambar 6.5 Rata-rata fitness nilai ξ	78
Gambar 6.6 Rata-rata fitness jumlah semut baru	79
Gambar 6.7 Rata-rata fitness jumlah popSize	81
Gambar 6.8 Rata-rata fitness kriteria berhenti.....	82
Gambar 6.9 Nilai aktual dan prediksi menggunakan pemodelan regresi terbaik	84

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA PENELITIAN	92
---	-----------