

SKRIPSI

**IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA PHASA
MENGGUNAKAN METODE *DIFFERENSIAL EVOLUTION*
DI LAB. KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG**



Disusun Oleh :

**BUDIMAN M
02.12.079**



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**

MARET 2008

ABSTRAKSI

IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN METODE DIFFERENSIAL EVOLUTION DI LAB.KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG

(Budiman M, 02.12.079, Teknik Energi Listrik (S-1)
(Dosen Pembimbing I: Ir. Widodo Pudji M, MT)
(Dosen Pembimbing II : Ir.Djojo Priatmono,MT)]

Kata Kunci :Motor Induksi, Arus Stator,Parameter rangkaian Ekivalen,*Differensial Evolution.*

Dengan semakin berkembangnya metode-metode dalam identifikasi parameter saat ini, dilihat dari segi kerumitan prosedur, performa, dan kecocokan pada kondisi pabrik, maka industri-industri yang menggunakan aplikasi motor induksi berupaya untuk mencari metode yang dianggap mampu mengatasi masalah identifikasi dan penentuan parameter dengan tingkat akurasi yang mendekati nilai sebenarnya

Dalam melakukan identifikasi motor induksi yang meliputi beberapa pengujian yaitu *Dc test*,*Block rotor test*, dan *No load test* didapatkan hasil pengujian untuk parameter – parameter pada motor induksi 1,1 KW adalah: $Rs = 5,49 \Omega$, $Rr = 6,68 \Omega$, $Xs = 7,3 \Omega$, $Xr = 7,3 \Omega$, $Xm = 182,28 \Omega$. Dan motor induksi 0,75 KW adalah: $Rs = 17,24 \Omega$, $Rr = 5,88 \Omega$, $Xs = 12,2 \Omega$, $Xr = 12,2 \Omega$, $Xm = 212,15 \Omega$.

Sedangkan dari hasil analisa didapatkan bahwa tingkat kesalahan (*error*) pada motor 1,1 KW yaitu 0,594 % lebih kecil dibandingkan motor 0,75 KW dimana memiliki tingkat kesalahan (*error*) yaitu 0,832 %. sehingga didalam melakukan percobaan dan menghitung parameter-parameter motor terdapat sekitar 0 – 1 % kesalahan.

$$L_s = \frac{7,3}{314} = 0,023248 \text{ H}$$

$$X_r = 2 \pi f_s L_r$$

$$L_r = \frac{X_r}{2\pi f_s}$$

$$L_r = \frac{7,3}{314} = 0,023248 \text{ H}$$

$$X_m = 2 \pi f_s L_m$$

$$L_m = \frac{X_m}{2\pi f_s}$$

$$L_m = \frac{182,28}{324} = 0,5805 \text{ H}$$

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{3000 - 2820}{3000} = \frac{180}{3000} = 0,06$$

Tabel 4-4

Hasil Perhitungan Pengujian Parameter Motor induksi Tiga Phasa

R _s	R _r	X _s	X _r	X _m	L _s	L _r	L _m
5,49	6,68	7,3	7,3	182,28	0,023248	0,023248	0,5805

4.3. Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga Phasa.

4.3.1. Alat-alat Yang Digunakan

- 1. Motor Induksi Tiga-Phasa**

Data papan-nama (*nameplate*) :

TEGANGAN	: 220/380 (Δ / Y) VOLT
ARUS	: 2 Δ / Y) AMPERE
COS φ	: 0,85
FREKUENSI	: 50 HERTZ
DAYA	: 0,75 kW
PUTARAN	: 2930 rpm
KUTUP	: 2 KUTUP

- 2. Voltmeter**
- 3. Ampermeter**
- 4. Wattmeter**
- 5. Tachometer**
- 6. AC Voltage Regulator**
- 7. DC Supply**

4.3.2. Data Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Tabel 4-5
Data Pengujian Arus Searah

No	V _{DC} (Volt)	I _{DC} (Ampere)
1	4	0,22
2	6	0,33
3	8	0,47
4	10	0,6
5	12	0,73

4.3.3. Data Pengujian Tanpa Beban (*No - Load Test*)

Tabel 4-6
Data Hasil Pengujian Beban Nol

I (Ampere)			W 3 Ø (Watt)	V (Volt)	F (Hz)
A ₁	A ₂	A ₃			
0,53	0,60	0,52	50	220	50

4.3.4. Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)

Tabel 4-7
Data Hasil Rotor Tertahan

I (Ampere)			W 3 Ø (Watt)	V (Volt)
A ₁	A ₂	A ₃		
2	2	2	270	115

4.4.1. Menghitung parameter Motor Induksi tiga phasa

4.4.1.1 Analisa Data Pengujian Tanpa Beban:

$$R_s = R_{dc} = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

$$R_{ek(1)} = \frac{4}{0,22} = 18,1$$

$$R_{ek(2)} = \frac{6}{0,33} = 18,1$$

$$R_{ek(3)} = \frac{8}{0,47} = 17$$

$$R_{ek(4)} = \frac{10}{0,6} = 16,6$$

$$R_{ek(5)} = \frac{4}{0,73} = 16,4$$

4.4.1.2. Analisa Data Pengujian Tanpa Beban

$$I_{nb} = \frac{I_{la} + I_{lb} + I_{lc}}{3} = \frac{0.53 + 0.60 + 0.52}{3} = 0.55 A$$

$$Z_{tb} = \frac{V_o}{\sqrt{3}I_o} = \frac{220}{\sqrt{3} \times 0.55} = 231 \Omega$$

$$R_w = \frac{P_{(3\phi)}}{3(I_o)^2} = \frac{50}{3(0.55)^2} = 55 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_{tb} &= \sqrt{Z_{tb}^2 - R_{tb}^2} \\ &= \sqrt{231^2 - 55^2} \\ &= 224.35 \Omega / Phasa \end{aligned}$$

4.4.1.3 .Dari pengujian rotor tertahan

$$I_{nb} = \frac{I_{la} + I_{lb} + I_{lc}}{3} = \frac{2 + 2 + 2}{3} = 2 A$$

$$Z_n = \frac{V_o}{\sqrt{3}I_o} = \frac{115}{\sqrt{3} \times 2} = 33,23 \Omega$$

$$R_n = \frac{P_{(3\phi)}}{3.(I_n)^2} = \frac{290}{3(2.)^2} = 22,5 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_n &= \sqrt{Z_n^2 - R_n^2} \\ &= \sqrt{33,23^2 - 22,5^2} \\ &= 24,4 \Omega / Phasa \end{aligned}$$

$$X_n = X_s + X'_r$$

Motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tunggal kelas A, maka secara umum X_s dan X'_r diamsusikan sama, sehingga :

$$X_s = X'_r = \frac{1}{2} X_n = \frac{1}{2} (24,4) = 12,2 \Omega$$

Besarnya reaktansi yang diukur pada terminal stator pada keadaan tanpa beban (X_{tb}) mendekati sama dengan $X_s + X_m$ yang merupakan reaktansi diri stator, sehingga :

$$X_{ss} = X_{tb} = X_s + X_m$$

$$X_m = X_{tb} - X_s$$

$$= 224,35 - 12,2$$

$$= 212,15 \Omega$$

Resistansi stator dapat dipandang sebagai harga Dcnya maka resistansi rotor dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R = R_{rt} - R_s$$

$$= 22,5 - 17,24$$

$$= 5,26 \Omega$$

$$X_{rr} = X'_r + X_m$$

$$= 12,2 + 212,15$$

$$= 224,35$$

$$R'_r = \left(\frac{X_n}{X_m} \right)^2$$

$$= 5,26 \left(\frac{224,35}{212,15} \right)^2 = 5,88 \Omega$$

$$X_s = 2 \pi f_s L_s$$

$$L_s = \frac{X_{ls}}{2 \pi f_s}$$

$$L_s = \frac{12,2}{314} = 0,038853 \text{ H}$$

$$X_r = 2 \pi \cdot f_s \cdot L_r$$

$$L_r = \frac{X_r}{2\pi \cdot f_s}$$

$$L_r = \frac{12,21}{314} = 0,038853 \text{ H}$$

$$X_m = 2 \pi \cdot f_s \cdot L_m$$

$$L_m = \frac{X_m}{2\pi \cdot f_s}$$

$$L_m = \frac{212,15}{324} = 0,6756 \text{ H}$$

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} = \frac{3000 - 2973}{3000} = \frac{180}{3000} = 0,09$$

Tabel 4-8

Hasil Perhitungan Pengujian Parameter Motor induksi Tiga Phasa

R _s	R _r	X _s	X _r	X _m	L _s	L _r	L _m
17,24	5,88	12,2	12,2	212,15	0,038853	0,038853	0,6756

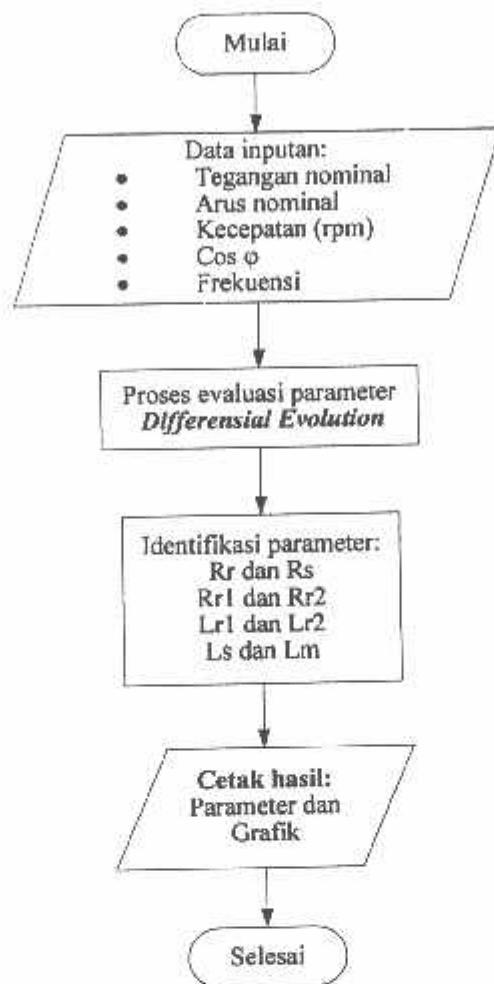
4.5. Algoritma Program Pemecahan Masalah Secara Umum

1. Memasukkan input data berupa papan nama (*name plate*) dari motor induksi meliputi:
 - Tegangan nominal (U)
 - Arus nominal (A)
 - Kecepatan putar rotor nominal (rpm)
 - Cos phi
 - Frekuensi (F)
2. Proses evaluasi parameter Differential Evolution
3. Identifikasi Parameter
4. Cetak hasil parameter dan grafik

4.5.1. Algoritma Proses Pembentukan DE

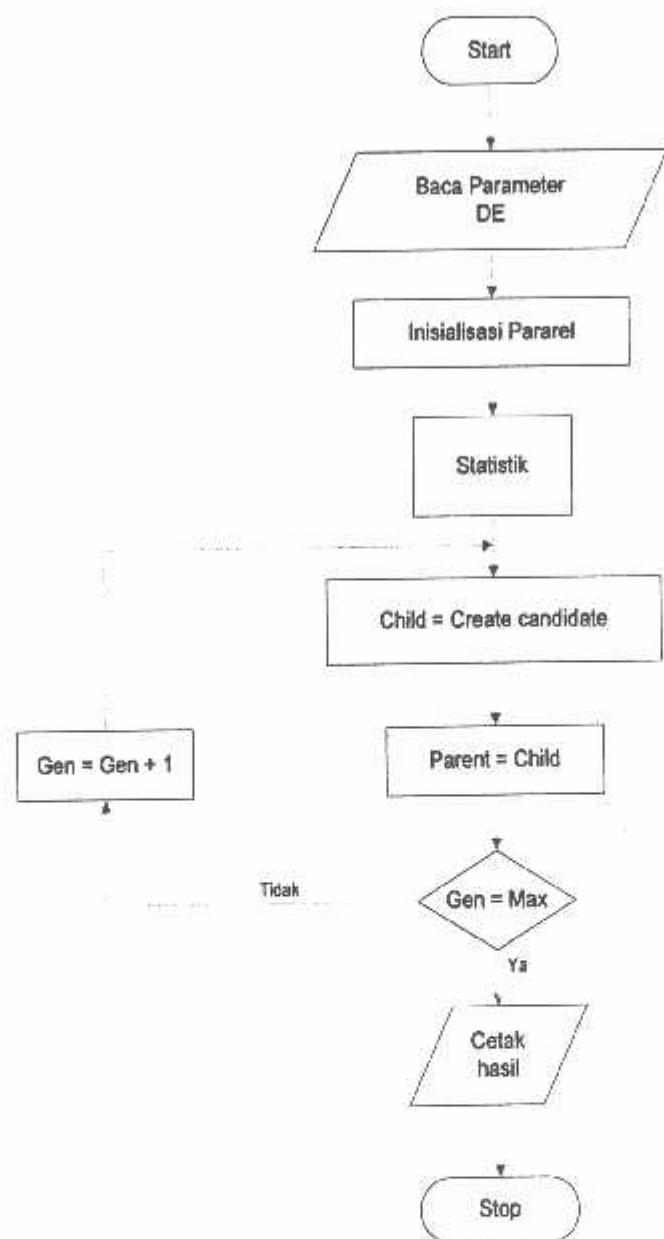
1. Mulai
2. Baca parameter DE
3. Menentukan inisialisasi pararel secara acak
4. Melakukan proses statistic
5. Menghitung fitness child
6. Melakukan seleksi child and parent menjadi new parent
7. Apakah generasi yang diinginkan sudah terpenuhi (max generasi)
8. Jika “tidak” maka generasi = generasi + 1,kembali ke langkah 6.
9. Jika “ya” maka ke langkah 10.
10. Cetak hasil.
11. Selesai

4.6. Flow Chart Pemecahan Masalah Secara Umum



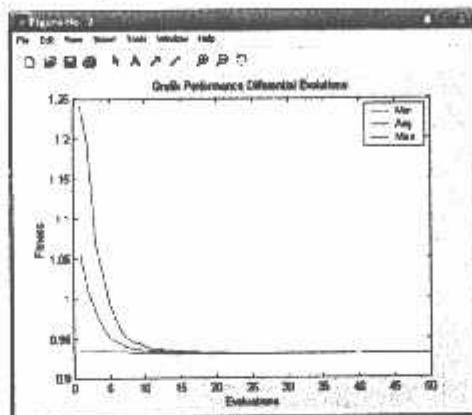
Gambar 4.1

4.6.1. Flow Chart Proses Algoritma DE



Gambar 4.2

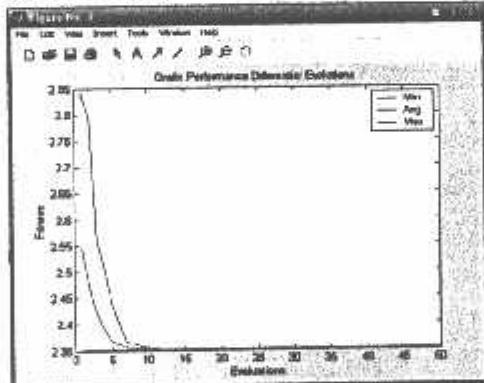
Dari gambar grafik dibawah dapat dilihat bahwa didalam menciptakan suatu populasi dengan nilai acak ditentukan pada masing-masing keputusan setiap vektor..dari gambar 4.3 dan 4.4 pada saat dimana nilai minimum dan maksimum pada titik 0 sampai 50 dalam keadaan stabil akan mengalami kenaikan secara periodic.



