

## Optimasi Kontrol Motor Induksi Menggunakan Metode *Fuzzy* Dan Algoritma Genetika

**Rahman Aulia**  
Universitas Sumatera Utara  
Medan, Indonesia  
rahmanaulia50@gmail.com

**Muhammad Zarlis**  
Universitas Sumatera Utara  
Medan, Indonesia  
m.zarlis@usu.ac.id

**Mahyuddin K. M. Nasution\***  
Universitas Sumatera Utara  
Medan, Indonesia  
mahyuddin@usu.ac.id

**Abstrak**—Kinerja *conveyor* dalam proses produksi suatu industri sangat berpengaruh dalam mengoptimalkan hasil produksi. Penggunaan *conveyor* tidak terlepas dengan motor penggerak *conveyor*, sehingga kondisi prima motor juga harus diperhatikan agar proses produksi tidak terhenti yang mengakibatkan kerugian yang relatif besar bagi industri yang memiliki tingkat produksi tinggi. Untuk mengetahui dan menentukan kondisi dari motor – motor yang akan dibebani dalam kondisi baik maka digunakan logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* harus dioptimalkan penggunaannya dengan Algoritma genetika dalam menentukan nomor motor berapa saja yang harus hidup sehingga sesuai dengan beban yang dipikul. Menentukan dan mengetahui kondisi motor dan menentukan nomor motor yang harus beroperasi bertujuan untuk mengoptimalkan berjalannya suatu sistem *conveyor*. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu Optimasi yang paling baik dari tiga kali pengujian adalah terjadi pada pengujian ke dua dengan jumlah motor sebanyak 60 buah memakai tegangan 110 V dengan memikul beban 300 kg mendapatkan hasil 11,7 % dengan nomor motor yang hidup adalah 12, 19, 20, 21, 26, 32. dan 40.

**Kata kunci**— *Conveyor, Motor Induksi, Logika Fuzzy, Algoritma Genetika*

### I. PENDAHULUAN

Motor Induksi adalah motor yang paling banyak digunakan dalam dunia industri, hal ini dikarenakan motor induksi mempunyai kelebihan dari segi ekonomis dan dari segi teknis yaitu konstruksi yang sederhana, kokoh, harganya relatif murah, serta perawatannya yang mudah, sehingga motor induksi mulai menggeser penggunaan motor DC pada industri [7].

Dalam proses produksi di industri banyak sekali kebutuhan untuk memindahkan barang menggunakan *conveyor* agar proses produksi semakin cepat sehingga usaha peningkatan jumlah dan mutu hasil produksi dapat tercapai sesuai target. Penggunaan *conveyor* tidak terlepas dengan motor penggerak *conveyor*, sehingga kondisi prima motor juga harus diperhatikan agar proses produksi tidak terhenti yang mengakibatkan kerugian yang relatif besar bagi industri yang memiliki tingkat produksi tinggi. Hal - hal yang harus diperhatikan adalah dalam menjaga kondisi motor dan keberlangsungan kerja *conveyor* adalah dengan tidak memaksa motor bekerja pada saat kualitas motor memiliki kondisi tidak baik dan mengoperasikan motor sesuai dengan spesifikasi motor tersebut.

Parameter yang harus diperhatikan dalam mengetahui kondisi motor adalah suhu, kecepatan putaran, tegangan, frekuensi pada motor tersebut. Apabila salah satu

parameter memiliki nilai diluar atau melebihi toleransi nilai standard spesifikasi motor maka motor tersebut dikatakan motor yang memiliki kondisi yang tidak baik dan apabila dipaksa untuk dioperasikan maka akan mengakibatkan semakin bertambahnya kerusakan motor, tidak hanya itu apabila motor tersebut di operasikan berkelompok dengan motor – motor yang lain maka akan berakibat dapat merusak motor – motor yang lain dikarenakan beban yang harusnya di tanggung oleh motor dengan kondisi yang tidak baik tersebut menjadi ditanggung oleh motor – motor yang lain, hal ini akan berakibat motor yang lain akan menjadi kelebihan beban atau over load. Oleh sebab itu untuk menentukan kondisi dari motor – motor yang akan dibebani maka digunakan logika *fuzzy*, dalam hal ini dapat kita peroleh data motor induksi dan beban yang dipikul untuk inialisasi populasi yang bisa kita pakai sebagai input logika *fuzzy*.

