

Kode/Rumpun : 451/Teknik

**LAPORAN EXECUTIVE DAN ABSTRAK  
PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**RANCANG BANGUN MOBIL LISTRIK MULTI PENGGERAK  
BERBASIS FUZZY NEURAL NETWORK**

**Suprihadi Prasetyono, ST., MT./ NIDN. 0004047001  
Dedy Kurnia Setiawan, ST., MT./ NIDN. 0010068004**

**Dibiayai oleh:  
Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Jember  
Tahun Anggaran 2016**

**UNIVERSITAS JEMBER  
NOPEMBER 2016**

# RANCANG BANGUN MOBIL LISTRIK MULTI PENGGERAK BERBASIS FUZZY NEURAL NETWORK

Peneliti : Suprihadi P<sup>1</sup>, Dedy K. S  
Sumber Dana : DIPA Universitas Jember  
Kontak e-mail :

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember

## ABSTRAK

Penggunaan multipenggerak mobil listrik memegang peranan yang sangat penting pada mobil listrik karena kendaraan jenis ini membuat kinerja mobil lebih efektif dan efisien. Kondisi ini semakin kompleks ketika mobil listrik di jalan raya dengan kondisi lalu lintas yang padat dan beban pengguna yang bervariasi, mengakibatkan mobil listrik seringkali bergerak dengan kecepatan yang tidak konstan. Dengan kecepatan mobil dan beban yang seringkali berubah-ubah maka dengan satu motor listrik sebagai penggerak mobil akan semakin membutuhkan banyak energi listrik untuk menstart motor. Bila keadaan ini tidak segera diatasi maka daya baterai akan segera habis. Hal ini akan membuat kinerja mobil tidak efisien, yang mengakibatkan keadaan yang tidak nyaman bagi pemakai mobil listrik. Untuk mengatasi masalah tersebut biasanya digunakan multimotor sebagai penggerak mobil listrik.

Target khusus dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan dan mengembangkan model kontrol mobil listrik multi penggerak yang berbasis *Fuzzy Neural Network*. Kecepatan dan beban yang berubah-ubah dipetakan dari model aliran daya listrik menjadi model dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan (*Neural Network*) untuk proses sinkronisasi antar penggerak. Dengan menggunakan metode pelatihan menggunakan NN maka perbedaan kecepatan antar penggerak akibat beban fluktuatif yang digunakan oleh mobil listrik dapat segera diketahui, sehingga antar penggerak akan tetap sinkron tanpa ada selip kecepatan. Dengan demikian maka daya listrik dari baterai yang masuk ke dalam motor akan lebih efisien meskipun beban pada mobil listrik berubah-ubah saat perjalanan.

Untuk menganalisis sinkronisasi antar penggerak berbasis kecerdasan buatan pada mobil listrik maka diperlukan suatu kontrol. Kontrol diperlukan untuk mengetahui perbedaan kecepatan antar penggerak terhadap perubahan beban. Ada tiga bagian dari *input* kontrol yaitu: tegangan, arus, dan variasi kecepatan.

Penelitian ini diawali dengan membuat pemodelan dan simulasi menggunakan Matlab/Simulink yang diimplementasikan pada eksperimen skala laboratorium dengan menggunakan seperangkat Pengemudi Elektrik Set dengan beban sebagai representasi dari mobil listrik. Beban disimulasikan dengan kondisi umum di jalan raya meliputi *starting*, kecepatan konstan, turunan dan pengereman. Energi listrik disuplai dari baterai sebagai sumber energi utama.

Kata kunci: *Fuzzy Neural Network*, Multipenggerak, mobil listrik, pemetaan, *radial basis function*

## Latar Belakang

Revolusi teknologi pada abad 20 ditandai dengan pertumbuhan energi listrik dan tampilnya industri otomotif. Mobil dengan bahan bakar minyak (BBM) sudah cukup lama berkembang. Perkembangan ini didukung oleh rendahnya harga minyak dunia. Minyak sebagai sumber energi utama mobil konvensional/*internal combustion engine* (ICE) cukup bisa diandalkan sampai saat ini. Namun kita perlu waspada terhadap kemungkinan adanya gejolak minyak dunia setelah tahun 2020 (Philip Patterson, 2002). Diperkirakan mulai tahun tersebut terdapat perbedaan yang besar antara kebutuhan dan produksi minyak dunia.