Gambar 4.3

Grafik Performance Kecepatan Pencarian Solusi Motor 1.1kW

Dari gambar diatas dapat dilihat pada keadaan maksimum dimana pada saat $E_v = 20.2$ mengalami kenaikan hingga sebesar $F = 1.24$,sedangkan pada saat keadaan minimum mengalami ketstabilan sebesar $F = 0.94$.dimana untuk rata-ratanya terjadi kenaikan sebesar $E_v = 20$ hingga sebesar $F = 1.05$.

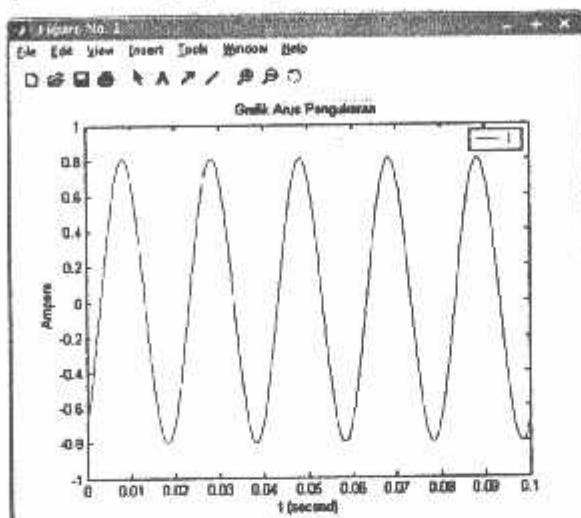


Gambar 4.4

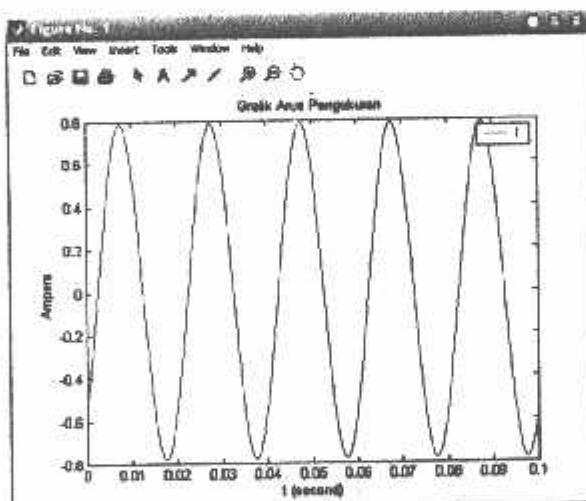
Grafik Performance Kecepatan Pencarian Solusi Motor 0.75kW

Dari gambar diatas dapat dilihat pada keadaan maksimum dimana pada saat $E_v = 10.2$ mengalami kenaikan hingga sebesar $F = 2.84$,sedangkan pada saat keadaan minimum mengalami ketstabilan sebesar $F = 2.35$.dimana untuk rata-ratanya terjadi kenaikan sebesar $E_v = 10.2$ hingga sebesar $F = 2.55$. optimasi ini diulang beberapa generasi sehingga memungkinkan individu-individu memperbaiki kesesuaian mereka ketika mencari solusi untuk nilai optimal.

Dari gambar diatas dalam menentukan nilai populasi awal yang dihasilkan dengan pencuplikan acak dan kemudian hasilnya dievaluasi DE setiap kali bangkitkan generasi dimana vector yang mempunyai nilai fungsi paling rendah yang dibutuhkan untuk pembangkitan



Gambar 4.5
Grafik Hasil Arus Pengukuran 1.1kW



Gambar 4.6
Grafik Hasil Arus Pengukuran 1.1kW

Dari hasil percobaan untuk gambar 4.5 dan 4.6 arus phasa motor adalah 0.8 Ampere dan dalam keadaan konstan pada $t = 0\text{s}$ sampai dengan $t = 0.1\text{s}$ dan kecepatan motor terlihat berubah-ubah mengikuti kecepatan referensi yang diberikan.

Tampilan Program Differential Evolution 1.1kW

The screenshot shows a MATLAB script window titled "Untitled.m" with the following code:

```
1 % program Motor Differential Evolutionary
2
3 - clc
4 - % set motor induksi
5 - Vmax=220;
6 - % ...
7 - chrom(1)=5.49; %F
8 - chrom(2)=9.3; %V
9 - chrom(3)=182.28; %A
10 - chrom(4)=6.68; %I
11 - chrom(5)=7.37; %V
12 - alip=0.025;
13 - % ...
14 - [tmax,ts]=HitungFitnessKwai(chrom);
15 - figure();
16 - plot(t,Ises);
17 - title('Grafik Arus Pengaturan');
18 - xlabel('Ampera');
19 - xlabel('t (second)');
20 - legend('I');
21 - % ...
22 - % ...
23 - maxGen=50;
24 - popSize=100;
25 - Length=5;
26 - pc=0.3;
27 - f=0.5;
28 - betasChrom(1).min=5.4;
29 - betasChrom(1).max=5.5;
30 - betasChrom(2).min=7.2;
31 - betasChrom(2).max=7.4;
32 - betasChrom(3).min=182;
33 - betasChrom(3).max=183;
34 - betasChrom(4).min=6.6;
35 - betasChrom(4).max=6.7;
36 - betasChrom(5).min=7.3;
37 - betasChrom(5).max=7.4;
38 - [chrom,MinI,AvgI,MaxI]=DifferentialEvolution(maxGen,popSize, ...
39 - length,pc,f,betasChrom);
40 - disp('');
41 - disp('Hasil Differential Evolution');
42 - disp('');

Ready
```

Tampilan Hasil Differensial Evolution untuk Motor 1.1kW

```
File Edit View Web Window Help
Current Directory: C:\Documents and Settings\Rahmawijaya.CALDX3\My Documents\MotorDE

chrom =
5 7 182 6

chrom =
5 7 182 6 7

Warning: The value of local variables may have been changed to match the
         globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
         a variable to be global before you use that variable.
> In C:\Documents and Settings\Rahmawijaya.CALDX3\My Documents\MotorDE\DataDE.m at line 13
Warning: The value of local variables may have been changed to match the
         globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
         a variable to be global before you use that variable.
> In C:\Documents and Settings\Rahmawijaya.CALDX3\My Documents\MotorDE\DataDE.m at line 21
1 2 3 4 5 6 7 8 91011121314151617181920212223242526272829303132333435363738394041424344454647484950
Basic Differential Evolution

PARAMETER MOTOR INDUSTRI
-----
Es (ohm) = 5.5
Xs (ohm) = 7.2
Xm (ohm) = 182.2
Rr (ohm) = 6.6
Xr (ohm) = 7.4
-----
>>
```

Tampilan Program Differensial Evolution 0.75kW

```
File Edit View Test Debug Breakpoints Web Window Help
File Edit View Test Debug Breakpoints Web Window Help
1- 1.0
2-
3- ctc
4-   1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
5- Vmax=220
6-   Vfar
7-   chmax[0]=17.21;
8-   chmax[1]=12.21;
9-   chmax[2]=212.157;
10-  chmax[4]=5.88;
11-  chmax[5]=2.37;
12-  slip=0.025;
13-  S1S1;
14- [Image, t1]=Rimage('matlabML',chmax);
15- figure();
16- plotvec(Image);
17- title('Grafito Azul Pengakauan');
18- ylabel('Imaginary');
19- xlabel('Real');
20- legend('1');
21- %Data
22- maxpx=20;
23- pxsize=130;
24- Length=5;
25- pi=4.3;
26- f=0.5;
27- berasCircm[1],sin=17.2;
28- berasCircm[1],sin=13.2;
29- berasCircm[2],sin=12.3;
30- berasCircm[2],sin=12.4;
31- berasCircm[3],sin=212.1;
32- berasCircm[3],sin=212.2;
33- berasCircm[4],sin=5.8;
34- berasCircm[4],sin=5.9;
35- berasCircm[5],sin=12.1;
36- berasCircm[5],sin=12.4;
37- |throw,Run,Avn,Mat|DifferentialEvolution,wagen,pxsize,
38- Length,px,1,berasCircm];
39- disp('1');
40- disp('Partial Differential Evolution');
```

Tampilan Hasil Differensial Evolution untuk Motor 0.75kW

The screenshot shows a MATLAB command window with the following content:

```
File Edit View Web Window Help
D E ? Current Directory: C:\Documents and Settings\Rahmaswijaya\My Documents\MotorDE\

chrom =
17 12 212 5

chrom =
17 12 212 5 12

Warning: The value of local variables may have been changed to match the
         globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
         a variable to be global before you use that variable.
> In C:\Documents and Settings\Rahmaswijaya\My Documents\MotorDE\DataTA.m at line 13
Warning: The value of local variables may have been changed to match the
         globals. Future versions of MATLAB will require that you declare
         a variable to be global before you use that variable.
> In C:\Documents and Settings\Rahmaswijaya\My Documents\MotorDE\DataTA.m at line 21
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
Basil Differential Evolution

PARAMETER MOTOR IMPIUKSI
-----
Rs (ohm) = 17.3
Xs (ohm) = 12.3
Xm (ohm) = 212.1
Rr (ohm) = 5.8
Xr (ohm) = 12.4
-----
>>
Ready
```

4.7. Perbandingan Hasil Program *Differensial Evolution* Dengan
Hasil Pengujian

Tabel 4-9

Motor induksi	Parameter	Diferencial Evolution	Pengujian	Error (%)
1.1 kW	$R_s (\Omega)$	5.5 Ω	5.49 Ω	0.18 %
	$R_r (\Omega)$	6.68 Ω	6.68 Ω	0 %
	$X_s (\Omega)$	7.2 Ω	7.3 Ω	1.36 %
	$X_r (\Omega)$	7.4 Ω	7.3 Ω	1.36 %
	$X_m (\Omega)$	182.41 Ω	182.28 Ω	0.07 %
0.75 kW	$R_s (\Omega)$	17.3 Ω	17.24 Ω	0.34 %
	$R_r (\Omega)$	5.8 Ω	5.88 Ω	1.36 %
	$X_s (\Omega)$	12.3 Ω	12.2 Ω	0.81 %
	$X_r (\Omega)$	12.4 Ω	12.2 Ω	1.63 %
	$X_m (\Omega)$	212.1 Ω	212.15 Ω	0.02 %

4.7.1. Analisa Perbandingan antara Hasil Pengujian dan Hasil Program Untuk Motor 1.1 kW:

$$|\text{Error}| (\%) = \frac{\text{Hasil Pengujian} - \text{Hasil Program}}{\text{Hasil Pengujian}} \times 100\%$$

$$R_s \rightarrow |\text{Error}| = \frac{5.49\Omega - 5.5\Omega}{5.49\Omega} \times 100\% = 0.18\%$$

$$R_r \rightarrow |\text{Error}| = \frac{6.68\Omega - 6.68\Omega}{6.68\Omega} \times 100\% = 0\%$$

$$X_s \rightarrow |\text{Error}| = \frac{7.3\Omega - 7.2\Omega}{7.3\Omega} \times 100\% = 1.36\%$$

$$X_r \rightarrow |\text{Error}| = \frac{7.3\Omega - 7.4\Omega}{7.3\Omega} \times 100\% = 1.36\%$$

$$X_m \rightarrow |\text{Error}| = \frac{182.28\Omega - 182.41\Omega}{182.28\Omega} \times 100\% = 0.07\%$$

$$|\text{ET}| = \frac{0.18\% + 0 + 1.36\% + 1.36\% + 0.07\%}{5} = 0.594\%$$

4.7.2. Analisa Perbandingan antara Hasil Pengujian dan Hasil Program Untuk Motor 0.75 kW:

$$|\text{Error}| (\%) = \frac{\text{Hasil Pengujian} - \text{Hasil Program}}{\text{Hasil Pengujian}} \times 100\%$$

$$R_s \rightarrow |\text{Error}| = \frac{17.24\Omega - 17.3\Omega}{17.24\Omega} \times 100\% = 0.34\%$$

$$R_r \rightarrow |\text{Error}| = \frac{5.88\Omega - 5.8\Omega}{5.88\Omega} \times 100\% = 1.36\%$$

$$X_s \rightarrow |\text{Error}| = \frac{12.2\Omega - 12.3\Omega}{12.2\Omega} \times 100\% = 0.81\%$$

$$X_r \rightarrow |\text{Error}| = \frac{12.2\Omega - 12.4\Omega}{12.2\Omega} \times 100\% = 1.63\%$$

$$X_m \rightarrow |\text{Error}| = \frac{212.15\Omega - 212.1\Omega}{212.15\Omega} \times 100\% = 0.02\%$$

$$|\text{ET}| = \frac{0.34\% + 1.36\% + 0.81\% + 1.63\% + 0.02\%}{5} = 0.832\%$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis dari uji coba program dengan menggunakan metode *Differential Evolution* pada Identifikasi parameter motor induksi maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil identifikasi motor induksi yang meliputi beberapa pengujian yaitu *Dc test*, *Block rotor test*, dan *No load test* didapatkan hasil pengujian untuk parameter – parameter pada motor induksi 1,1 KW adalah: $R_s = 5,49 \Omega$, $R_r = 6,68 \Omega$, $X_s = 7,3 \Omega$, $X_r = 7,3 \Omega$, $X_m = 182,28 \Omega$. Dan motor induksi 0,75 KW adalah: $R_s = 17,24 \Omega$, $R_r = 5,88 \Omega$, $X_s = 12,2 \Omega$, $X_r = 12,2 \Omega$, $X_m = 212,15 \Omega$.
2. Dengan metode yang telah dikembangkan saat ini yaitu dengan metode *Differential Evolution* yang didasarkan aturan – aturan yang mudah sehingga mendapatkan hasil nilai yang sebenarnya. Beberapa metode tersebut membutuhkan pemutusan beban atau pengujian tanpa beban (*No Load Test*), pengujian DC (*DC Test*), serta pengujian rotor tertahan (*Locked Rotor Test*) dari motor induksi, sehingga tidak memungkinkan kondisi pabrik yang biasanya mengaplikasikan motor induksi dengan kapasitas besar.
3. Dari hasil analisa didapatkan bahwa tingkat kesalahan (*error*) pada motor 1,1 KW yaitu 0,594 % lebih kecil dibandingkan motor 0,75 KW dimana memiliki tingkat kesalahan (*error*) yaitu 0,832 %. sehingga didalam melakukan percobaan dan menghitung parameter-parameter motor terdapat sekitar 0 – 1 % kesalahan.

5.2 Saran

Banyak hal menarik untuk dikaji dari *Differensial Evolution* ini salah satunya adalah prinsip kerjanya yang hanya berdasarkan aturan yang sangat sederhana yaitu ‘jika-maka’ Dari kesederhanaan dan kelebihan yang dimilikinya, Maka untuk pengembangan yang lebih lanjut disarankan:

1. Mencoba mengembangkan aturan dan langkah kerja dari DE
2. Didalam melakukan pengujian ini diharapkan dapat dijadikan langkah awal untuk penelitian lebih mendalam tentang DE dan penerapannya dalam bidang mesin listrik khususnya motor induksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Zuhal." Dasar Teknik Tenaga Listrik" Penerbit ITB Bandung.
- [2]. DIFFERENTIAL EVOLUTION (DE) for continuous function optimization an algoriotma by Kennet Price Rainer storn.
- [3]. Differential Evolution - A simple and efficient adaptive scheme for global optimizationover continuous spaces
by Rainer Storn1) and Kenneth Price2)TR-95-012 March 1995.
- [4]. Global Optimization of Bencmark And Phase Equilibrium Problems Using Differential Evolution By Roger.Ls,Tan,Makapati Srinivas and G.P.Rangaiah.
- [5]. A Parameter Study for Differential Evolution
ROGER GA" MPERLE, SIBYLLE D. MU" LLER, PETROS
KOUMOUTSAKOS
Institute of Computational Sciences, Department of Computer Science
Swiss Federal Institute of Technology Z"urich (ETHZ)
- [6]. A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., Stephen D. Umans, Ir.Djoko Achyanto,
M.Sc.EE. "Electrical Machinery", McGraw-Hill International, Fourth Edition.