Selain diakibatkan karena kondisi beberapa motor yang tidak baik pada saat kumpulan motor bekerja, kelebihan beban juga terjadi dikarenakan perubahan beban yang tidak sesuai dengan kapasitas kumpulan motor yang digunakan. Oleh sebab itu dalam masalah ini metode *fuzzy* harus dioptimalkan penggunaannya dengan Algoritma genetika dalam menentukan nomor motor berapa saja yang harus hidup sehingga sesuai dengan beban yang dipikul dengan melihat parameter yaitu

\*Corresponding author. Tel.: 061-82118633 ; fax : 061-8219411  
E-mail address : mahyuddin@usu.ac.id

Tegangan, *Speed* (Radian Per Menit), dan *Power* (*Horse Power*).

Dalam penelitian sebelumnya telah dikaji performansi motor induksi tiga fasa dengan sumber tegangan dan frekuensi variabel yang membahas tentang kualitas motor terhadap gangguan tegangan harmonik, dalam pembahasannya penentuan kualitas motor menggunakan alat ukur *Power Quality Analyzer* yang dianalisa pada variasi fekuensi dan tegangan tanpa menggunakan metode yang dipakai pada bidang computer [2]). Kemudian Penelitian yang dilakukan adalah menentukan parameter pengendali PID (*Proportional, Integral, Derivative*) menggunakan Algoritma Genetika dengan sistem *Fuzzy Logic* [6]. Pada penelitian – penelitian sebelumnya belum ada yang menjurus tentang penentuan kualitas motor induksi yang menentukan motor tersebut dalam kondisi baik dan nomor motor berapa saja untuk dioperasikan sehingga memberikan kemampuan optimal pada *conveyor*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang memiliki kontruksi yang kuat dan karakteristik kerja yang baik serta paling sering digunakan karena kesederhanaannya [7]. Prinsip kerja motor induksi yaitu kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung, Dilihat dari kesederhanaannya, konstruksinya yang kuat dan kokoh serta mempunyai karekteristik kerja yang baik.

### B. Fuzzy Logic

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi Zadeh (*UC Berkeley*) pada tahun 1965, untuk menyatakan keadaan yang tidak menentu (samar) memakai cara matematis dalam kehidupan sehari-hari. Suatu kondisi sering diinterpretasikan dengan ketidakpastian atau tidak memiliki ketepatan secara kuantitatif maka diperoleh Ide ini didasarkan pada kenyataan, misalnya panas, dingin, dan cepat.

Logika *fuzzy* ini didasarkan pada teori *fuzzy* set atau himpunan *fuzzy*, yang merupakan perkembangan dari teori himpunan klasik (Crisp). Konsep *fuzzy* ini dikenal sejak penerapannya pada sistematisa kontrol pada tahun 1980-an. Pada dasarnya, logika *fuzzy* adalah suatu cara untuk memetakan ruang-ruang input ke dalam suatu ruangan output yang sesuai. Ada banyak cara untuk memetakan ruang input ke output ini, seperti dengan sistem linear, jaringan saraf, dan persamaan differensial. Meskipun banyak cara selain *fuzzy*, namun *fuzzy* dianggap memberikan solusi terbaik karena dengan menggunakan *fuzzy* akan lebih cepat dan lebih murah [4].

Dalam Pendekatan Logika *Fuzzy*, kontrol *fuzzy* adalah salah satu yang paling terkenal pada logika *fuzzy*. Kontrol *Fuzzy* akan memberikan kesimpulan berdasarkan

aturan *fuzzy*. Dalam sebuah logika *fuzzy* aturan If-Then secara simbolis dinyatakan R : IF <Criteria *Fuzzy*> THEN <*Fuzzy conclusion*> yang mana Criteria *Fuzzy* dan *Fuzzy conclusion* merupakan senyawa dari proposisi *fuzzy*. Aturan tersebut dapat dilihat sebagai hubungan kausal antara pengukuran dan nilai – nilai kontrol dari sebuah proses. Sebuah aturan dasar semuanya berisi aturan *fuzzy* yang dibutuhkan untuk sebuah mekanisme inferensi dalam memberikan kesimpulan (*control signals*) dari sinyal masukan [3].