Mobil yang digerakkan dengan mesin bakar akan menghasilkan emisi gas buang yang berpotensi menimbulkan polusi udara sebagaimana disampaikan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA). Gas buang yang dihasilkan oleh mobil dengan mesin bakar terdiri dari 18% partikel padat, 27% merupakan campuran bahan mudah menguap (terdiri 28% Pb, 32% NO dan 62% CO) serta CO<sub>2</sub> sebanyak 25% (Husain, I., 2003). Polusi udara berdampak pada lingkungan (Bernstein, L., et al., 2008) dan kesehatan manusia (Kunzli, N., et al., 2000).

Dalam dunia transportasi, mobil listrik menjadi pilihan utama yang mampu menjawab permasalahan pemerintah tentang bahan bakar yang mulai habis. Dengan menggunakan mobil listrik, lingkungan akan terhindar dari polusi terutama di daerah perkotaan. Umumnya mobil listrik ini menggunakan satu penggerak, penggerak yang berada pada roda belakang saja atau roda depan saja. Hal itu mengakibatkan motor bekerja lebih berat disaat beban berubah-ubah. Untuk itu perlu dikembangkan sebuah mobil listrik dengan multi penggerak yang terkontrol dan bekerja secara independen. Proses penyesuaian kecepatan untuk sistem multi penggerak ini membutuhkan koordinasi, sehingga setiap penggerak akan bekerja sesuai dengan kontrol yang sudah ditentukan.

Mobil listrik dengan 2 penggerak memiliki beberapa masalah tentang pembebanan yang fluktuatif. Ketika salah satu motor mendapatkan beban yang membuat kecepatan motor tersebut tidak dapat mencapai kecepatan referensi. Hal ini dapat menyebabkan adanya slip antara motor satu dengan motor dua. Untuk mengatasi masalah tersebut dibutuhkan pengaturan kecepatan untuk setiap motor yang memiliki beban yang berbeda-beda.

Pengaturan kecepatan pada motor induksi 3 fasa ditujukan untuk mengontrol kecepatan ketika setiap penggerak memiliki beban yang fluktuatif. Motor induksi

akan mendapat tegangan sesuai dengan beban. Untuk mengatur tegangan masukan dibutuhkan konverter daya. Suatu perangkat konverter daya yang digunakan untuk mengkonversikan sumber DC menjadi sumber AC dengan mengatur tegangan dan frekuensi adalah inverter. Inverter dapat digunakan sebagai pengganti sumber PLN untuk mensuplai perangkat elektronik yang membutuhkan sumber AC. Berdasarkan sumber yang digunakan, inverter dibagi menjadi dua jenis yaitu *Voltage Source Inverter* (VSI) dan *Current Source Inverter* (CSI). (Satriyo. 2013).

Dalam kenyataannya, motor induksi 3 fasa masih memiliki kelemahan. Motor induksi masih belum bisa mempertahankan kecepatan putar. Ketika beban berubah, motor induksi tidak mampu mempertahankan kecepatannya. Seperti halnya pada sebuah roda berjalan (*Conveyor*) yang banyak digunakan di bidang industri. Alat tersebut membutuhkan kecepatan yang konstan untuk setiap perubahan beban yang diterima. Selain itu juga ada eskalator yang membutuhkan kecepatan yang konstan setiap membawa beban atau pun tidak berbeban. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dibutuhkan sebuah pengontrol yang mampu mempertahankan kecepatan motor induksi saat berbeban maupun tidak berbeban. (Oktavianus. 2011)

Metode jaringan syaraf tiruan merupakan metode yang mampu mempelajari setiap variasi kecepatan motor induksi untuk menghasilkan sistem kontrol yang sesuai agar motor induksi berada pada kondisi kecepatan konstan meskipun motor dibebani dengan beban fluktuatif maupun dinamis. (Epyk dkk. 2009)

Pada sistem kontrol jaringan syaraf tiruan yang menggunakan keluaran kecepatan motor sebagai masukannya disebut sebagai *Close Loop Controller*. Hal inilah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu pengendalian motor induksi 3 fasa untuk sistem multi penggerak dengan sumber inverter menggunakan Jaringan syaraf tiruan. (Andes. 2014)

