

# Optimasi Manuver Lepas Landas Pada Quadcopter Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik

Adinda Putri Pratiwi, Agusma Wajiansyah, Achmad Fanany Onnilita Gaffar

Teknologi Informasi  
Politenik Negeri Samarinda  
Samarinda, Indonesia

adindaputripratiwi97@gmail.com, agusma.wajiansyah@gmail.com, onnygaffar212@gmail.com

**Abstract**—Quadcopter merupakan pesawat tanpa awak yang digerakan menggunakan propeller pada keempat sisinya. Saat melakukan lepas landas Quadcopter tidak stabil dikarenakan beberapa faktor salah satunya adalah nilai dari sudut-sudut rotasi pada Quadcopter tidak tepat. Oleh karena itu dibutuhkan kendali agar saat melakukan gerakan lepas landas Quadcopter stabil. Kendali yang dipilih merupakan JST-BP. Percobaan dilakukan dengan mengakuisisi data latih menggunakan orde satu, dua, dan tiga. Setelah didapat hasilnya lalu data di latih dengan jumlah neuron yang berbeda yaitu 50, 70, dan 100. Selanjutnya dilakukan pengujian pada system Quadcopter, pengujian dilakukan dengan berbagai macam nilai ketinggian yaitu, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, dan 15. Output keluaran dari percobaan tidak sesuai dengan input yang ditetapkan.

**Keywords**—Optimasi Lepas Landas, Quadcopter, JST-BP

## I. PENDAHULUAN

Quadcopter merupakan pesawat udara tanpa awak yang memiliki empat buah motor penggerak dan baling-baling disetiap ujung-ujung kerangka utama. Pada Quadcopter terdapat sistem kontrol yang digunakan untuk mengendalikan ke-empat motor penggerak dengan cara mengatur kecepatan setiapi motor sesuai dengan keinginan. Lepas landas merupakan gerakan untuk menurunkan Quadcopter secara vertikal. Gerakan ini dihasilkan dari pengendalian percepatan dan perlambatan pada ke-empat motor secara bersamaan.[1][2]

Jaringan Syaraf Tiruan merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang mencoba untuk mensimulasikan sebuah proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Jaringan Syaraf Tiruan ini di-implementasikan sebuah metode sistematika untuk pelatihan multilayer didalam Jaringan Syaraf Tiruan. Propagasi balik merupakan algoritma pelatihan jenis terkontrol dimana menggunakan pola penyesuaian didalam komputer sebagai pemodelan proses perhitungan data yang digunakan untuk pembelajaran, mewakili hubungan anatara input dan output yang komplek. Propagasi balik menghasilkan bobot untuk mencapai nilai kesalahan yang minimum antara keluaran hasil prediksi dengan keluaran yang nyata.[3]

Pada penelitian ini akan dilakukan optimasi manuver lepas landas menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik pada ke-empat motor penggerak Quadcopter agar menghasilkan perputaran motor yang lebih akurat sehingga

saat melakukan lepas landas Quadcopter dalam keadaan yang stabil.

## II. METODE

### A. Quadcopter

Quadcopter merupakan jenis pesawat udara aerodinamis bermotor dan bersayap putra yang memiliki 4 buah motor penggerak dan propeller yang diletakan secara simetris diujung-ujung rangkanya. Ke-empat motor penggerak membuat Quadcopter dapat mengatur kecepatan putaran dan arah putaran kedalam yang menyebabkan Quadcopter kehilangan gaya sentrifugal disekitarnya, hal tersebut mengakibatkan Quadcopter dapat terbang dan melakukan manuver. Quadcopter memiliki 4 gerakan dasar dalam mengatur kecepatan putaran motor yaitu, throttle, pitch, yaw, dan roll. Quadcopter juga dapat bergerak dalam 3 arah sumbu yaitu sumbu x, y, dan z.[2][5][6]

#### 1) Throttle

Throttle merupakan gerakan Quadcopter untuk keatas dan kebawah. Hal ini dilakukan dengan cara menaikkan atau menurunkan kecepatan pada semua motor penggerak pada besasaran yang sama, sehingga menghasilkan gaya vertikal pada Quadcopter.

#### 2) Roll

Roll merupakan gerakan Quadcopter untuk berbelok ke kanan dan kiri. Berbelok ke kanan dilakukan dengan sedikit mengurangi kecepatan motor kanan dan sedikit menambahkan kecepatan motor kiri. Berbelok ke kiri dilakukan dengan kebalikan cara kebalikan dari kanan, yaitu sedikit menambahkan kecepatan motor kanan dan mengurangi sedikit kecepatan pada motor kiri. Motor depan dan belakang tidak dilakukan penambahan kecepatan sehingga posisi Quadcopter tetap melayang walau dalam keadaan ke kanan dan kiri.