### C. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika adalah algoritma pencarian heuristik yang didasarkan atas mekanisme evolusi biologis. Keberagaman pada evolusi biologis adalah variasi dari kromosom antar individu organisme. Algoritma Genetika pertama kali dikembangkan oleh John Holland dari universitas Michigan (1975). John Holland mengatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan dalam terminologi genetika. Algoritma genetika adalah simulasi dari proses evolusi Darwin dan operasi genetika atas kromosom.

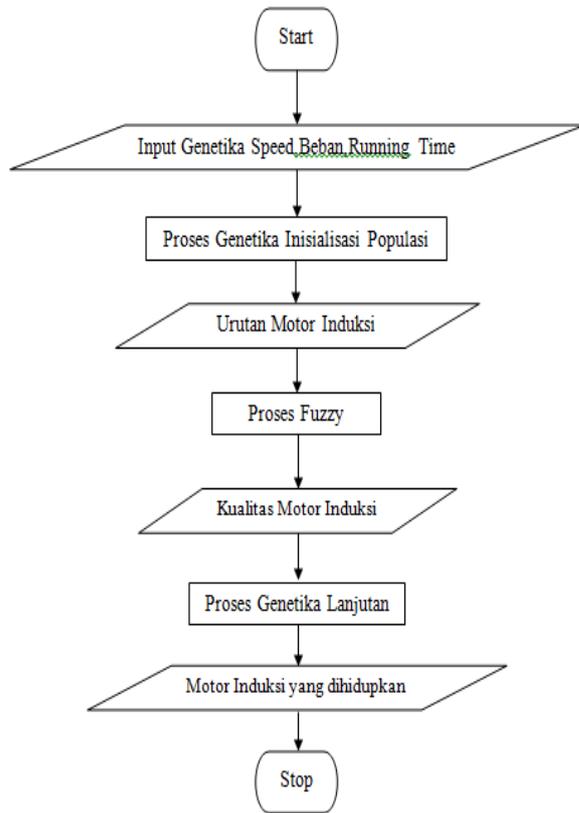
Algoritma Genetika adalah metode yang efektif dalam ruang yang besar dan panjang yang telah dikodekan variabelnya sehingga menyebabkan solusi optimal. Keuntungan dari variabel dikodekan adalah bahwa kode adalah kemampuan untuk mengubah ruang berkesinambungan menjadi ruang yang sederhana [1].

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Flowchart Rancangan Penelitian

*Flowchart* rancangan penelitian optimasi dengan metode *Fuzzy* dan algoritma Genetika pada kontrol motor induksi. *Flowchart* rancangan penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :

\*Corresponding author. Tel.: 061-82118633 ; fax : 061-8219411  
E-mail address : mahyuddin@usu.ac.id



Gambar 1. Flowchat Rancangan Penelitian

### B. Representasi Kromosom

Untuk setiap kromosom mengkodekan Nomor Motor, Tegangan, *Speed* dan *Power*, jadi panjang satu kromosom terdiri dari 3 gen. Populasi awal tersebut kemudian dibangkitkan secara acak untuk selanjutnya dilakukan proses evaluasi setiap kromosomnya. Sebelum diolah oleh proses genetika dilakukan koding terhadap masalah antara lain kode motor, kode tegangan, kode kecepatan (*Speed*) dan kode *power* (HP) dengan menggunakan nilai numerik untuk setiap gen. Koding nilai tegangan dapat dilihat seperti pada Tabel dibawah ini :

Tabel 1. Tegangan

Tegangan	Kode ID
110	1
220	2
380	3

Koding nilai kecepatan (*Speed*) dapat dilihat seperti pada Tabel dibawah ini :