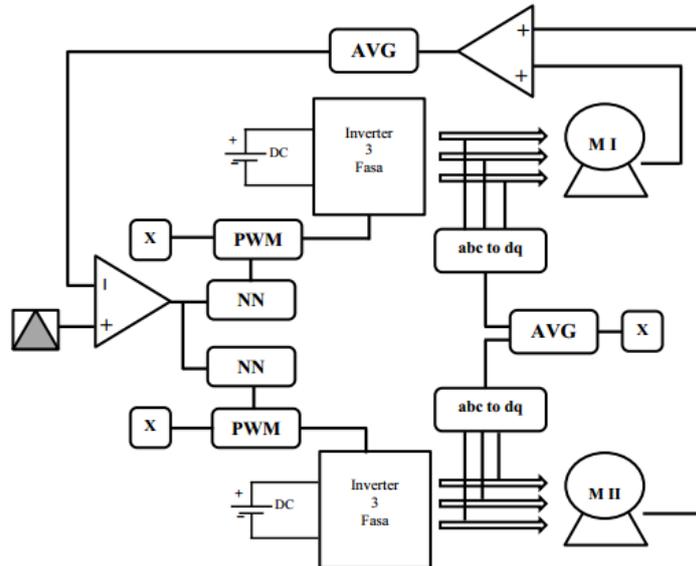
## **Metode**

Secara keseluruhan sistem mobil listrik yang dikembangkan seperti pada gambar 1. Untuk mendapatkan hasil kerja yang baik dilakukan dua tahap yaitu yang pertama dengan mengadakan kegiatan studi melalui pemodelan dan simulasi dengan menggunakan Matlab/Simulink dan berikutnya dengan implementasi pada percobaan skala laboratorium (*micro laboratory*) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Identifikasi, instalasi mobil listrik dalam hal ini rancang bangun prototype dilakukan pada skala laboratorium yang direpresentasikan pada serangkaian

komponen yang terdiri dari: baterai sebagai sumber, *switching* elektronik, motor induksi tiga fasa dan *controller*.

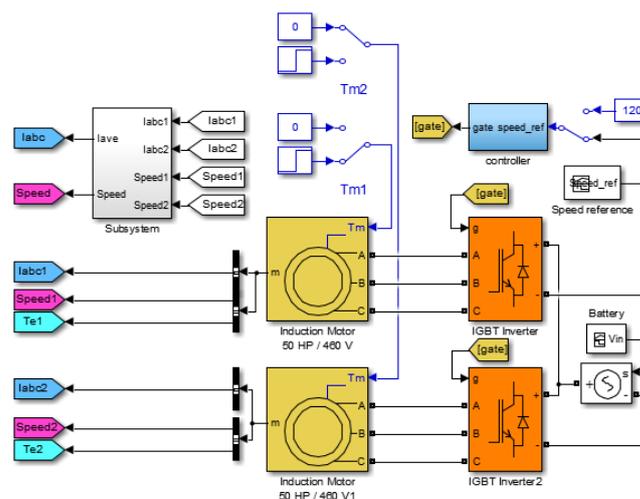
2. Koordinasi antara konstanta-konstanta parameter pada daya akibat variasi beban melalui kontroler berbasis kecerdasan buatan



Gambar 1. Rancangan model penelitian

### A. Kontrol Mobil Listrik Multi Penggerak

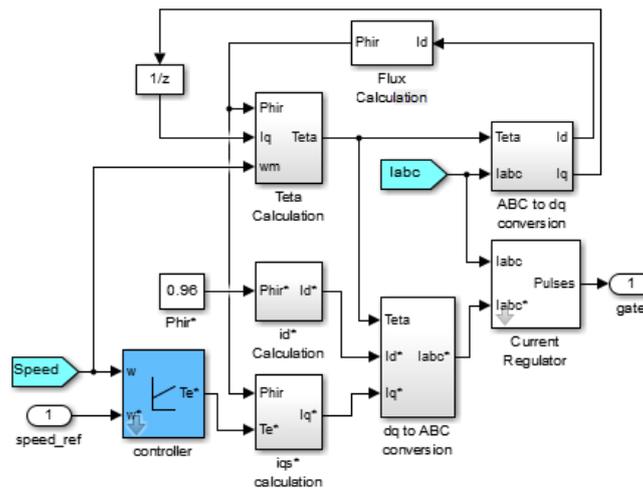
Berdasarkan pada gambar 1, dirancang dan diaplikasikan dalam MATLAB seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Sistem terdiri atas dua buah motor induksi 3 fasa dengan spesifikasi yang sama. Kedua motor ini diletakkan pada penggerak roda depan samping kiri (motor 1) dan samping kanan (motor 2).



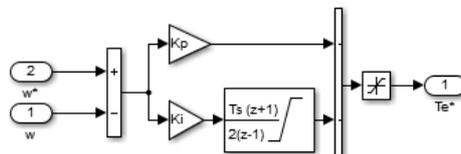
Gambar 2. Sistem Mobil Listrik Multi-Penggerak

Pengendalian mobil listrik multi penggerak yang diusulkan dengan menggunakan metode jaring saraf tiruan DRNN seperti terlihat pada gambar 3.