L
A
M
P
I
R
A
N



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : Budiman M
2. NIM : 02.12.079
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN METODE DIFFERENSIAL EVOLUTION DI LAB.KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG

Dipertahankan dihadapan Majelis Pengaji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

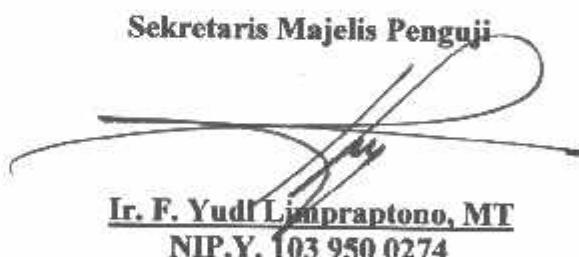
Hari : Selasa
Tanggal : 18 Maret 2008
Dengan Nilai : 72 (B+) *sy*

Panitia Ujian Skripsi



Ketua Majelis Pengaji
Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP.Y. 101 810 0036

Sekretaris Majelis Pengaji



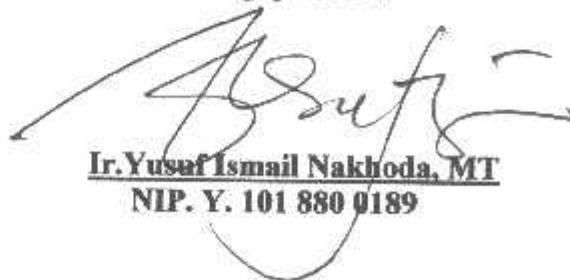
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 103 950 0274

Anggota Pengaji



Pengaji Pertama
Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y. 103 890 0209

Pengaji Kedua



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 101 880 0189



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan Pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 18 Maret 2008
Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Budiman M
2. NIM : 02.12.079
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN METODE DIFFERENSIAL EVOLUTION DI LAB.KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1	Analisa perbandingan hasil pengujian dengan hasil program, kesalahan (error) berapa? Disimpulkan!	

Anggota Penguji :

Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT
Panguji Kedua

Dosen Pembimbing I:

Ir. Widodo Pudji, M, MT

Dosen Pembimbing II:

Ir. Djojo Priatmono, MT



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan Pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 18 Maret 2008
Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Budiman M
2. NIM : 02.12.079
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN METODE DIFFERENSIAL EVOLUTION DI LAB.KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1	Abstrak	{ 28/03/08
2	Tujuan	{
3	Kesimpulan	

Anggota Pengaji :

Ir. Teguh Herbasuki, MT
Panguji pertama

Dosen Pembimbing I:

Ir. Widodo Pudji. M, MT

Dosen Pembimbing II:

Ir. Djojo Priatmono, MT



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Budiman.M
Nim : 02.12.079
Masa Bimbingan : 08 AGUSTUS 2007 s/d 08 FEBRUARI 2008
Judul Skripsi : IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN METODE DIFFERENSIAL EVOLUTION DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRI ITN MALANG

NO	Tanggal	Uraian	Panggilan Pembimbing
1	9/08/08	Konsultasi Awal	
2	06/09/08	Konsultasi Bab I, II, III	
3	10/09/08	Review Bab III	
4	07/09/08	Ace Bab I, II, III & Konsultasi Bab IV, V	
5	14/09/08	Review Bab IV, V	
6	08/10/08	Ace Bab IV, V	
7	20/10/08	Ace wajah seminar	
8	13/11/08	Ace Akhir	
9			
10			

Malang,
Dosen Pembimbing I

Ir. Widodo Pudji M,MT
Nip. Y.1028700171

Form. S-4b.



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Budiman.M

Nim : 02.12.079

Masa Bimbingan : 08 AGUSTUS 2007 s/d 08 FEBRUARI 2008

Judul Skripsi : IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN METODE DIFFERENSIAL EVOLUTION DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRI ITN MALANG

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,
Dosen Pembimbing II

Ir. Djojo Prijatmono, MT
NIP. Y 1039500274

Form. S-4b.



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: Budiyanto M		Nim: 02.12.079										
2.	Keterangan Pelaksanaan	Tanggal 03/08/2017	Waktu Tempat Ruang:										
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)													
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik <input checked="" type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya											
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	IDEN TEKNIK YANG MENERAPKAN METODE INDUKSI 3 FASA MENGELUARKAN METODE DIFFERENTIAL EVOLUTION DILAKUKAN DI KONSEP ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG											
5.	Ferubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian											
6.	Catatan:											
7.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Persetujuan Judul Skripsi</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Disetujui, Dosen Keahlian I</td> <td style="width: 50%;">Disetujui, Dosen Keahlian II</td> </tr> <tr> <td></td> <td> Eka N</td> </tr> <tr> <td>Mengetahui, Ketua Jurusan</td> <td>Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs</td> </tr> <tr> <td> Ir. F. Yudi Limpraptono, MT NIP. P. 1039500274</td> <td> Ir. Widodo Pudji M, MT NIP : Y 1028700171</td> </tr> </table>			Persetujuan Judul Skripsi		Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II		 Eka N	Mengetahui, Ketua Jurusan	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs	 Ir. F. Yudi Limpraptono, MT NIP. P. 1039500274	 Ir. Widodo Pudji M, MT NIP : Y 1028700171
Persetujuan Judul Skripsi													
Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II												
	 Eka N												
Mengetahui, Ketua Jurusan	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs												
 Ir. F. Yudi Limpraptono, MT NIP. P. 1039500274	 Ir. Widodo Pudji M, MT NIP : Y 1028700171												

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1. Nama Mahasiswa: <i>Budiono, MT.</i>		Nim: 02.12.C.79			
2. Keterangan Pelaksanaan		Tanggal <i>03/08/2002</i>	Waktu		
		Tempat Ruang:			
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)					
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik <input checked="" type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi <input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran <input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri </td> <td style="width: 50%;"> <input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen <input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer <input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi <input type="checkbox"/> h. lainnya </td> </tr> </table>				<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik <input checked="" type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi <input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran <input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri	<input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen <input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer <input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi <input type="checkbox"/> h. lainnya
<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik <input checked="" type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi <input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran <input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri	<input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen <input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer <input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi <input type="checkbox"/> h. lainnya				
4. Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa		<i>IMPLEMENTASI DIAZIMETER MOTIVE IN VOLT 3 FASA MENINGKATKAN NF100F DIFFERENTIAL EVOLUTION DENGAN KONSEP ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG</i>			
5. Perubahan Judul yang diajukan oleh Kelompok Dosen Keahlian				
Catatan:					
Catatan:					
Persetujuan Judul Skripsi					
Disetujui, Dosen Keahlian I 		Disetujui, Dosen Keahlian II 			
Mengetahui, Ketua Jurusan: <i>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</i> <i>NIP. P. 1039500274</i>		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs <i>Ir. Djoko Priyatmono, MT</i> <i>NIP. Y. 1039500274</i>			

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu
**) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian

Form S-3c



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BN. (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 09 Agustus 2007

Nomor : ITN-449/1.TA/2/2007
Lampiran : -
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**
Kepada : Yth. Sdr. Ir. WIDODO PUDJI M, MT

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
untuk Mahasiswa:

Nama : BUDIMAN M
Nim : 0212079
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Kosentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/I selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai
tanggal:

08 Agustus 2007 s/d 08 Februari 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik, Jurusan
Teknik Elektro-S1

Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami sampaikan
terima kasih.



Tembusan Kepada Yth.:

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form. S4a



PT BNI (PERSERO) MALANG
BANK NUSA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km. 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 09 Agustus 2007

Nomor : ITN-450/LTA/2/2007

Lampiran :

Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. Ir. DJOJO PRIATMONO, MT

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
untuk Mahasiswa:

Nama : BUDIMAN M
Nim : 0212079
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/I selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai
tanggal:

08 Agustus 2007 s/d 08 Februari 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik, Jurusan
Teknik Elektro-S1

Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami sampaikan
terima kasih.



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.
NIP. Y. 1039500274

[Signature]

Tembusan Kepada Yth:

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form. S4a

```

%Program Motor Differential Evolutionary

clc
%Datal motor induksi
vin=220;
global vin;
chrom(1)=5.49;%Rs
chrom(2)=7.3;%Xs
chrom(3)=182.28;%Xm
chrom(4)=6.68;%Rr
chrom(5)=7.3;%Xr
slip=0.025;
global slip;
[Imea,ts]=HitungFitnessAwal(chrom);
figure(1);
plot(ts,Imea);
title('Grafik Arus Pengukuran');
ylabel('Ampere');
xlabel('t (second)');
legend('I');
global Imea;
maxgen=50;
popsize=100;
length=5;
pc=0.5;
f=0.5;
batasChrom(1).min=5.4;
batasChrom(1).max=5.5;
batasChrom(2).min=7.2;
batasChrom(2).max=7.4;
batasChrom(3).min=182;
batasChrom(3).max=183;
batasChrom(4).min=6.6;
batasChrom(4).max=6.7;
batasChrom(5).min=7.2;
batasChrom(5).max=7.4;
[chrom,Min1,Avg1,Max1]=DifferentialEvolution(maxgen,popsize, ...
length,pc,f,batasChrom);
disp(' ');
disp('Hasil Differential Evolution');
disp(' ');
disp(' PARAMETER MOTOR INDUKSI');
disp('-----');
disp([' Rs (ohm) = ' num2str(chrom(1)) ]);;
disp([' Xs (ohm) = ' num2str(chrom(2)) ]);;
disp([' Xm (ohm) = ' num2str(chrom(3)) ]);;
disp([' Rr (ohm) = ' num2str(chrom(4)) ]);;
disp([' Xr (ohm) = ' num2str(chrom(5)) ]);;
disp('-----');
ta=zeros(maxgen);
for i=1:maxgen
    ta(i)=1;
end
figure(2);
plot(ta,Min1,ta,Avg1,ta,Max1);
title('Grafik Performance Differential Evolutions');
ylabel('Fitness');
xlabel('Evaluations');
legend('Min','Avg','Max');

```

```

function
[chrom,Min1,Avg1,Max1]=DifferentialEvolution(maxgen,popsize,.
                                              length,pc,f,batasChrom)
Parent=InitialPopulation(popsize,length,batasChrom);
[sumFitness,min,avg,max]=Statistik(popsize,Parent);
for i=1:maxgen
    for j=1:popsize
        [mate1,mate2,mate3]=Seleksi(popsize);

[temp.chrom]=CreateCandidate(pc,f,length,Parent(mate1).chrom,.

    ..

Parent(mate2).chrom,Parent(mate3).chrom,.
                                batasChrom);
    temp.fitness=HitungFitness(temp.chrom);
    if temp.fitness<Parent(j).fitness
        Child(j)=getIndividu(length,temp);
    else
        Child(j)=getIndividu(length,Parent(j));
    end
end
for j=1:popsize
    Parent(j)=getIndividu(length,Child(j));
end
[sumFitness,min,avg,max]=Statistik(popsize,Parent);
Min1(i)=min;
Avg1(i)=avg;
Max1(i)=max;
fprintf('%2.0f',i);
end
[chrom]=getBestChrom(popsize,length,Parent);

function [rnd]=getRandom(min,max)
rnd=min+rand*(max-min);

function [Indi]=getIndividu(length,rIndi)
for i=1:length
    Indi.chrom(i)=rIndi.chrom(i);
end
Indi.fitness=rIndi.fitness;

function [Indi]=InitialPopulation(popsize,length,batasChrom)
for i=1:popsize
    for j=1:length

Indi(i).chrom(j)=getRandom(batasChrom(j).min,batasChrom(j).max
);
    end
    Indi(i).fitness=HitungFitness(Indi(i).chrom);
End

function [sumFitness,min,avg,max]=Statistik(popsize,indi)
min=indi(1).fitness;
max=indi(1).fitness;
sumFitness=indi(1).fitness;
for i=2:popsize
    sumFitness=sumFitness+indi(i).fitness;
    if min>indi(i).fitness

```

```

        min=indi(i).fitness;
    end
    if max<indi(i).fitness
        max=indi(i).fitness;
    end
end
avg=sumFitness/popsize;

function [mate1,mate2,mate3]=Seleksi(popsize)
mate1=round(getRandom(1,popsize));
mate2=mate1;
while mate2==mate1
    mate2=round(getRandom(1,popsize));
end
mate3=mate1;
while (mate3==mate1) | (mate3==mate2)
    mate3=round(getRandom(1,popsize));
end

function
[chrom]=CreateCandidate(pc,f,length,P1,P2,P3,batasChrom)
for i=1:length
    rnd=rand;
    if rnd<pc
        chrom(i)=P1(i)+f*(P2(i)-P3(i));
        if chrom(i)>batasChrom(i).max
            chrom(i)=batasChrom(i).max;
        end
        if chrom(i)<batasChrom(i).min
            chrom(i)=batasChrom(i).min;
        end
    else
        chrom(i)=P1(i);
    end
end

function [chrom]=getBestChrom(popsize,length,parent)
max=parent(1).fitness;
nomax=1;
for i=2:popsize
    if max<parent(i).fitness
        max=parent(i).fitness;
        nomax=i;
    end
end
for i=1:length
    chrom(i)=parent(nomax).chrom(i);
end

function [ical,ts]=HitungFitnessAwal(chrom)
global slip;
Rs=chrom(1);
Xs=chrom(2);
Xm=chrom(3);
Rr=chrom(4);
Xr=chrom(5);
Zs=complex(Rs,Xs);
Zm=complex(0,Xm);
Zr=complex(Rr/slip,Xr);
Zin=Zs+Zm*Zr/(Zm+Zr);

```

```

global Vin;
Va=Vin/3^0.5;
Vc=complex(Va,0);
I1=Vc/Zin;
absI1=abs(I1);
sudI1=angle(I1);
Ndata=1000;
Ical=zeros(Ndata,1);
ts=zeros(Ndata,1);
ta=0;
f=50;
for i=1:Ndata
    wt=2*pi*f*ta;
    ts(i)=ta;
    Ical(i)=absI1*sin(wt+sudI1);
    ta=ta+0.0001;
end

function [fit]=HitungFitness(chrom)
global slip;
Rs=chrom(1);
Xs=chrom(2);
Xm=chrom(3);
Rr=chrom(4);
Xr=chrom(5);
Zs=complex(Rs,Xs);
Zm=complex(0,Xm);
Zr=complex(Rr/slip,Xr);
zin=Zs+Zm*Zr/(Zm+Zr);
global Vin;
Va=Vin/3^0.5;
Vc=complex(Va,0);
I1=Vc/Zin;
absI1=abs(I1);
sudI1=angle(I1);
Ndata=1000;
Ical=zeros(Ndata,1);
ts=zeros(Ndata,1);
ta=0;
f=50;
for i=1:Ndata
    wt=2*pi*f*ta;
    ts(i)=ta;
    Ical(i)=absI1*sin(wt+sudI1);
    ta=ta+0.0001;
end
global Imea;
fit=0;
for i=1:Ndata
    fit=fit+(Imea(i)-Ical(i))^2;
end

function [Ia]=RungeKuttaOrde4(t,Va,Req,Xeq)
Ndata=length(t);

```

```
Ia=zeros(Ndata,1);
f=50;
w=2*pi*f;
Leq=xeq/w;
for i=1:Ndata
    diti=va(i)-Req;
end
```

```

%Program Motor Differential Evolutionary

clc
%Data motor induksi
Vin=220;
global Vin;
chrom(1)=17.2;%Rs
chrom(2)=12.2;%xs
chrom(3)=212.15;%xm
chrom(4)=5.88;%Rr
chrom(5)=12.2;%xr
slip=0.025;
global slip;
[Imea,ts]=HitungFitnessAwal(chrom);
figure(1);
plot(ts,Imea);
title('Grafik Arus Pengukuran');
ylabel('Ampere');
xlabel('t (second)');
legend('I');
global Imea;
maxgen=50;
popsize=100;
length=5;
pc=0.5;
f=0.5;
batasChrom(1).min=17.2;
batasChrom(1).max=17.3;
batasChrom(2).min=12.3;
batasChrom(2).max=12.4;
batasChrom(3).min=212.1;
batasChrom(3).max=212.2;
batasChrom(4).min=5.8;
batasChrom(4).max=5.9;
batasChrom(5).min=12.3;
batasChrom(5).max=12.4;
[chrom,Min1,Avg1,Max1]=DifferentialEvolution(maxgen,popsize, ...
    length,pc,f,batasChrom);
disp(' ');
disp('Hasil Differential Evolution');
disp(' ');
disp(' PARAMETER MOTOR INDUKSI');
disp('-----');
disp([' Rs (ohm) = ' num2str(chrom(1)) ]);;
disp([' Xs (ohm) = ' num2str(chrom(2)) ]);;
disp([' Xm (ohm) = ' num2str(chrom(3)) ]);;
disp([' Rr (ohm) = ' num2str(chrom(4)) ]);;
disp([' Xr (ohm) = ' num2str(chrom(5)) ]);;
disp('-----');
ta=zeros(maxgen);
for i=1:maxgen
    ta(i)=i;
end
figure(2);
plot(ta,Min1,ta,Avg1,ta,Max1);
title('Grafik Performance Differential Evolutions');
ylabel('Fitness');
xlabel('Evaluations');
legend('Min','Avg','Max');

```

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, **"IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA PHASA MENGGUNAKAN METODE DIFFERENTIAL EVOLUTION"**.

Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum akademik yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa ITN Malang guna mengakhiri pendidikan pada jenjang strata satu jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

Atas segala bimbingan, pengarahan dan bantuan yang diberikan, sehingga tersusunnya skripsi ini, maka penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. Ir. F Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
4. Ir. Widodo Pudji M,MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ir.Djoyo Priatmono,MT selaku dosen II.
6. Kedua orang tuaku yang telah membesarkan, mendidik dan selalu mendoakanku sampai terwujud cita-citaku serta adik-adikku *thank's* ya atas doanya.
7. Rekan-rekan elektro energi listrik yang saling membantu dan saling mengisi dalam pelaksanaan skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya pada jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, Maret 2008

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2.. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Metodologi Penelitian	6
1.6. Relevansi	7
1.7. Sistematika Penulisan.....	8

BAB II KONSEP DASAR MOTOR INDUKSI TIGA PHASA

2.1. Teori Dasar Motor Induksi	9
2.2. Konstruksi Motor Induksi	10
2.2.1. Stator	10
2.2.2. Rotor.....	11

2.3. Medan Magnet Putar	11
2.4. Prinsip Kerja Motor Induksi.....	13
2.4.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor	14
2.5. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi.....	15
2.5.1. Rangkaian Ekivalen.....	15
2.5.2. Rangkaian Ekivalen Stator.....	15
2.5.3. Rangkaian Ekivalen Rotor	16
2.5.4. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi.....	18
2.6. Pengujian Motor Induksi Tiga Phasa	21
2.6.1. Pengujian Arus Searah (<i>DC Test</i>)	21
2.6.2 Pengujian Tanpa Beban (<i>No-Load Test</i>)	22
2.6.3. Pengujian Rotor Tertahan (<i>Blocked Rotor Test</i>)	24

BAB III METODE DIFFERENTIAL EVOLUTION

3.1. Umum.....	27
3.2. Konsep Dasar Differential Evolution.....	28
3.2.1. Skema DE1.....	29
3.2.2 . Skema DE 2.....	32
3.3. Himpunan DE.....	33
3.4. Penggunaan DE Secara Sederhana.....	36
3.4.1 Proses Optimasi DE	37
3.4.2 Penanganan Masalah dari metode DE	38

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1. Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga Phasa 1.1kW	41
4.1.1. Alat-alat Yang Digunakan.....	41
4.1.2. Data Pengujian Arus Searah (<i>DC Test</i>)	42
4.1.3 Data Pengujian Tanpa Beban (<i>No – Load Test</i>)	42
4.1.4. Pengujian Rotor Tertahan (<i>Blocked Rotor Test</i>)	43
4.2.1. Menghitung parameter Motor Induksi tiga phasa	43
4.2.1.1. Analisa Data Pengujian arus Searah.....	43
4.2.1..2. Analisa Data Pengujian Tanpa Beban.....	44
4.2.1.3. Dari pengujian rotor tertahan	44
4.3. Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga Phasa 0.75kW	47
4.3.1. Alat-alat Yang Digunakan.....	47
4.3.2. Data Pengujian Arus Searah (<i>DC Test</i>)	48
4.3.3 Data Pengujian Tanpa Beban (<i>No – Load Test</i>)	48
4.3.4. Pengujian Rotor Tertahan (<i>Blocked Rotor Test</i>)	49
4.4.1. Menghitung parameter Motor Induksi tiga phasa	49
4.4.1.1. Analisa Data Pengujian Arus Searah	49
4.4.1.2. Analisa Data Pengujian Tanpa Beban	50
4.4.1.3 Dari pengujian rotor tertahan	50
4.5. Algoritma Program Pemecahan Masalah Secara Umum.....	53
4.5.1 Algoritma Proses Pembentukan DE	53
4.6.Flowchart pemecahan masalah secara umum.....	54
4.6.1 Flowchart Proses DE.....	55
4.7.Hasil perbandingan DE dengan hasil pengujian.....	62

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	64
5.2. Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Konstruksi Motor Induksi	10
Gambar 2-2 Stator Tiga Phasa Motor Induksi.....	10
Gambar 2-3 Motor Induksi Rotor Belitan Dan Rotor Sangkar Bajing.....	11
Gambar 2-4 Medan Putar Pada Motor Induksi.....	12
Gambar 2-5 Rangkaian Ekivalen Stator	15
Gambar 2-6 Rangkaian Ekivalen rotor.....	17
Gambar 2-7 Rangkaian Ekivalen Motor Induksi.....	18
Gambar 2-8 Penyederhanaan Rangkaian Ekivalen Motor Induksi	19
Gambar 2-9 Rangkaian Pengujian Arus Searah (<i>DC Test</i>)	21
Gambar 2-10 Diagram Rangkaian Pengujian Tanpa Beban.....	22
Gambar 2-11 Diagram Pengujian Rotor Tertahan.....	24
Gambar 3-1 Contoh dari 2 dimensi dari suatu fungsi obyektif	30
Gambar 3-2 Ilustrasi dari proses perpindahan dari $D=7, n=2, L=3$	31
Gambar 3-3 Contoh dari 2 dimensi dari suatu fungsi obyektif	32
Gambar 3-4 Prosedur algoritma evolusi umum.....	34
Gambar 3-5 Ilustrasi contoh dari evolusi difrensial untuk obyektif tunggal... ..	35
Gambar 3-6 Prosedur pembentukan satu calon persoalan dua dimensi	39
Gambar 4-1 Flowchart Pemecahan masalah Secara Umum.....	54
Gambar 4-2 Flowchart Proses Pembentukan DE.....	55
Gambar 4-3 Hasil performance differential evolution 1.1kW.....	56
Gambar 4-4 Hasil performance DE 0.75kW.....	56
Gambar 4-5 Grafik arus pengukuran 1.1kW	57

Gambar 4-6 Grafik arus pengukuran 0.75kW.....62

DAFTAR TABEL

Tabel 4-1	Data Pengujian Arus Searah 1.1 kW	42
Tabel 4-2	Data Hasil Pengujian Beban Nol. 1.1kW.....	42
Tabel 4-3	Data Hasil Rotor Tertahan 1.1kW.....	43
Tabel 4-4	Data Hasil Perhitungan Pengujian Parameter 1.1kW.....	46
Tabel 4-5	Data Pengujian arus searah 0.75kW.....	48
Tabel 4-6	Data Hasil Pengujian Beban Nol Motor 0.75kw.....	48
Tabel 4-7	Data Hasil Rotor Tertahan 0.75 kW.....	49
Tabel 4-8	Data Hasil Perhitungan Pengujian Parameter 0.75kW.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suatu langkah mendasar dalam perancangan pengendali adalah pengidentifikasi sistem untuk mengendalikannya. Didalam pengidentifikasi sistem ,usaha yang menjadi pertimbangan telah diinventarisir tentang cara pengembangan pengidentifikasi model – model sistem dan parameter – parameternya.Secara singkat telah ada teknik analisa untuk sistem linier.Untuk sistem non – liner,kemajuan terbatas telah dibuat dengan cara menganalisis sistem yang ada.Meskipun demikian, beberapa keberhasilan telah didapatkan dengan sejumlah optimalisasi algoritma terdahulu.Suatu persoalan mendasar dari teknik tradisional terhadap ketergantungan akan anggapan yang tidak realistik seperti adanya *Landscape unimodal* ,diferentibilitas dan kelangsungan fungsi obyektif dari suatu sistem.Sebagai konsekuensinya,persoalan non – linier sering disepelekan untuk memenuhi anggapan tersebut.Hal ini berbeda dengan penggunaan algoritma evolusioner (EA) dan teknik – teknik pencarian stokastik lainnya yang memberikan harapan alternatif dibandingkan penggunaan pendekatan tradisional sebelumnya.Pertama,penggunaan algoritma evolusioner (AE) tidak didasarkan pada anggapan apa saja seperti *unimodalitas* , diferensibilitas atau kontinyuitas .Kedua , penggunaan algoritma tersebut bisa mengatasi persoalan dengan hambatan non –

linier,banyak obyek, dan waktu untuk komponen bervariasi.Ketiga,hasil yang diperoleh dari penggunaan algoritma tersebut menunjukkan kinerja superior dalam sejumlah aplikasi nyata. Suatu harapan penggunaan AE untuk pencarian secara numerik adalah algoritma evolusi diferensial (ED) yang bisa mendapatkan peningkatan perhatian semenjak Storn dan Price memperkenalkan penggunaan agoritma tersebut di tahun 1958

Dalam makalah ini, kami menyelidiki ED untuk parameter pengidentifikasi dua buah motor induksi yang dipakai Motor induksi telah diselidiki dan dijelaskan secara ekstensif dalam buku teknik untuk beberapa dekade.Dalam pembahasan tersebut,sejumlah model – model non – linier dari efek – efek kejemuhan magnetis pemakaian motor induksi. Proses pengidentifikasi pertama difokuskan pada motor induksi berdaya 1,1 Kw. dan dimodelkan tanpa menghitung terjadinya kejemuhan magnetis.Sedangkan proses pengidentifikasi kedua dilakukan pada motor induksi berdaya 0,75 kW, dimana kondisi kejemuhan dimodelkan dengan suatu fungsi dari dua parameter tersebut.Dua buah parameter ini juga dimodelkan dengan algoritma.Percobaan yang dilakukan dalam makalah ini mencoba memperbaiki percobaan sebelumnya dengan menggunakan 8 algoritma pencarian secara stokastik Penggunaan teknik algoritma tersebut terutama dipakai untuk tujuan pengendalian dan secara rekursif memperkirakan parameter – parameter lain dengan menggunakan sejumlah cara terutama dengan menggunakan Filter Kalman yang telah diperbaikiAlonge mencoba menyelidiki penggunaan motor berdaya 0,75 kW

dan menunjukkan bahwa penggunaan algoritma evolusioner GENESIS lebih baik dibandingkan cara pengepasan. Alonge menentukan nilai resistensi stator (R_s) , nilai induksi stator (L_s), kebocoran induktansi (L_e), beban motor (τ_r), berat inersi (J_m) menggunakan suatu model kondisi ruang dengan penskalaan fluks rotor. Dari hasil penyelidikan di tahun 1994, Haque menggunakan suatu model algoritma evolusioner sederhana untuk menentukan resistansi rotor (R_r), dan kombinasi dari reaktansi stator dan rotor (X_{lr}) dari data motor yang diberikan dari pembuat motor induksi Penelitian lainnya yang masih berhubungan dengan percobaan diatas adalah penyelidikan untuk menentukan beban motor.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan mengacu pada latar belakang maka permasalahan yang timbul adalah:

1. Bagaimana menerapkan aplikasi metode *Differensial Evolution* dalam mengidentifikasi parameter-parameter motor induksi tiga phasa berdasarkan data pengukuran.
2. Bagaimana membandingkan respon ketergantungan waktu system dan parameter oleh suatu aturan atau kriteria yang diberikan dari hasil pemkuran motor . Sehingga skripsi ini mengambil judul:

**“ IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA PHASA
MENGGUNAKAN METODE *EVOLUTION DIFFERENTIAL* DI
LAB.KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG”**

1.3.Tujuan Pembahasan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

- 1.Untuk mengidentifikasi parameter motor induksi tiga phasa menggunakan metode *Differensial Evolution* di lab.konversi energi elektrik ITN Malang.
- 2.Untuk mengaplikasikan metode *Differensial Evolution* dalam mengidentifikasi parameter dua motor induksi tiga phasa .

1.4. Batasan Masalah

Permasalahan dalam motor induksi tiga phasa adalah merupakan permasalahan yang luas, sehingga dalam menganalisa suatu permasalahan perlu diadakan pembatasan-pembatasan yang sesuai dengan permasalahan tersebut.

Didalam penulisan skripsi ini pembatasan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Analisis dilakukan pada Motor Induksi Tiga Phasa Rotor sangkar DE LORENZO/DL1022, 1,1 kW, ,220/380 (Δ/Y) Volt, 4,3/2,5 (Δ/Y) Ampere, $\cos \phi$ 0,83, 50 Hz, 2820, 2 kutup.Dan Motor Induksi Tiga phasa 0,75 kW 220/380 (Δ/Y) Volt,2 (Δ/Y)Ampere, $\cos\phi$ 0,85,50Hz,2930 r/min.
2. Pembahasan hanya ditekankan pada analisis parameter-parameter motor induksi tiga phasa dengan menggunakan Metode *Differensial Evolution*.
3. Tidak membahas pengasutan motor induksi.
4. Melakukan perhitungan parameter motor induksi tiga phasa dan perhitungan Metode *Differensial Evolution*.
5. Pengujian dilakukan di Lab. Konversi Energi Elektrik ITN Malang.

1.5. Metode Pemecahan Masalah

- **Studi Literatur**

Pengumpulan referensi untuk pembahasan pada skripsi ini yaitu dengan mempelajari teori yang terkait dengan pembahasan melalui literature yang sesuai.

- **Pengambilan Data**

Memperoleh data sebagai acuan dalam melengkapi parameter – parameter yang digunakan untuk menganalisa masalah.

- **Analisa Data**

Melakukan analisis identifikasi parameter dari rangkaian equivalen dengan menggunakan metode *Diferensial Evolution* berupa (Rs),(Rr),(Ls),(Lr),Lm) dengan bantuan Matlab 6.0.

- **Menarik Kesimpulan.**

1.6 Relevansi

Bahwa sistem identifikasi parameter motor induksi mempunyai peranan yang sangat penting. Sehingga diharapkan dengan menggunakan *Evolution Differensial* (ED) ini menjadi alternatif dalam mengidentifikasi parameter motor induksi sehingga dapat membuat sistem pengendalian yang lebih produksif, ekonomis dan bermanfaat lebih bagi industri – industri yang ada.