Tabel 2. *Speed*

<i>Speed</i>	Kode ID
1000	1
1100	2
1200	3
1300	4
1400	5
1500	6
1600	7
1700	8
1800	9
1900	10
2000	11

Koding nilai *power* (HP) dapat dilihat seperti pada Tabel dibawah ini :

Tabel 3. *Power*

<i>Power</i>	Kode ID
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

Representasi kromosom pemilihan motor induksi yang dihidupkan diperlukan representasi kromosom. Sebuah kromosom diwakili oleh matriks dibuat secara acak dengan cara sebagai berikut:

- Menentukan motor induksi yang akan dihidupkan.
- Acak nilai gen IDMotor dari 1 sampai 10
- Acak nilai gen IDTegangan dari 1 sampai 3
- Acak nilai gen ID*Speed* dari 1 sampai 6
- Acak nilai gen ID*Power* dari 1 sampai 4
- Jumlah RPM sesuai kebutuhan pada kasus

Dari koding Tegangan, *Speed* dan *power*, jadi representasi gen-gen pada setiap kromosom dapat dilihat seperti pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4. Représentasi Kromosom

Kromosom	IDSpeed	IDPower	IDTegangan
1	4	4	1
2	5	4	1
3	4	4	1
4	4	3	2
5	3	3	2
6	6	3	2
7	4	2	3
8	3	2	3
9	1	2	3
10	2	1	1

**C. Inisialisasi Populasi**

Adapun tahapan proses dari inisialisasi populasi adalah sebagai berikut :

- Inisialisasi dibuat dengan memasukkan nilai parameter genetika yaitu populasi awal.
- Populasi awal = n (jumlah individu).
- Inisialisasi populasi dibuat dari representasi kromosom sebanyak n.

Inisialisasi populasi dalam penelitian ini berupa individu dapat dilihat seperti pada Tabel dibawah ini :

Tabel 5. Inisialisasi Kromosom Individu

Kromosom	IDTegangan	IDSpeed	IDPower
1	3	4	4
2	2	5	4
3	1	4	4
4	1	4	3
5	1	3	3
6	1	6	3
7	3	4	2
8	2	3	2
9	2	1	2
10	3	2	1

**D. Proses Seleksi**

Dalam penelitian ini, metode seleksi yang digunakan adalah seleksi roda *roulette*. Pada seleksi ini, orang tua yang akan dipilih berdasarkan nilai *fitness* yang

dimilikinya, semakin besar nilai *fitness*-nya akan mendapatkan kemungkinan yang lebih besar untuk terpilih sebagai induk. Besarnya kemungkinan bagi setiap kromosom adalah tergantung dari nilai *fitness*-nya seperti pada Tabel berikut :

Tabel 6. Nilai *Fitness*

Individu (n)	Total Pinalti	<i>Fitness</i> 1/1+(P1+P2)	Persentase (%)
1	0	1	13.33
2	1	0.50	6.66
3	1	0.50	6.66
4	1	0.50	6.66
5	1	0.50	6.66
6	1	0.50	6.66
7	0	1	13.33
8	0	1	13.33
9	0	1	13.33
10	0	1	13.33
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>7.5</b>	<b>100</b>

**E. Proses Crossover**

*Crossover* yang digunakan pada penelitian ini adalah *crossover* satu titik. Pada *crossover* ini dilakukan dengan cara menukar nilai gen pada posisi gen yang sama dari kedua induk. Berikut ini adalah tahapan proses *crossover* kromosom dua individu induk dengan menukarkan nilai gen IDTegangan, IDSpeed dan IDPower.

**F. Proses Mutasi**

Kromosom yang bermutasi dipilih secara acak dan kedua gen yang ada yaitu IDTegangan, IDSpeed dan IDPower dipilih secara acak juga. Mutasi akan dilakukan dengan cara memilih secara acak dua posisi gen dari kromosom dan kemudian nilainya diganti dengan nilai acak juga. Berikut ini adalah tahapan proses mutasi kromosom dua individu induk dengan menukarkan gen IDTegangan. Kromosom terpilih secara acak sebanyak nilai probabilitas mutasi adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Mutasi IDTegangan

Kromosom	IDTegangan	IDSpeed	IDPower
1	2	4	4

\*Corresponding author. Tel.: 061-82118633 ; fax : 061-8219411  
E-mail address : mahyuddin@usu.ac.id

**G. Proses Fuzzy**

Proses *Fuzzy* berfungsi untuk melakukan pemilihan motor induksi yang memenuhi kualitas yang akan diolah nantinya pada proses genetika lanjutan.