Sedangkan pada blok controller digunakan teknik pengendalian menggunakan Diagonal Recurrent neural Network (DRNN). Untuk dapat menguji keakuratan dan tingkat keberhasilan metode yang ditawarkan, maka digunakan metode lain sebagai pembandingan. Metode yang dipilih adalah metode dengan menggunakan kontrol PI konvensional (gambar 4).



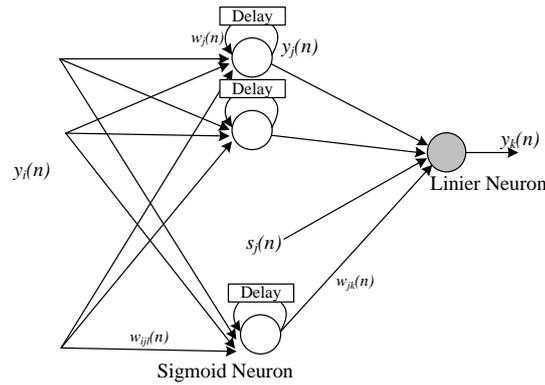
Gambar 3. Kontrol Mobil Listrik Multi Penggerak



Gambar 4. Kontrol PI Konvensional

### B. Kontroller DRNN

Struktur DRNN secara umum merupakan artificial neural network (ANN) dua layer dengan umpan balik dari output layer pertama ke input layer pertama. Layer pertama adalah hidden (recurrent) layer yang tersusun atas neuron-neuron dengan fungsi alih nonlinier. Layer kedua adalah output-layer yang tersusun atas neuron-neuron dengan fungsi alih linier. Struktur DRNN diperlihatkan dalam Gambar 5 [12].



Gambar 5. Struktur DRNN

Neuron self-recurrent adalah neuron yang mempunyai umpan balik dari output neuron itu sendiri. RNN yang tersusun atas neuron-neuron self-recurrent, dinamakan sebagai Diagonal Recurrent Neural Network (DRNN). Jika dibandingkan dengan fullyconnected recurrent neural network, struktur DRNN lebih sederhana dan jumlah bobot yang digunakan lebih sedikit, sehingga beban komputasi menjadi lebih ringan [12].

Jika sensor referensi sebanyak  $i$  dan  $x_i(n)$  sinyal yang ditangkap oleh sensor referensi  $i$  ke- $i$  pada saat  $n$ , maka masukan DRNN dirumuskan

$$y_i(n) = x_i(n - l_1), \quad 0 \leq l_1 \leq L_1$$

dengan  $L_1$  menyatakan jumlah elemen dalam vektor masukan ke- $i$ .

Untuk hidden layer yang mempunyai neuron sebanyak  $j$ , matrik bobot masukan dan matrik bobot recurrent pada saat  $n$  masing-masing dinyatakan sebagai  $w_{ij}(n)$  dan  $w_j(n)$ , maka nilai neuron ke- $j$  dirumuskan :

$$s_j(n) = \left( \sum_i \sum_{l_1=0}^{L_1} w_{ijl_1}(n) \right) y_i(n) + w_j(n) y_j(n-1)$$

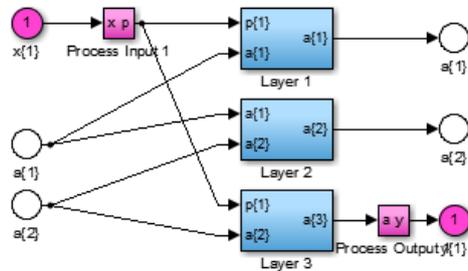
dengan  $y_j(n-1)$  menyatakan koneksi recurrent dari neuron ke- $j$  dalam hidden layer, dan  $y_j(0)=0$ . Tiap-tiap neuron dalam hidden layer mempunyai fungsi alih nonlinier. Keluaran dari hidden layer pada saat  $n$  dirumuskan