1.7 sistematika penulisan

Skripsi ini dibagi menjadi lima bab, yaitu :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi dan sistematik penulisan serta relevansinya.

BAB II : KONSEP DASAR MOTOR INDUKSI

Membahas tentang teori dasar mengenai motor induksi, konstruksi, prinsip kerja motor induksi, rangkaian ekivalen dan pengujian motor induksi tiga phasa.

BAB III : TEORI DASAR EVOLUTION DIFFERENSIAL DAN APLIKASI

PADA MOTOR INDUKSI TIGA PHASA

Berisikan tentang teori dasar *Evolution Differentiai*, algoritma program dan penerapannya pada Identifikasi Parameter motor induksi tiga phasa.

BAB IV : SIMULASI DAN ANALISIS

Membahas tentang analisa data pengujian yang digunakan motor induksi tiga phasa, flowchart program, hasil identifikasi parameter dan perbandingan hasil pengujian dengan program *Differensial Evolution*.

BAB V : PENUTUP

Berisikan kesimpulan dan saran sesuai dengan analisa yang dilakukan.

BAB II

KONSEP DASAR MOTOR INDUKSI TIGA PHASA

2.1. Teori Dasar Motor Induksi.^[5]

Motor arus bolak-balik (Motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus bolak-balik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, dimana tenaga gerak ini berupa perputaran pada motor. Salah satu jenis motor AC ini adalah motor induksi atau motor tak serempak.

Disebut motor tak serempak karena putaran motor tidak sama dengan putaran fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip.

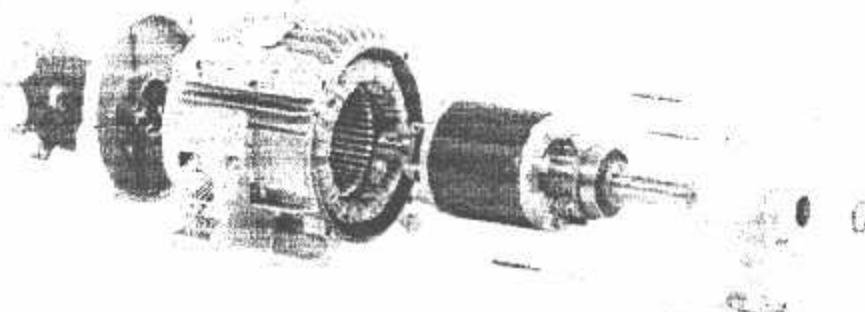
Motor induksi *polyphase* banyak dipakai dikalangan industri. Ini berkaitan dengan beberapa keuntungannya.

Keuntungan :

1. Sangat sederhana dan daya tahan kuat (konstruksi hampir tak pernah mengalami kerusakan, khususnya tipe rotor sangkar bajing).
2. Harga relatif murah dan perawatan mudah.
3. Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputar normal, tidak dibutuhkan sikat dan karenanya rugi daya yang ditimbulkan dapat dikurangi.

2.2. Konstruksi Motor Induksi ^[4]

Konstruksi motor induksi terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2-1 di bawah ini :

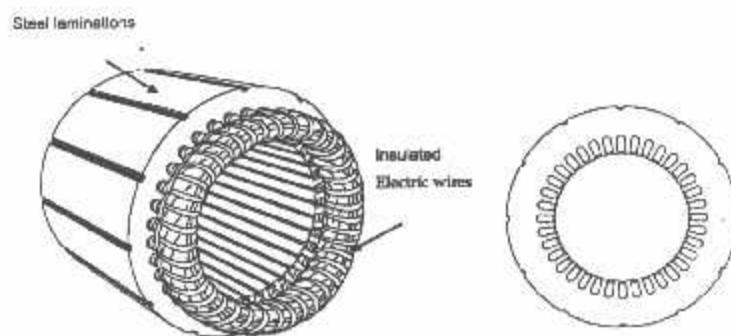


Gambar 2-1 : Konstruksi Motor Induksi ^[4]

2.2.1. Stator ^[4]

Pada dasarnya konstruksi stator pada motor induksi mempunyai bentuk fisik yang sama dengan mesin sinkron, yang terdiri dari :

- Rumah stator terbuat dari besi tuang.
- Inti stator dari besi atau baja silikon.
- Alur dan gigi materialnya sama dengan inti, alur tempat meletakan belitan.
- Belitan stator dari tembaga.



Gambar 2-2: Stator Tiga-Phasa Motor Induksi ^[4]

2.2.2. Rotor^[2]

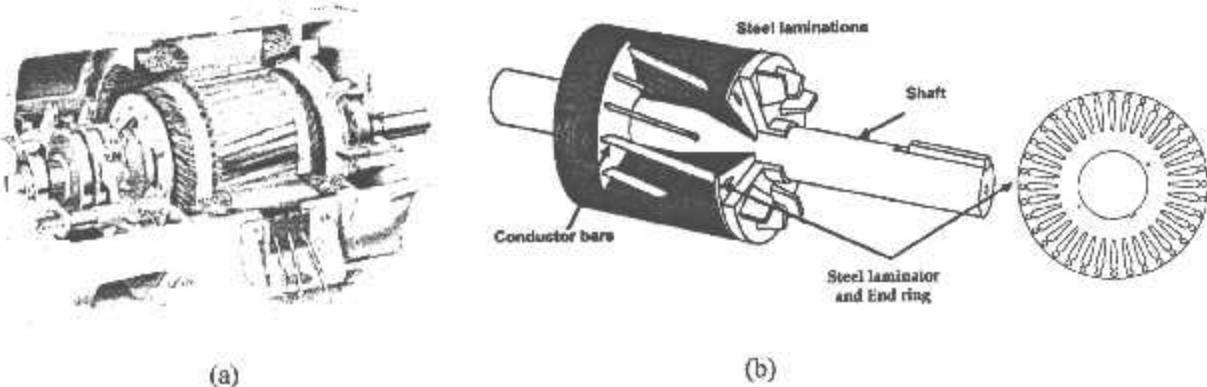
Konstruksi dari rotor motor induksi mempunyai dua bentuk, yaitu :

1. Rotor Belitan (*wound rotor/ rotor slip ring*).

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga-fasa sama seperti kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama.

2. Rotor Sangkar Bajing (*squirrel cage rotor*).

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar tupai.

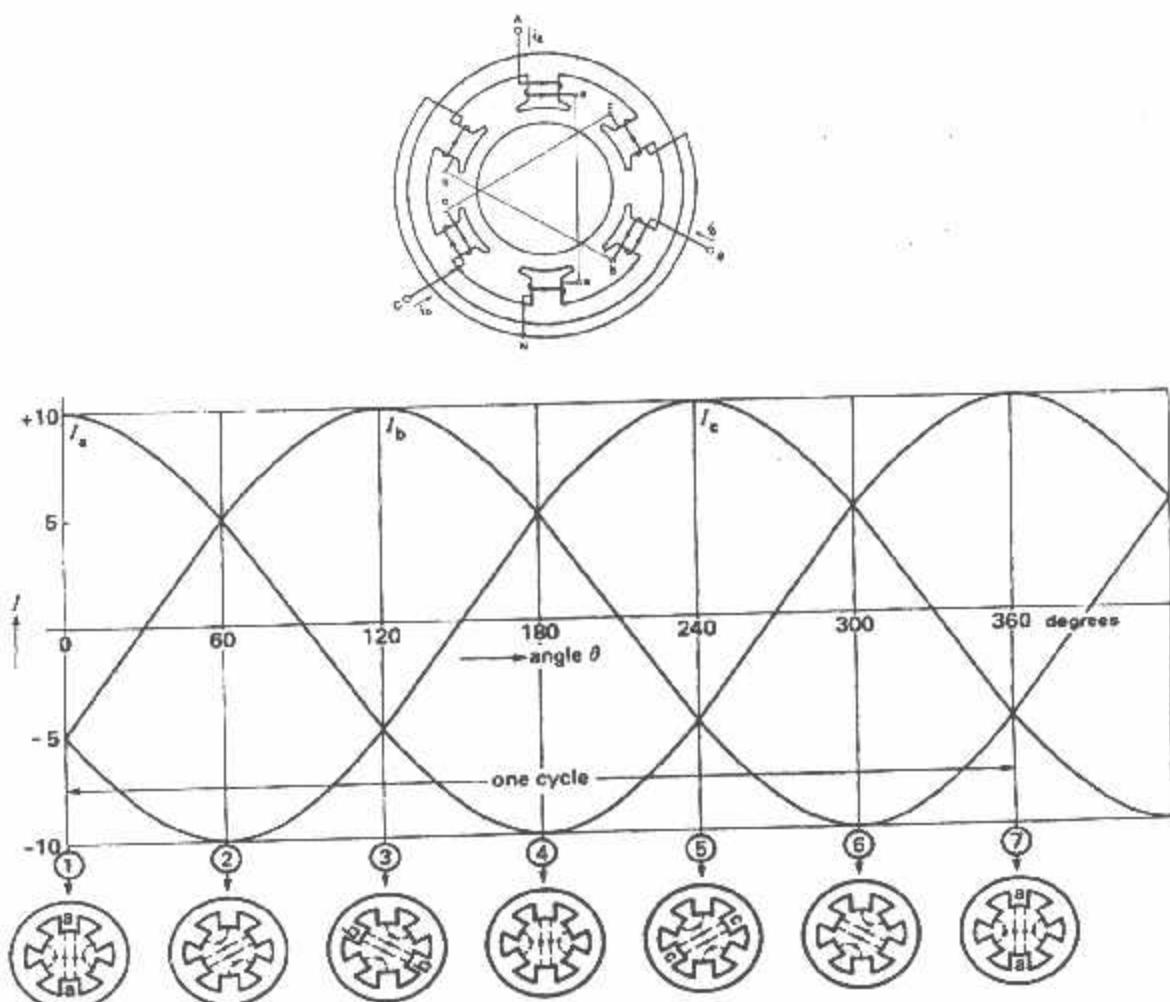


Gambar 2-3 : a) Motor Induksi Rotor Belitan^[4]
b) Rotor Sangkar Bajing^[4]

2.3. Medan Putar^[2]

Perputaran motor pada mesin arus bolak-balik ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam phasa

banyak, umumnya tiga phasa. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta.



Gambar 2-4 : Medan Putar Pada Motor Induksi ^[4]

Medan putar terjadi apabila kumparan A-a, B-b, C-c dihubungkan tiga phasa dengan beda phasa masing-masing 120° (gambar 2-4a) dan dialiri arus sinusoida. Distribusi i_a , i_b , i_c sebagai fungsi waktu adalah seperti gambar 2-4b. Pada keadaan t_1 , t_2 , t_3 dan t_4 fluks resultan yang ditimbulkan oleh kumparan tersebut masing-masing adalah seperti gambar 2-4c, d, e dan f.

2.4. Prinsip Kerja Motor Induksi [2]

Ada beberapa prinsip kerja motor induksi .

1. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasang pada kumparan stator , timbulah medan putar dengan kecepatan : $n_s = \frac{120}{p} f$
2. Medan putar tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor .
3. Akibatnya pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi (GGL).
4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup , ggl (E) akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus I di dalam medan magnet menimbulkan gaya F pada rotor .
6. Bila kopel mula yang di hasilkan oleh gaya F pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban , rotor akan berputar searah dengan medan putar stator .
7. Seperti telah di jelaskan pada (3) , tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor / rotor oleh medan putar stator . Artinya agar tegangan terinduksi di perlukan adanya perbedaan relative antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r)
8. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s di sebut Slip S di nyatakan dengan ;

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$$

9. Bila $n_r = n_s$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor , dengan demikian tidak di hasilkan kopel .
Kopel motor akan ditimbulkan apabila n_r lebih kecil dari n_s .

2.4.1. Slip dan Frekuensi Arus Rotor^[2]

Slip diidentifikasi sebagai bagian dari kecepatan sinkron n_s dan kecepatan aktual rotor n_r . Slip dirumuskan sebagai berikut :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

Pada keadaan diam medan magnet putar yang dihasilkan oleh stator mempunyai kecepatan relatif yang sama dengan kumparan rotor. Pada saat ini frekuensi dari arus rotor sama dengan frekuensi stator ($f_r = f_s$). Frekuensi rotor f_r adalah nol ketika motor berputar pada kecepatan sinkron. Pada saat tersebut tidak terdapat gerakan (putaran) relatif antara medan putar dan rotor. Pada kecepatan yang lain, frekuensi rotor proporsional dengan slip (s). Hubungan antara slip dan frekuensi dapat dilihat dari persamaan berikut ini :

$$n_s = \frac{120f_s}{p} \text{ atau } f_s = \frac{p.n_s}{120} \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

dimana : p = jumlah kutub

f_s = frekuensi stator

Pada rotor berlaku hubungan :

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{(n_s - n_r)p}{120} = \frac{(n_s - n_r)n_s p}{n_s 120} \dots \dots \dots \quad (2.3) \\ s &= \frac{n_s - n_r}{n_s} \text{ dan } f_s = \frac{p.n_s}{120} \end{aligned}$$

$$\text{Maka : } f_r = s.f_s \dots \dots \dots \quad (2.4)$$

2.5. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

2.5.1. Rangkaian Ekivalen

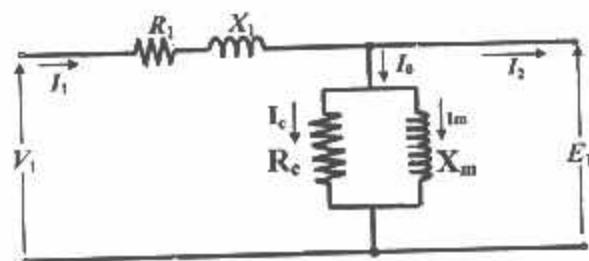
Suatu rangkaian ekivalen motor induksi tiga phasa diperlukan untuk membantu analisis operasi dan untuk memudahkan penghitungan kinerja. Rangkaian ekivalen tersebut mengasumsikan suatu bentuk yang identik rangkaian ekivalen transformator. Oleh karena itu motor induksi dapat dipandang sebagai transformator yang mempunyai ciri-ciri khusus yaitu :

1. Stator sebagai sisi primer.
2. Rotor sebagai sisi sekunder yang penghantar-penghantarnya dihubungkan singkat dan berputar.

2.5.2. Rangkaian Ekivalen Stator

Apabila kumparan stator diberikan tegangan catu dari jala-jala sebesar V_1 , maka akan mengalir arus putar tiga phasa pada kumparan stator yang membangkitkan medan magnet tiga phasa. Arus stator (I_1) bercabang menjadi dua komponen arus yaitu :

1. Komponen arus beban (I_2)
2. Komponen arus eksitasi (I_0)



Gambar 2-5 : Rangkaian Ekivalen Stator ^{[2][3]}

Dimana :

- V_1 = tegangan terminal
 R_1 = resistansi kumparan
 X_1 = reaktansi bocor kumparan
 E_1 = tegangan induksi (ggl)
 R_c = resistansi tembaga
 X_m = reaktansi magnetisasi

2.5.3. Rangkaian Ekivalen Rotor

Pada saat rotor diam, medan putar stator akan memotong batang konduktor rotor dengan kecepatan putar sinkron (n_s), sehingga frekuensi arus rotor sama dengan frekuensi arus stator ($f_s = f_r$) dan slip sama dengan satu ($s=1$). Dengan mengetahui bahwa frekuensi arus / tegangan rotor adalah frekuensi slip, maka reaktansi bocor rotor (*leakage reactance*) adalah :

$$X_2 = sX_1 \dots \quad (2.5)$$

$$X_2 = 2\pi f_s L_2 \dots \quad (2.6)$$

dimana X_2 merupakan reaktansi rotor pada start atau diam.