Nilai parameter pada Tabel dibawah ini adalah nilai yang diambil dari motor induksi yang digunakan. Nilai variabel dan semesta pembicaraan serta himpunan *fuzzy* dapat dilihat seperti pada Tabel berikut :

Tabel 8. Variabel dan Semesta Pembicaraan

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan	Keterangan
Input	Suhu	[0-100]	Suhu rata-rata motor
	<i>Speed</i>	[800-1800]	Kecepatan motor rata-rata
	Tegangan	[342-418]	Tegangan rata-rata
	Frekuensi	[40-60]	Frekuensi rata-rata
	Output	Kualitas Motor	[367-565]

Tabel 9. Variabel dan Semesta

Fungsi	Nama Variabel	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Semesta Pembicaraan	Domain
Input	Suhu	Rendah	[0-100]	[0-40]
		Normal		[35-60]
		Tinggi		[50-100]
	<i>Speed</i>	Lambat	[800-1800]	[800-1000]
		Sedang		[900-1300]
		Cepat		[1200-1800]
	Tegangan	Rendah	[0-500]	[0-110]
		Sedang		[100-390]
		Tinggi		[380-500]
Frekuensi	Rendah	[40-60]	[40-50]	
	Sedang		[45-55]	
	Tinggi		[50-60]	
Output	Kualitas Motor	Jelek	[367-565]	[367 > Z > 565]
		Baik		[368-565]

Dalam penentuan nilai motor induksi setelah ditentukan himpunan *fuzzy* maka ditentukan nilai derajat keanggotaan *fuzzy* Langkah selanjutnya adalah dengan mendefinisikan aturan *Fuzzy* yang akan digunakan. Dari sejumlah variabel yang ada diperoleh sejumlah aturan *Fuzzy* yang terbentuk. Hasil *Fuzzyfikasi* terhadap nilai Suhu, *Speed*, Tegangan dan Frekuensi kemudian dimasukan ke dalam aturan *Fuzzy* yang terbentuk dan kemudian dibandingkan dengan nilai motor induksi yang baik sesuai tabel berikut :

Tabel 10. Nilai Motor induksi yang baik

No	Kriteria	Nilai terendah	Nilai tertinggi	Predikat	
1	Suhu (°C)	30	90	0.1	1
2	Speed (rpm)	1300	1700	0.1	1
3	Tegangan (volt)	100	410	0.1	1
4	Frekuensi (hz)	40	60	0.1	1
Total (ΣNilai*predikat)		147	2260	0.4	4
Defuzzyfikasi (ΣNilai/Total Predikat)		367.5	565		

Dari tabel diatas dapat diperoleh aturan sebagai berikut:

- a. If nilai *Fuzzyfication* antara 367 sampai 565 maka kualitas motor induksi baik.
- b. If nilai *Fuzzyfication* lebih kecil dari 367 atau lebih besar dari 565 maka kualitas motor induksi jelek.

**IV. HASIL DAN ANALISIS**

Pada penelitian ini logika *Fuzzy* digunakan untuk melakukan pemilihan motor-motor yang memenuhi syarat, sedangkan proses genetika berfungsi untuk menentukan nomor motor yang dihidupkan berdasarkan jumlah beban yang diinput. Pada pengujian algoritma menggunakan logika *fuzzy* dengan data motor yang di input acak didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 11. Hasil pengujian logika *fuzzy*

NO	Jumlah Motor (Pcs)	Motor berkualitas baik(Pcs)	Motor berkualitas buruk(Pcs)
1	30	26	4
2	60	49	11
3	90	74	16