$$y_j(n) = f(s_j(n))$$

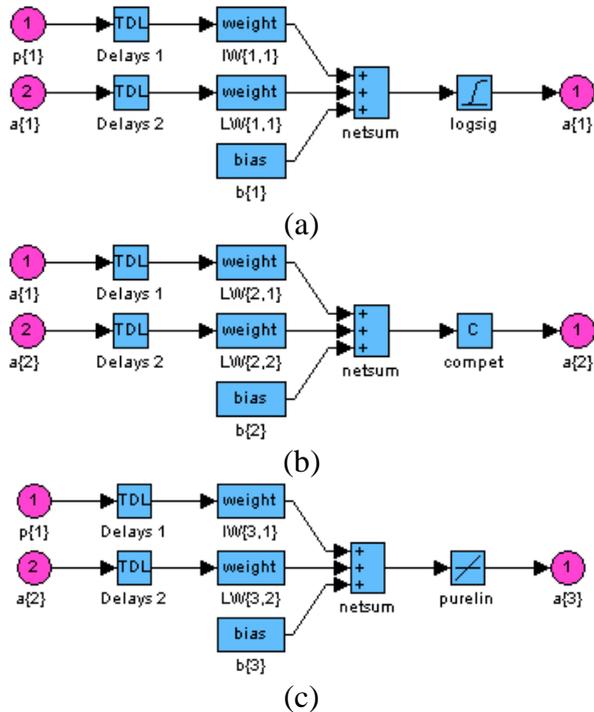
Untuk output layer yang mempunyai neuron sebanyak  $k$  dengan fungsi alih linier, matrik bobot keluaran  $w_{jk}(n)$ , maka keluaran dari output layer dirumuskan sebagai

$$y_k(n) = \left( \sum_j w_{jk}(n) \right) y_j(n)$$

Pada sistem kontrol ini input controller DRNN berasal dari nilai kecepatan pada kedua motor dan kecepatan referensi, sedangkan outputnya adalah sinyal referensi torka elektrik. Controller DRNN terdiri atas 3 layer dengan jumlah neuron yang digunakan masing-masing adalah 10-10-1.



Gambar 6. Struktur DRNN dengan tiga layer pada kendali multi-penggerak



Gambar 7. Diagram layer DRNN, (a) layer 1, (b) layer 2, (c) layer 3

## Publikasi

1. Penelitian ini akan dipublikasikan dalam Jurnal Internasional terakreditasi tahun 2017 (LA)

## Daftar Pustaka

- [1]. Husain, I., 2003, *Electric and Hybrid Vehicles Design Fundamentals*, CRC Press, United States.
- [2]. Bernstein, L., et al., 2008, *Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis Report Summary for Policymakers*, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [3]. Kunzli, N., et al., 2000, *Public-Health Impact of Outdoor and Traffic-Related Air Pollution: A European Assessment*, *The Lancet*, Vol. 356.
- [4]. Ashish Chourasia, et al., 2014, *Comparison study of Vector Kontrol of Induction Motor Using Rotor Flux Estimation by Two Different Methods*, *IEEE Transactions on Energy Conversion* Vol 7
- [5]. Bhakti M Joshi, Nukul C Chandorkar, 2014, *Two-motor single-inverter fieldoriented induction machine drive dynamic performance*, Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay
- [6]. K. Gopi, P. Varunkrishna, 2014, *Induction Motor Drives Fed By Four-Leg Inverter*, *IEEE Transactions on Energy Conversion* Vol 1
- [7]. E. Levi, et al., 2007, *Multiphase Induction Motor Drives-a Technology Status Review*, *IET Electr. Power* Vol 1
- [8]. Tabbache B, Kheloui A. and Benbouzid M. E. H, 2011, *An adaptive electric differential for electric vehicles motion stabilization*.*IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 60(1): 104–110
- [9]. Turl G, Summer M and Asher G. M, 2002, *A Synchronised Multi-Motor Control System Using Sensorless Induction Motor Drives*.*International Conference on Power Electronics, machines and Drives*pp. 38–43: 4–7
- [10]. Hartani K., Bourahla M., Miloud Y. and Sekkour M., 2008, *Direct torque kontrol of an electronic differential for electric vehicle with separate wheel drives*, *Journal Automation and Systems Eng.*2(2)
- [11]. Purnomo, M. H. dan Kurniawan, A., “*Supervised Neural Networks dan aplikasinya*”, Edisi pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006
- [12]. Bouscayrol, et al., 2002, *Control Structures for Multi-machine Multiconverter Systems with Upstream Coupling*

- [13]. Hephzibah Jose Queen, Jenifer Rosney, 2013, Speed Control of Dual Induction Motor using Fuzzy Controller, IOSR-JEEE volume 8
- [14]. Ashish Chourasia, et all, 2014, Comparison study of Vector Control of Induction Motor Using Rotor Flux Estimation by Two Different Methods, IEEE Transactions on Energy Conversion Vol 7
- [15]. K. Gopi, P. Varunkrishna, 2014, Induction Motor Drives Fed By Four-Leg Inverter, IEEE Transactions on Energy Conversion Vol 1
- R. J. Lee, P. Pillay, R.G Harley, 1984, DQ Reference Frame for the Simulation of Induction Motor, University of Natal