Tegangan induksi pada rotor :

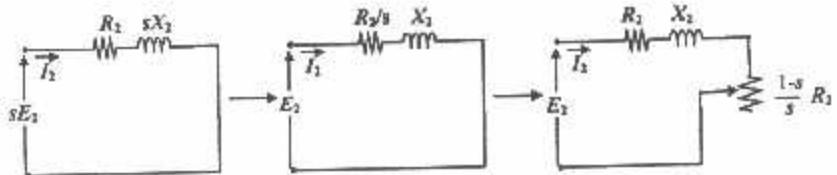
$$E_2 = 4,44f_2N_2\Phi_m \dots \quad (2.7)$$

$$f_2 = sf_1$$

$$sE_2 = 4,44sf_1N_2\Phi_m \dots \quad (2.8)$$

Dengan memasukkan persamaan (2.7) ke (2.8) maka didapat persamaan :

$$E_2 = sE_2 \dots \quad (2.9)$$



Gambar 2-6: Rangkaian Ekivalen Rotor [2]

Dimana :

S = Slip

E_2 = tegangan induksi pada saat rotor dalam keadaan diam

R_2 = resistansi kumparan rotor

X_2 = reaktansi bocor rotor

Berdasarkan persamaan (2.5) dan (2.9) maka diperoleh rangkaian ekivalen rotor seperti pada gambar 2-6.

Besar arus rotor (I_2) saat berputar adalah :

$$I_2 = \frac{sE_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.10)$$

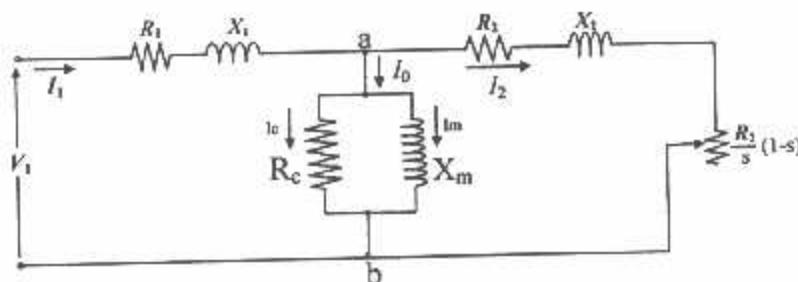
Atau

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} \quad \dots \dots \dots \quad (2.11)$$

2.5.4. Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

Kerja motor induksi seperti juga kerja pada transformator adalah berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Oleh karena itu motor induksi dipandang sebagai transformator yang mempunyai ciri-ciri khusus, yaitu :

1. Stator sebagai sisi primer
2. Rotor sebagai sisi sekunder yang pengantar-penghantarnya dihubungkan singkat dan berputar
3. Kopling antara sisi primer dan sisi sekunder dipisahkan oleh celah udara (*air gap*).



Gambar 2-7 : Rangkaian Ekivalen Motor Induksi ^{[2][5]}

Rangkaian tersebut memperlihatkan bahwa daya keseluruhan yang dialihkan pada celah udara dari stator (masukan daya ke rotor) adalah :

$$P_2 = 3I_2^2 \frac{R_2}{s} \quad \dots \dots \dots \quad (2.12)$$

Dengan rugi tembaga rotor :

$$P_{cu2} = 3I_2^2 R_2 \quad \dots \dots \dots \quad (2.13)$$

Maka daya mekanis yang dibangkitkan oleh motor induksi adalah :

$$P_m = P_2 - P_{cu2} = 3I_2^2 \frac{R_2}{s} - 3I_2^2 R_2 = 3I_2^2 R_2 \frac{(1-s)}{s} \quad (2.14)$$

$$P_m = T \cdot \omega_r = T \cdot \omega_s(1-s) \quad (2.15)$$

dimana :

T = Torsi motor dalam N-m

ω_r = kecepatan rotor dalam rad/det

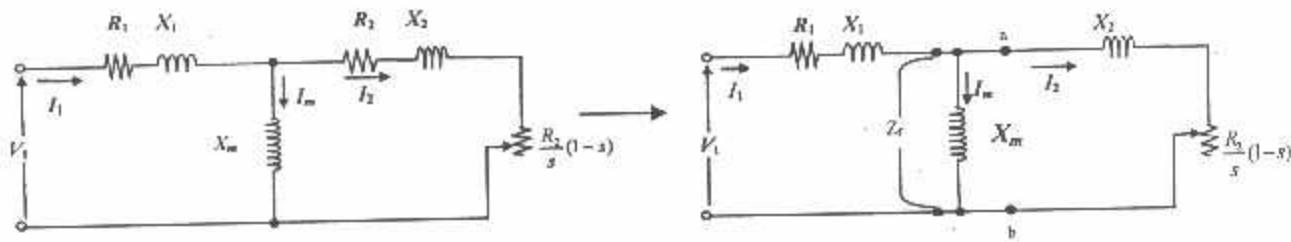
ω_s = kecepatan sinkron stator dalam rad/det

sehingga diperoleh :

$$T = \frac{3}{\omega_s} I_2^2 \frac{R_2}{s} \text{ Nm} \quad (2.16)$$

$$I_2 = \frac{V_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2)^2}} \quad (2.17)$$

Dalam analisis rangkaian ekivalen, sering disederhanakan dengan menghilangkan konduktansi (R_c), sehingga rangkaian ekivalen pada gambar (2.7) berubah menjadi :



Gambar 2-8 : Penyederhanaan Rangkaian Ekivalen Motor Induksi ^{[3][5]}

Daya masukan (P_{in}) pada rangkaian ekivalen adalah :

$$P_{in} = 3(I_1^2) \frac{R_r}{S} \text{ watt} \quad \dots \dots \dots \quad (2.18)$$

Daya Keluaran (P_{out}) pada rangkaian ekivalen adalah :

$$P_{out} = T \frac{4\pi f}{p} (1-s) \text{ watt} \quad \dots \dots \dots \quad (2.19)$$

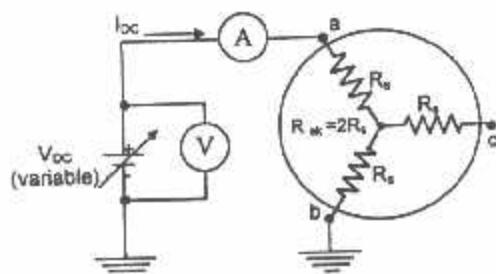
Efisiensi(η) didapat dari persamaan :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (2.20)$$

2.6. Pengujian Motor Induksi Tiga Phasa

2.6.1. Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Tujuan dari pengujian arus searah (*DC Test*) adalah untuk menentukan nilai resistansi stator. Diagram pengukuran ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2-10 : Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Kumparan stator terhubung bintang (Y) dan bila sumber DC disuplai melalui dua kumparan (kumparan a dan b), dengan kumparan ke tiga (kumparan c) dalam keadaan terbuka (*open circuit*), maka nilai dari resistansi ekivalen (R_{ekv}) :

$$R_{ekv} = 2R_s \Omega \quad \dots \dots \dots \quad (2.21)$$

untuk nilai resistansi kumparan a dan b :

$$R_{ab} = R_{ekv} = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} \Omega \quad \dots \dots \dots \quad (2.22)$$

Dan nilai resistansi stator per phasa, R_s :

$$R_s = \frac{R_{ekv}}{2} \Omega/\text{phasa} \quad \dots \dots \dots \quad (2.23)$$

Dalam pengujian arus searah dijaga agar arus DC (I_{DC}) tidak melampaui nilai dari arus nominal motor induksi.

Reaktansi diri stator :

$$X_{ss} = X_s + X_m = X_{tb}$$

Dimana:

I_{tb} = arus tanpa beban

P_{tb} = masukan daya ke stator pada keadaan tanpa beban

P_{rot} = rugi-rugi putaran tanpa beban

Tahanan inti adalah :

$$R_C = \frac{V_{tb}^2}{P_{tb}}$$

Resistansi tanpa beban adalah :

$$R_{tb} = R_1 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.28)$$

Impedansi tanpa beban adalah :

$$Z_{tb} = \frac{V_{tb}}{\sqrt{3} I_{tb}} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.29)$$

$$Z_{tb} = R_{tb} + j X_{tb} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.30)$$

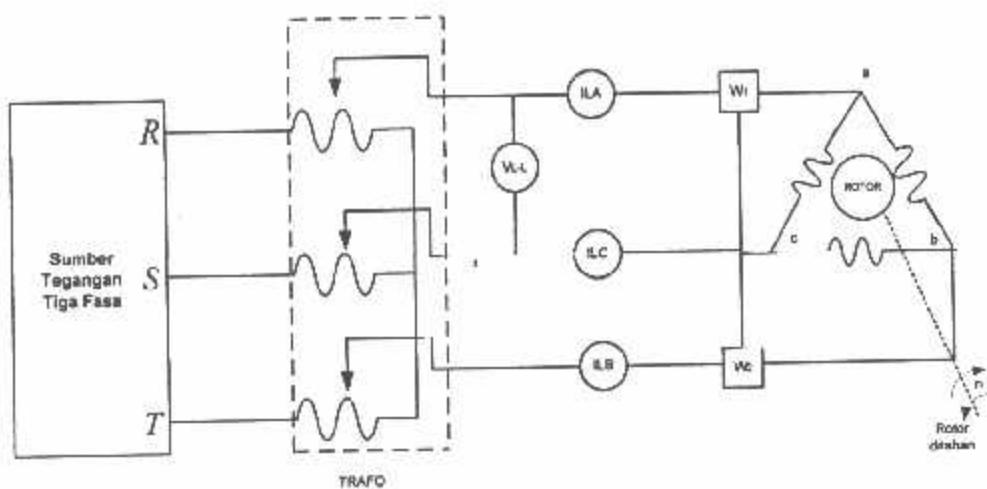
Reaktansi tanpa beban adalah :

$$X_{tb} = \sqrt{Z_{tb}^2 - R_{tb}^2} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.31)$$

$$X_m = X_{tb} - X_1 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.32)$$

2.6.3. Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)

Tujuan pengujian rotor tertahan adalah untuk menentukan resistansi rotor pada motor induksi. Pada saat pengujian ini perputaran rotor motor induksi dikunci / diblok sehingga slip(s) sama dengan satu. Suplai tegangan tiga phasa motor induksi adalah tegangan yang nilainya di bawah tegangan nominalnya, yakni tegangan yang dapat menghasilkan arus nominalnya. Sebagai pendekatan, diasumsikan bahwa arus pemagnetan (I_m) cukup kecil akibat penurunan suplai tegangan serta motor dalam keadaan tidak berputar ($s=1$) sehingga rugi-rugi inti dapat diabaikan.



Gambar 2-12 : Diagram Pengujian Rotor Tertahan

$P_{3-\phi}$, daya total yang terukur dari W_a dan W_b :

$$P_{3-\phi} = W_1 + W_2 \text{ watt.....(2.33)}$$

Daya total tiga-phasa merupakan rugi-rugi tembaga stator dan rotor, karena motor tidak berputar maka rugi-rugi inti diabaikan.

BAB III

METODE DIFFERENTIAL EVOLUTION

3.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai konsep dasar *Differensial Evolution*, dan prinsip pengendaliannya pada sistem tenaga listrik, khususnya pada pengaturan kecepatan motor induksi. Sistem tenaga listrik merupakan sistem yang kompleks, dan sangat sulit untuk memodelkannya dalam suatu model matematis yang akurat, hal ini menyebabkan sistem tenaga listrik sangat cocok untuk diterapkan dengan menggunakan pengendali berbasis *Differensial Evolution*.

Konsep *Differensial Evolution* pertama kali diperkenalkan oleh Storn dan Price di tahun 1996. Teori dan aplikasinya terus dikembangkan dan dikembangkan untuk mengoptimalkan parameter riil, fungsi-fungsi nilai riil.

Differensial Evolution (DE) memiliki kelebihan yaitu mempunyai Optimalisasi secara umum yang diperlukan dalam bidang rekayasa, statistik dan keuangan. Namun sejumlah persoalan praktis mempunyai fungsi-fungsi obyektif yang bersifat non difrensial, non-kontinyu, non-linier, kacau, rata, multi-dimensi atau mempunyai beberapa minimal lokal serta mempunyai hambatan yang bersifat stokastik. Persoalan-persoalan tersebut sulit diselesaikan atau malah tidak mungkin untuk diselesaikan secara analitis. ED bisa dipakai untuk menemukan penyelesaian semacam itu. dan selanjutnya akan di bahas dalam bab berikutnya.

3.2. Differential Evolution

Evolusi Difrensial (ED) adalah suatu metode pencarian pararel secara langsung yang melibatkan parameter vektor NP : X_{iG} i= 0, 1, 2, ...,NP-1 dan merupakan sebuah algoritma yang memecahkan problem riil didasarkan pada prinsip-prinsip evolusi natural.Optimalisasi secara umum diperlukan dalam bidang rekayasa,statistik dan keuangan.Namun sejumlah persoalan praktis mempunyai fungsi – fungsi obyektif yang bersifat non difrensial,non- kontinyu,non – linier,kacau,rata,multi- dimensi atau mempunyai beberapa minimal lokal,mempunyai hambatan atau bersifat stokastik.Persoalan – persoalan tersebut sulit diselesaikan atau malah tidak mungkin untuk diselesaikan secara analitis.ED bisa dipakai untuk menemukan penyelesaian semacam itu.Stokastik, populasi yang didasarkan pada pengoptimalan algoritma yang Diperkenalkan oleh Storn dan Price di tahun 1996 dan dikembangkan untuk mengoptimalkan paramater riil, fungsi- fungsi nilai riil. Perumusan persoalan secara umum :

Untuk suatu fungsi obyektif $f : X \subseteq \mathbb{R}^D \rightarrow \mathbb{R}$ dimana kawasan *feasible* $X \neq \emptyset$, minimisasi persoalan untuk menemukan

$x^* \in X$ seperti pada fungsi $f(x^*) \leq f(x) \forall x \in X$

dimana : $f(x^*) \neq -\infty$

suatu populasi untuk setiap pembangkitan G. NP tidak berubah selama proses minimalisasi.Populasi awal yang dipilih secara acak dilakukan jika tidak mengetahui mengenai sistem. Kita mengasumsikan suatu distribusi probabilitas seragam untuk semua keputusan acak kecuali jika ditetapkan sebelumnya.Dalam kasus penyelesaian utama dimana populasi awal dibangkitkan dengan menambahkan deviasi distribusi acak terhadap penyelesaian nominal $\underline{x}_{nom,0}$.Ide dibelakang penggunaan metode ED

adalah suatu skema baru untuk membangkitkan vektor – vektor parameter percobaan. ED membangkitkan vektor berparameter baru dengan menambahkan beban vektor berbeda antara dua anggota populasi terhadap anggota ketiga. Jika nilai vektor mempunyai nilai fungsi obyektif lebih rendah dari jumlah populasi pra penentuan, maka diperlukan pembangkitan vektor baru untuk menggantikan vektor yang akan dibandingkannya. Perbandingan vektor bisa dilakukan, namun tidak menjadi bagian dari proses pembangkitan seperti proses yang disebutkan diatas. Dengan menambahkan vektor $\underline{x}_{\text{terbaik},G}$ terbaik yang dievaluasi untuk setiap pembangkitan G untuk mendapatkan jalur yang tetap dari perubahan yang dibuat selama proses minimalisasi. Diperlukan jarak pengekstrakan dan informasi langsung dari populasi untuk membangkitkan hasil deviasi acak skema adaptif dengan unsur konvergensi terbaik. Kami mencoba beberapa variasi ED, dua variasi yang paling bisa diterapkan akan dibahas berikut ini :

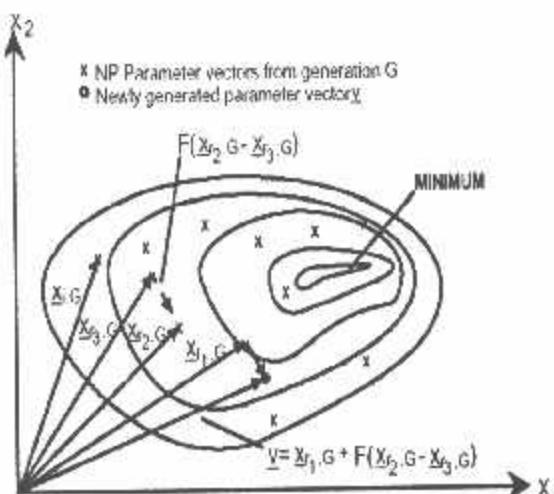
3.2.1. SKEMA ED 1

Variasi pertama dari metode ED dioperasikan sebagai berikut : untuk setiap vektor $\underline{x}_{i,G}$, $i = 0, 1, 2, \dots, NP-1$, suatu vektor perbaikan \underline{y} dibangkitkan berdasarkan persamaan

$$\underline{y} = \underline{x}_{r_1,G} + F \cdot (\underline{x}_{r_2,G} - \underline{x}_{r_3,G}), \quad \dots \dots \dots \quad (3.1)$$

dengan $r_1, r_2, r_3 \in [0, NP-1]$, integer and mutually different and $F > 0$

Bilangan bulat r_1, r_2 dan r_3 dipilih secara acak dari interval $[0, NP-1]$ dan dipilih berbeda mulai dari indeks i. F adalah bilangan pecahan dan faktor konstan yang mengendalikan penguatan dari variasi berbeda ($\underline{x}_{r_2,G} - \underline{x}_{r_3,G}$). Gambar 3.1 menunjukkan contoh dua dimensi yang mengilustrasikan vektor – vektor berbeda yang berperan sebagai bagian dari ED 1.