Pada pengujian Algoritma Genetika dilakukan dengan menggunakan jumlah motor induksi berbeda. Parameter genetika yang digunakan adalah seperti yang dapat dilihat pada Tabel berikut :

\*Corresponding author. Tel.: 061-82118633 ; fax : 061-8219411  
E-mail address : mahyuddin@usu.ac.id

Tabel 12. Parameter Genetika

Nama	Nilai
Probabilitas Crossover	70 %
Probabilitas Mutasi	10 %

Apabila hasil dari logika *fuzzy* telah didapat maka hasilnya akan dibuat sebagai inputan dari proses genetika sehingga dapat diketahui nomor motor yang hidup dan dapat diperoleh persentase motor yang hidup (jumlah motor yang hidup dibagi jumlah keseluruhan motor dikali 100 %). Hasil dari proses genetika dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 13. Hasil Proses Genetika

NO	Jumlah Motor(Pcs)	Tegangan (V)	Beban (Kg)	No. Motor yang hidup	Persentase motor yang hidup (%)
1	30	110	300	12,19,20,21,26	16,7
2	60	110	300	12,19,20,21,26,32,40	11,7
3	90	110	300	2,5,12,19,20,21,26,32,40,42,83	12,3

Penentuan nilai optimasi kontrol motor induksi dalam hal ini adalah penentuan kualitas dan nomor motor yang hidup tergantung dari nilai persentase motor yang hidup. Semakin kecil nilai persentase dengan kebutuhan motor yang bekerja dengan baik sesuai dengan beban yang dipikul maka semakin optimal penggunaan motor yang hidup.

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Algoritma *Fuzzy* dan Genetika dapat digunakan untuk optimasi jumlah motor induksi untuk penggerak *conveyor*.
2. Optimasi yang paling baik dari tiga kali pengujian adalah terjadi pada pengujian ke dua dengan jumlah motor sebanyak 60 buah memakai tegangan 110 V dengan memikul beban 300 kg mendapatkan hasil 11,7 % dengan nomor motor yang hidup adalah 12, 19, 20, 21, 26, 32. dan 40.
3. Dengan menentukan motor yang berkualitas baik dan menentukan nomor motor berapa saja yang hidup sesuai dengan kebutuhan beban dan tegangan yang dipakai adalah salah satu cara mengoptimalkan penggunaan motor .

## REFERENSI

- [1] Bagherinasab, A., Zadehbagheri, M., Khalid, S. A., Gandomkar, M. & Azli, N. A. 2013. Optimal placement of D-STATCOM using hybrid genetic and ant colony algorithm to losses reduction. *Internasional Journal of Applied Power Engineering*, 2(2) : 53 - 60
- [2] Djatmiko, I. W. & Kustono. 2009. Performansi motor induksi tiga fasa dengan sumber tegangan dan frekuensi variabel. *Edukasi @Elektro* 5(1) : 19 – 28
- [3] Sugiarto I., Tung L. L. U., & Rahman M. I. 2009. Implementation of Fuzzy Logic in FPGA for Maze Traking of a mobile robot based on ultrasonic distance measurement. *Electrical Engineering* , 9(1) : 96-102.
- [4] Effendi, H. 2009. Aplikasi logika fuzzy untuk peramalan beban listrik jangka pendek menggunakan matlab. *Sainstek* 12(1) : 52 – 58.
- [5] Permadi, I. & Subanar. 2010. Penerapan Algoritma Genetika untuk optimasi penjadwalan terbang hutan. *Juita* 1(1) : 19 - 27
- [6] Suprpto, B. Y. & Sariman. 2012. Metode algoritma genetika dengan sistem *fuzzy* logic untuk penentuan parameter pengendalian PID. *Rekayasa Elektrika* 10(1) : 32 – 38
- [7] Prakoso I. J., Warsito A., & Sukmadi T. 2012. Perancangan Pengasutan Bintang – Segitiga dan Pengereman Dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan Programmable Logic Controller ( PLC ). *Transmisi*, 14(1) : 13-19.

\*Corresponding author. Tel.: 061-82118633 ; fax : 061-8219411  
E-mail address : mahyuddin@usu.ac.id