Gbr .3.1. Contoh dua dimensi dari suatu fungsi obyektif yang menunjukkan garis – garis konturnya dan proses untuk pembangkitan y dalam skema ED 1.

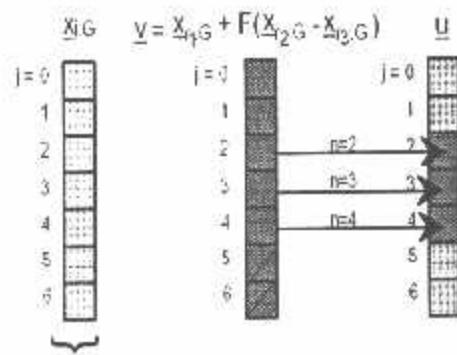
Untuk maksud meningkatkan keaneka ragaman dari parameter vektor, maka vektor tersebut dituliskan sebagai berikut

$$\underline{u} = (u_1, u_2, \dots, u_D)^T \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$$u_j = \begin{cases} v; & \text{for } j = \langle n \rangle_D, \langle n+1 \rangle_D, \dots, \langle n+L-1 \rangle_D \\ (X_i, G); & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

Dibentuk dari tanda kurung kurawal yang menandakan fungsi modulo dengan modulus D . Suatu deret berisikan elemen – elemen vektor dari vektor \underline{u} yang identik dengan elemen dari vektor \underline{y} , sedangkan elemen – elemen lainnya dari vektor \underline{u} memperoleh nilai awal dari vektor X_i, G . Dengan memilih suatu sub-kelompok parameter untuk perpindahan yang dikenal dengan proses perpindahan dalam teori evolusi. Ide penggunaan metode tersebut diilustrasikan dalam Gambar.2 untuk $D = 7$, $n = 2$ dan $L = 3$. Indeks awal n dalam persamaan (15) secara acak memilih nilai bilangan bulat dari

kisaran $[0, D-1]$. Bilangan bulat L digambarkan dari kisaran $[0, D-1]$ dengan kemungkinan $\Pr(L=v) = (CR)^v \cdot CR \in [0,1]$ yang merupakan kemungkinan perpindahan dan menggantikan suatu variabel kendali untuk skema ED - 1. Pemilihan acak untuk n dan L dibuat untuk setiap vektor percobaan \underline{y} .



Parameter vector containing the parameters $x_j, j=0, 1, \dots, D-1$

Gbr. 3.2.. Ilustrasi dari proses perpindahan untuk $D = 7$, $n = 2$ dan $L = 3$.

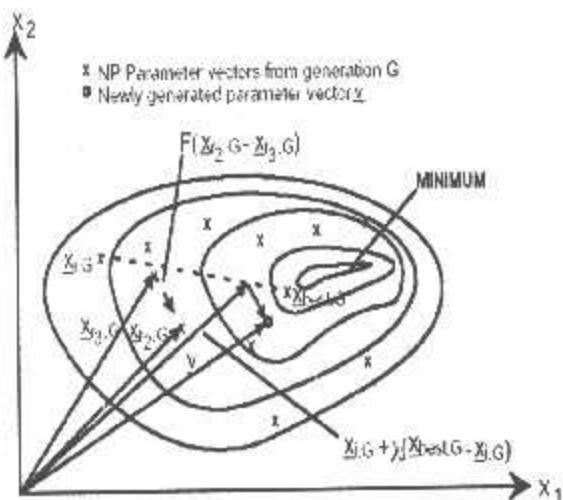
Dengan maksud untuk menentukan vektor baru \underline{y} yang akan menjadi anggota kelompok dari pembangkitan $G+1$, maka keberadaan vektor baru tersebut bisa dibandingkan dengan vektor $\underline{x}_{i,G}$. Jika nilai vektor \underline{y} lebih kecil dari nilai fungsi obyektif dibandingkan dengan nilai vektor $\underline{x}_{i,G}$, $\underline{x}_{i,G+1}$ yang diatur untuk vektor \underline{y} , dengan nilai $\underline{x}_{i,G}$ yang tertahan. DE menggunakan populasi P ukuran N_p , terbentuk dari titik mengambang yang mengkode individual dimana melibatkan generasi G untuk mencapai solusi optimal. masing-masing individual X adalah vektor yang berisi banyak parameter sebagaimana halnya variabel-variabel problem keputusan D . ukuran populasi N_p adalah sebuah parameter kontrol yang dipilih oleh user dan ini tetap konstan pada seluruh proses optimasi.

3.2.2 SKEMA ED 2

Secara mendasar , prinsip kerja skema ED 2 mempunyai langkah kerja yang sama dengan skema ED 1 namun proses pembangkitan vektor \underline{y} didasarkan pada persamaan berikut :

$$\underline{y} = \underline{x}_{i,G} + \lambda \cdot (\underline{x}_{best,G} - \underline{x}_{i,G}) + F \cdot (\underline{x}_{i_2,G} - \underline{x}_{i_1,G}), \dots \quad (3.4)$$

Dengan memperkenalkan suatu variabel kendali λ tambahan .Ide dibelakang variabel λ bisa untuk memberikan maksud untuk meningkatkan penggunaan skema dengan memakai vektor arus $\underline{x}_{terbaik,G}$.Fasilitas vektor terbaik tersebut bisa dipakai untuk fungsi obyektif non – kritis. Pada gambar 3.4 mengilustrasikan proses pembangkitan vektor yang didefinisikan dengan persaaan (3.4).Konstruksi vektor \underline{u} dari vektor \underline{y} dan $\underline{x}_{i,G}$ seperti halnya proses yang dilakukan dengan menggunakan skema ED 1.



Gbr.3.3. Contoh dua dimensi dari suatu fungsi obyektif yang menunjukkan garis – garis konturnya dan proses untuk pembangkitan \underline{y} dalam skema ED 2.

3.3. Himpunan DE

Satu himpunan D dari parameter – parameter optimalisasi, yang disebut suatu parameter individu yang diwakili dengan suatu vektor dimensional –D. Suatu populasi yang terdiri dari vektor – vektor parameter dimensional NPD $x_{i,G}$, $i = 1, 2, \dots, NP$ untuk setiap pembangkitan G. Tiga buah operasi *mutation*, *crossover*, dan *selection* dijelaskan sebagai berikut:

Mutation:

Untuk setiap vektor target $x_{i,G}$, suatu vektor *mutant* yang dibangkitkan sesuai dengan $v_{i,G+1} = x_{r_1,G} + F \cdot (x_{r_2,G} - x_{r_3,G})$, secara acak memilih indeks $r_1, r_2, r_3 \in \{1, 2, \dots, NP\}$. Sebagai catatan bahwa indeks – indeks yang ada harus berbeda dari yang lain dan harus berbeda pula dengan indeks i. Oleh karena itu, jumlah dari parameter vektor dalam suatu populasi harus sedikitnya berjumlah empat. F adalah suatu bilangan riil dan faktor konstan $\in [0, 2]$ yang mengendalikan penguatan dari vektor berbeda $\cdot (x_{r_2,G} - x_{r_3,G})$.

Sebagai catatan terjadi perbedaan yang lebih kecil antara parameter induk r_2 dan r_3 , perbedaan vektor yang lebih kecil menyebabkan terjadi gangguan. Hal tersebut berarti apabila populasi mendapatkan hasil mendekati nilai optimal, panjang langkah secara otomatis mengalami penurunan. Hal ini serupa dengan pengendali ukuran langkah yang ditemukan dalam strategi evolusi standar.

Crossover :

Vektor target yang dicampur dengan vektor mutasi dengan menggunakan skema berikut untuk hasil vektor percobaan $u_{i,G+1} = (u_{1,i,G+1}, u_{2,i,G+1}, \dots, u_{D,i,G+1})$ dimana:
 $(u_{j,i,G+1}, u_{2,i,G+1}, \dots, u_{D,i,G+1})$ where

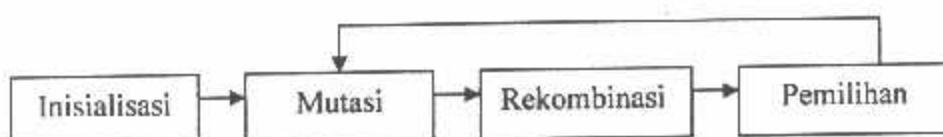
$$u_{j,i,G+1} = \begin{cases} r_{j,i,G+1} & \text{if } (r(j) \leq CR) \text{ or } j = rn(i) \\ x_{j,i,G} & \text{if } (r(j) > CR) \text{ and } j \neq rn(i) \end{cases} \quad (3.5)$$

Untuk $j = 1, 2, \dots, D$, $r(j) \in [0, 1]$ yang merupakan evaluasi ke – j dari suatu pembangkit nomer acak seragam. CR adalah *cross over* konstan $\in [0, 1]$. $CR = 0$ yang berarti tidak ada *cross over*. $Rn(i) \in (1, 2, \dots, D)$ yang secara acak memilih indeks untuk memastikan bahwa $u_{1,i,G+1}$ mendapatkan sedikitnya satu elemen dari $v_{1,i,G+1}$. Cara lainnya dengan tidak adanya vektor induk baru yang diproduksi dan populasi yang tidak akan berubah.

Selection :

Suatu skema pemilihan "secara berlebihan" juga dipakai. Jika hanya hasil vektor percobaan menghasilkan suatu fungsi biaya yang lebih baik dibandingkan dengan parameter vektor $x_{i,G}$ yang diterima sebagai suatu parameter vektor yang baru untuk pembangkitan $G+1$. Dengan cara lain, vektor target diperuntukkan untuk suatu vektor induk untuk pembangkitan $G+1$ sekali lagi. Terdapat tiga parameter strategi bersama : NP : Jumlah anggota dalam suatu populasi, F : faktor penguatan dari vektor berbeda, CR : *cross over* konstan.

Algoritma ED mempunyai kelas yang termasuk kedalam kelas Algoritma Genetika, Strategi Evolusioner dan Pemrograman Evolusioner



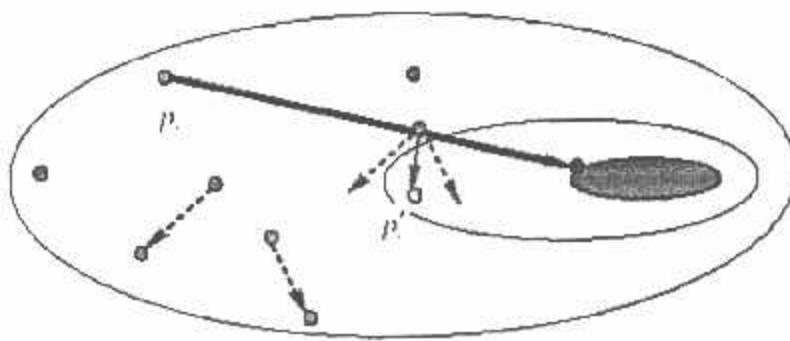
Gambar 3.4. Prosedur Algoritma Evolusi Umum

Algoritma yang mengikuti prosedur umum dari suatu algoritma evolusioner : suatu populasi awal yang dihasilkan dengan pencuplikan acak dan kemudian hasilnya dievaluasi ; algoritma tersebut masuk suatu *loop* dari pembangkitan turunannya , mengevaluasi turunannya, dan memilih parameter untuk menghasilkan pembangkitan selanjutnya. Didalam penerapan ED, untuk setiap p_i dalam populasi induk, operator reproduksi berikut dipakai untuk menghasilkan turunannya :

$$P'_i = \gamma \cdot P_{best} + (1-\gamma)p_i + F \cdot \sum_{k=1}^K (p_{i_{k,i}} - p_{i_{k,b}}) \quad \dots \dots \dots \quad (3.6)$$

Dimana p_{best} adalah parameter terbaik dalam populasi induk, γ mewakili operator, dan K adalah jumlah vektor – vektor pengganggu, F adalah faktor skala dari gangguan , $p_{i,i}$ dan $p_{i,b}$ yang secara acak dipilih secara timbal balik terhadap pasangannya dalam populasi induk, dan p'_i adalah turunannya yang dibangkitkan ; γ , K dan F adalah parameter – parameter yang berhubungan dengan algoritma. Pendekatan ED diilustrasikan secara skematik seperti pada gambar 3.6

Ide dasar dari ED adalah untuk mengadaptasikan langkah pencarian secara *inhern* sepanjang proses evolusioner untuk tujuan pengeksplorasi. Skala dari vektor – vektor pengganggu bersifat proporsional terhadap pertambahan populasi yang ada. Di awal proses evolusi, gangguan yang muncul banyak semenjak parameter induk jauh satu sama lainnya. Sebagai proses evolusi yang diperuntukkan untuk tahapan akhir, keberadaan populasi berpusat pada suatu kawasan kecil dan gangguan yang muncul menjadi kecil. Sebagai hasilnya, langkah pencarian adaptif mempunyai keuntungan algoritma evolusi dengan pencarian secara umum dengan suatu gangguan besar pada awal proses evolusioner dan menyuling populasi dengan suatu langkah pencarian kecil



Gambar 3.5. Ilustrasi contoh dari evolusi difrensial untuk obyektif tunggal dalam suatu ruang keputusan berdimensi -2 . Kawasan gelap menunjukkan nilai yang lebih baik. Garis panah tebal mewakili vektor difrensial , dan garis panah putus – putus mewakili vektor - vektor pengganggu. p_i menghasilkan turunan p'_i , setelah operasi reproduksi.

pada bagian akhir Operator pemilihan dalam ED memilih operator tebaik antara variabel induk dan turunannya dengan membandingkan nilai yang sesuai seperti pada persamaan 3.13

$$p_i^{(t+1)} = \begin{cases} p_i^{(t)} & \text{if } \phi(p_i^{(t)}) > \phi(p_i^{(t)}) \\ p_i^{(t)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.7)$$

3.4. Penggunaan DE secara sederhana

Seperti halnya pemakaian evolusi algoritma lainnya, penggunaan ED bisa untuk menangani suatu himpunan untuk tujuan optimalisasi penyelesaian. Ide utama dalam algoritma ED adalah dengan menggunakan perbedaan vektor dalam pembentukan penyelesaian calon baru, dimana EA tradisional berdasarkan pada gangguan acak (mutasi) dari suatu penyelesaian dan pencampuran dari dua penyelesaian atau lebih (rekombinasi). Perbedaan utama lainnya adalah tiga fase dari suatu standar EA (pemilihan, rekombinasi, dan mutasi) yang dikombinasikan untuk satu pengoperasian, yang dilaksanakan untuk setiap individu. Dalam penerapan standar EA, setiap fase dibentuk pada populasi masukan. Hal ini berbeda dengan penerapan algoritma ED yang melakukan pengulangan melalui populasi yang ada, untuk setiap indeks populasi I , suatu calon potensial $C[i]$ dengan penambahan vektor (mutasi) dan suatu varian dari perpindahan seragam (rekombinasi). Pemilihan dilakukan secara langsung dan sederhana; DE menggunakan populasi P ukuran N_p , terbentuk dari titik mengambang yang mengkode individual dimana melibatkan generasi G untuk mencapai solusi optimal. masing-masing individual X adalah vektor yang berisi banyak parameter sebagaimana halnya variabel – variabel problem keputusan. Ukuran populasi N_p adalah sebuah parameter kontrol yang dipilih oleh user dan ini tetap konstan pada seluruh proses optimasi

$$p^{(G)} = [X_1^{(G)}, \dots, X_{N_p}^{(G)}] \quad (3.6)$$

$$P_i^{(G)} = [X_{1,i}^{(G)}, \dots, X_{D,i}^{(G)}]^T, i = 1 \dots N_p \quad (3.7)$$

3.4.1. Proses optimasi DE

Proses optimasi dalam Evolusi Diferensial dilakukan dengan tiga operasi dasar yaitu: Mutasi, Persilangan, dan Seleksi. proses ini di mulai dengan menciptakan populasi awal vector N_p , dengan nilai acak ditentukan pada masing-masing parameter keputusan dalam setiap vector yang didefinisikan oleh :

$$X_j^{(0)} = X_j^{\min} + \eta(X_j^{\max} - X_j^{\min}) \quad \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana $i=1,\dots,n$, dan $j=1,\dots,D$; X_j^{\min} dan X_j^{\max} , adalah batas bawah dan atas dari parameter keputusan ke j dan η_j adalah angka acak dengan distribusi seragam di dalam $[0,1]$ yang menghasilkan nilai baru dai j . $X_j^{(0)}$, adalah parameter ke j dari individual ke i pada populasi awal.

Operasi mutasi menciptakan vector mutan X_i dengan menggunakan yang dipilih secara acak (X_a) dengan perbedaan dua vector seleksi acak lainnya (X_b dan) X_c]¹

$$X_i^{(G)} = X_a^{(G)} + F(X_b^{(G)} - X_c^{(G)}) , i = 1, \dots, N_p \quad \dots \dots \dots (3.9)$$

Dimana X_a , X_b , dan X_c adalah vector $\in (1, \dots, N_p)$ yang dipilih secara acak dan $a \neq b \neq c \neq i$. X_a , X_b , dan X_c adalah pilihan vector induk baru .skala konstan (F) adalah parameter control algoritma yang di gunakan untuk mengontrol ukuran dalam operator mutasi dan memperbaiki konvergensi algoritma.

Operasi persilangan menghasilkan vector percobaan (X_i'') dengan mencampur parameter vector mutan dengan vector target (X_i), didasarkan pada distribusi pilihan.

$$X_{j,i}'' = \begin{cases} X_{j,i}^{(G)}, & \text{if } j \leq Crossover \\ X_{j,i}^{(G)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad j = q \quad \dots \dots \dots (3.10)$$

Dimana $i=1,\dots,N_p$ dan $j=1,\dots,q$ adalah indeks $\in (1,\dots,N_p)$ yang dipilih secara acak yang menjamin bahwa vector percobaan mendapatkan setidaknya satu parameter dari vector mutan; η_i adalah angka terdistribusi seragam didalam $[0,1]$ yang menghasilkan nilai-nilai untuk masing-masing formula j.konstanta perdilangan C_g adalah parameter control algoritma yang mengontrol keragaman populasi dan membantu untuk keluar dari local optimal $X^{(G)}_{ij}$, $X^{(G)}_{ij}$ dan $X^{*(G)}_{ij}$ masing-masing adalah parameter ke j dari vector target ke i, vector mutan, dan vector trial pada generasi G.

Terakhir, operasi seleksi membentuk populasi dengan m,emilih antara vector percobaan dan pendahulu mereka (vector target) dimana individual yang tampilan kesesuaian yang lebih baik adalah optimal atau lebih sesuai didasarkan pada:

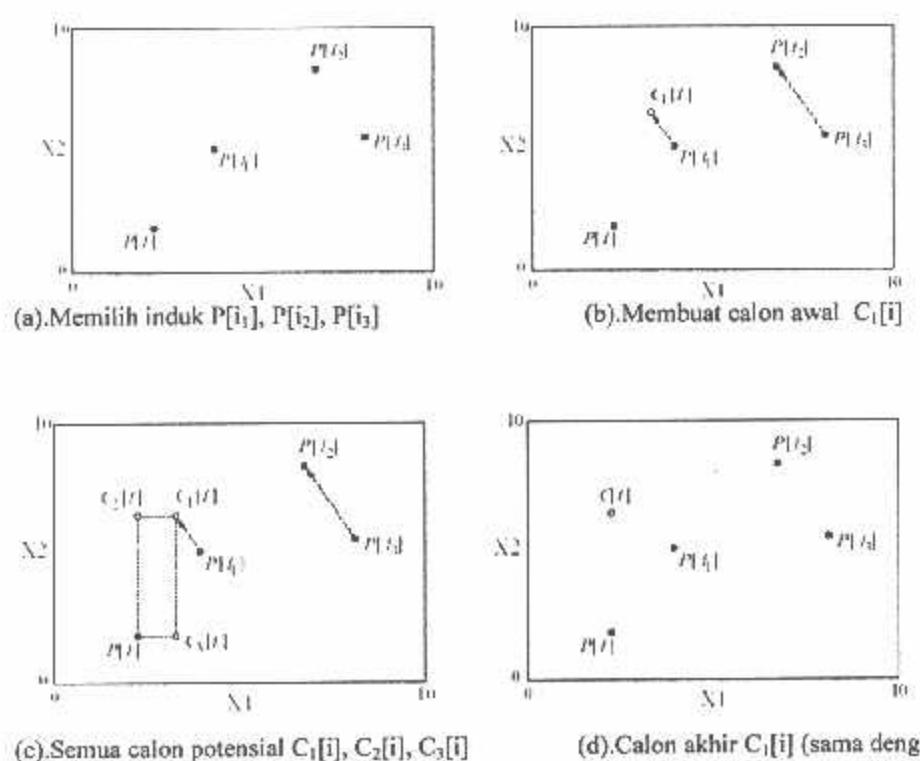
$$X_i^{(G+1)} = \begin{cases} X_i^{(G)} & \text{if } f(x_i^{n(G)}) \leq f(x_i^{(G)}) \\ x_i^{(G)}, & \text{otherwise} \end{cases}, i=1,\dots,N_p \quad (3.11)$$

Proses optimisasi ini diulang beberapa generasi sehingga memungkinkan individu individual memperbaiki kesesuaian mereka ketika mereka mencari ruang solusi untuk nilai optimal.

3.4.2. Penanganan Masalah dari metode DE

Tidak ada penambahan algoritma yang penting untuk membuat penerapan algoritma tersebut cocok untuk menyelesaikan masalah .Kebanyakan persoalan yang muncul bisa ditangani dengan metode pinalti, yang bekerja sebagai berikut. Dengan menganggap anda mempunyai kondisi $p \geq 0$ tak sama dan persamaan $q-p \geq 0$.

$$\begin{aligned} g_j(X) &\leq 0 & j &= 1,2,\dots,p \\ h_j(X) &= 0 & j &= p+1,p+2,\dots,q \end{aligned} \quad (3.12)$$



Gambar 3.6 Contoh prosedur pembentukan satu calon persoalan dua dimensi.

Sub gambar (c) mengilustrasikan tiga calon yang bisa dihasilkan dengan loop dalam gambar 2 .Secara prinsip, $P[i]$ bisa juga dibangkitkan , namun hal ini bisa dilakukan dengan penerapan algoritma.

Suatu pengukuran kendala sering dipakai ketika menangani kendala yang muncul Pengukuran secara langsung dari pelanggaran kendala j adalah :

$$f_j(X) = \begin{cases} \max(0,_{\leq j}(X)) & 1 \leq j \leq p \\ |h_j(X)| & p+1 \leq j \leq p \end{cases} \quad \dots \dots \dots \quad (3.13)$$

Jumlah pembebanan dari pelanggaran kendala yang dipakai sebagai suatu pengukuran dari suatu kelayakan penyelesaian .

$$CV(X) = \sum_{j=1}^g w_j \cdot f_j(X) \quad \dots \dots \dots \quad (3.14)$$

Jumlah semua pelanggaran ketentuan adalah nol untuk penyelesaian yang layak dan positif ketika sedikitnya satu kendala yang dilanggar. Untuk meminimalkan persoalan, pelanggaran hambatan ditambahkan untuk tujuan kelayakan, dimana hambatan tersebut

dikurangi untuk meminimalkan persoalan. Suatu aplikasi nyata dari pelanggaran ketentuan adalah untuk membantu pencaraian daerah yang sesuai dari pencarian ruang.

BAB IV

PENGUJIAN & ANALISIS

4.1. Pengujian Parameter Motor Induksi Tiga Phasa.

4.1.1. Alat-alat Yang Digunakan

1. Motor Induksi Tiga-Phasa DE LORENZO / DL 1021

Data papan-nama (*nameplate*) :

TEGANGAN	:	220/380 (Δ / Y) VOLT
ARUS	:	4,3/2,5 (Δ / Y) AMPERE
COS ϕ	:	0,83
FREKUENSI	:	50 HERTZ
DAYA	:	1,1 kW
PUTARAN	:	2820 rpm
KUTUP	:	2 KUTUP
KELAS ISOLASI	:	F

2. Voltmeter
3. Ampermeter
4. Wattmeter
5. Tachometer
6. AC Voltage Regulator
7. DC Supply

4.1.2. Data Pengujian Arus Searah (*DC Test*)

Tabel 4-1

Data Pengujian Arus Searah

No	V _{DC} (Volt)	I _{DC} (Ampere)
1	4	0.75
2	6	1.12
3	8	1.44
4	10	1.78
5	12	2.14

4.1.3 Data Pengujian Tanpa Beban (*No – Load Test*)

Tabel 4-2

Data Hasil Pengujian Beban Nol

I (Ampere)			W 3 Ø (Watt)	V (Volt)	F (Hz)
A ₁	A ₂	A ₃			
0,59	0,68	0,60	90	220	50

4.1.4. Pengujian Rotor Tertahan (*Blocked Rotor Test*)

Tabel 4-3
Data Hasil Rotor Tertahan

I (Ampere)			W 3 Ø (Watt)	V (Volt)
A ₁	A ₂	A ₃		
2,01	2,03	1,59	140	65

4.2.1. Menghitung parameter Motor Induksi tiga phasa

4.2.1.1 Analisa Data Arus Searah:

$$R_S = R_{dc} = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

$$R_{ek(1)} = \frac{4}{0.75} = 5.33\Omega$$

$$R_{ek(2)} = \frac{4}{0.75} = 5.35\Omega$$

$$R_{ek(3)} = \frac{8}{1.44} = 5.55\Omega$$

$$R_{ek(4)} = \frac{10}{1.78} = 5.61\Omega$$

$$R_{ek(5)} = \frac{12}{2.14} = 5.61\Omega$$

$$R_S = \frac{5.33 + 5.35 + 5.55 + 5.61 + 5.61}{5} = 5.49\Omega / Phasa$$

4.2.1.2 Analisa Data Pengujian Tanpa Beban

$$I_{tb} = \frac{I_{ta} + I_{tb} + I_{tc}}{3} = \frac{0.59 + 0.68 + 0.59}{3} = 0.62 A$$

$$Z_{tb} = \frac{V_o}{\sqrt{3}I_o} = \frac{220}{\sqrt{3} \times 0.62} = 205 \Omega$$

$$R_{tb} = \frac{P_{(3\phi)}}{3(I_o)^2} = \frac{19}{3(0.62)^2} = 78 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_{tb} &= \sqrt{Z_{tb}^2 - R_{tb}^2} \\ &= \sqrt{205^2 - 78^2} \\ &= 189.58 \Omega / Phasa \end{aligned}$$

4.2.1.3 Dari pengujian rotor tertahan

$$I_{tb} = \frac{I_{ta} + I_{tb} + I_{tc}}{3} = \frac{2.01 + 2.03 + 1.97}{3} = 2.0 A$$

$$Z_n = \frac{V_o}{\sqrt{3}I_o} = \frac{65}{\sqrt{3} \times 2} = 18.76 \Omega$$

$$R_n = \frac{P_{(3\phi)}}{3.(I_n)^2} = \frac{140}{3(2.0)^2} = 11.67 \Omega$$

$$\begin{aligned} X_n &= \sqrt{Z_n^2 - R_n^2} \\ &= \sqrt{18.76^2 - 11.67^2} \\ &= 14.6 \Omega / Phasa \end{aligned}$$

$$X_n = X_s + X_r$$

Motor induksi yang dipakai adalah motor induksi dengan rotor sangkar tunggal kelas A, maka secara umum X_s dan X'_r diamsusikan sama, sehingga :

$$X_s = X'_r = \frac{1}{2} X_n = \frac{1}{2} (14,6) = 7,3 \Omega$$

Besarnya reaktansi yang diukur pada terminal stator pada keadaan tanpa beban (X_{tb}) mendekati sama dengan $X_s + X_m$ yang merupakan reaktansi diri stator, sehingga :

$$X_{ss} = X_{tb} = X_s + X_m$$

$$X_m = X_{tb} - X_s$$

$$= 189,58 - 7,3$$

$$= 182,28 \Omega$$

Resistansi stator dapat dipandang sebagai harga Dcnya maka resistansi rotor dapat ditentukan sebagai berikut :

$$R = R_{rt} - R_s$$

$$= 11,67 - 5,49$$

$$= 6,18 \Omega$$

$$X_{rr} = X'_r + X_m$$

$$= 7,3 + 182,28$$

$$= 189,58 \Omega$$

$$R'_r = \left(\frac{X_n}{X_m} \right)^2$$

$$= 6,18 \left(\frac{189,58}{182,28} \right)^2 = 6,68 \Omega$$

$$X_s = 2 \pi f_s L_s$$

$$L_s = \frac{X_{ls}}{2 \pi f_s}$$

LEMBAR PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI PARAMETER MOTOR INDUKSI TIGA PHASA
MENGGUNAKAN METODE DIFFERENSIAL EVOLUTION DI
LAB.KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi
Persyaratan Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro (S-I)*

Disusun Oleh :

BUDIMAN M

02.12.079

Malang, Maret 2008

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I

(Ir.Widodo Pudji M,MT)

Nip.Y 102 8700 171

Dosen Pembimbing II

(Ir.Djojo Priatmono,MT)

Nip.Y 101 8500 107

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-I



(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)

NIP. Y. 103 9500 274

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-I
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008