#### 3) Pitch

Pitch merupakan gerakan Quadcopter untuk maju ke depan dan mundur ke belakang. Maju ke depan dilakukan dengan sedikit mengurangi kecepatan motor depan dan sedikit menambahkan motor belakang. Mundur kebelakang dilakukan dengan sedikit menambahkan kecepatan motor depan dan sedikit mengurangi kecepatan motor belakang. Motor kanan

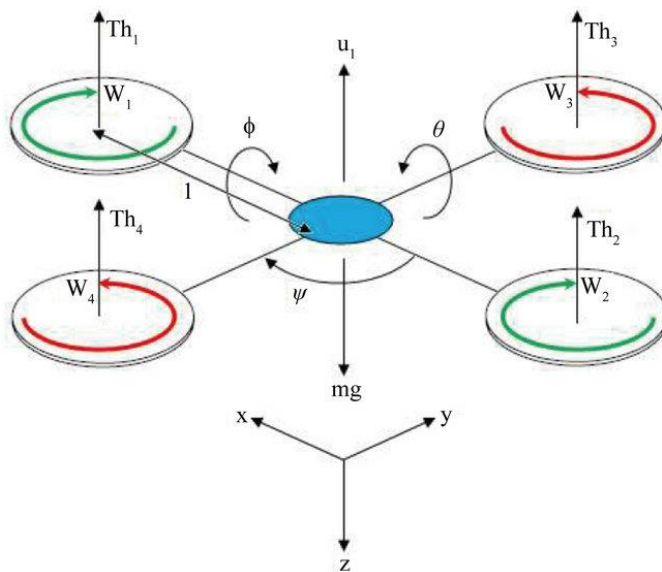
dan kiri tidak dilakukan penambahan kecepatan sehingga posisi Quadcopter tetap melayang walau dalam keadaan maju ke depan dan maju ke belakang.

4) Yaw

Yaw merupakan gerakan Quadcopter untuk berputar ke kanan dan kiri. Putaran ke kiri dilakukan dengan sedikit menambahkan kecepatan motor depan-belakang dan sedikit mengurangi kecepatan motor kanan-kiri. Putaran ke kanan dilakukan dengan sedikit mengurangi kecepatan motor depan-belakang dan sedikit menambahkan kecepatan motor kanan-kiri.

B. Pemodelan Quadcopter

Quadcopter memiliki 6 Degree of Freedom (DoF) yang menghasilkan 12 keadaan (state) keluaran. Keadaan keluaran tersebut menghasilkan gerakan yang merepresentasikan altitude dari quadcopter yakni gerakan translasi (u, v, w) dan gerakan rotasi (φ, Θ, ψ). [1][7]



Gambar. 1. Pemodelan Quadcopter

Sistem dinamika Quadcopter, dinyatakan dengan persamaan.

$$\begin{aligned} \ddot{u}_1 &= (\sin \psi \cos \phi + \cos \psi \sin \theta \cos \phi) \frac{U_1}{m} \\ \ddot{u}_2 &= (-\cos \psi \sin \phi + \sin \psi \sin \theta \cos \phi) \frac{U_1}{m} \\ \ddot{u}_3 &= -g + \cos \theta \cos \phi \frac{U_1}{m} \\ \ddot{\phi} &= \frac{U_2}{I_{xx}} \\ \ddot{\psi} &= \frac{U_3}{I_{yy}} \\ \ddot{\theta} &= \frac{U_4}{I_{zz}} \end{aligned} \tag{1}$$

Keterangan:

- m : massa Quadcopter (kg)
- g : percepatan gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)
- I<sub>xx</sub>, I<sub>yy</sub>, I<sub>zz</sub> : momen inersia pada sumbu Quadcopter (N.m.s<sup>2</sup>)

Dengan persamaan kecepatan propeller dinyatakan dengan.

$$\begin{aligned} U_1 &= b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ U_2 &= bl(-\Omega_2^2 + \Omega_4^2) \\ U_3 &= bl(-\Omega_1^2 + \Omega_3^2) \\ U_4 &= d(-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ \Omega &= -\Omega_1 + \Omega_2 - \Omega_3 + \Omega_4 \end{aligned} \tag{2}$$

Keterangan :

- l : panjang antara sumbu propeller dengan sumbu Quadcopter (m)
- b : faktor dorong dari propeller (Ns<sup>2</sup>)
- d : faktor tarik dari propeller (Nms<sup>2</sup>)

Dimana Ω<sub>n</sub> dengan n = 1,2,3,4 menunjukkan posisi dan arah putar dari masing-masing propeller baik CW maupun CCW.

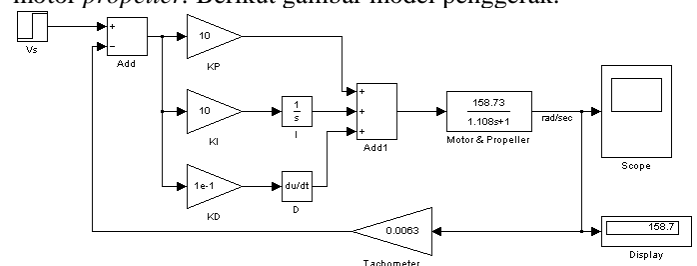
Dari perhitungan fisik dan persamaan maka diperoleh hasil, yang di tunjukkan pada Tabel 1.[1]

TABLE I. PARAMETER FISIK PLANT

NO.	Parameter Fisik	Hasil Pengukuran
1	Faktor dorong (b)	1.1 x 10 <sup>-6</sup> (N.s <sup>2</sup> )
2	Faktor tarik (d)	1.1 x 10 <sup>-6</sup> (N.m.s <sup>2</sup> )
3	Massa Quadcopter (m)	1.3 (Kg)
4	Momen inersia di sumbu x (I <sub>xx</sub> )	8.1 x 10 <sup>-3</sup> (N.m.s <sup>2</sup> )
5	Momen inersia di sumbu y (I <sub>yy</sub> )	8.1 x 10 <sup>-3</sup> (N.m.s <sup>2</sup> )
6	Momen inersia di sumbu z (I <sub>zz</sub> )	14.2 x 10 <sup>-3</sup> (N.m.s <sup>2</sup> )
7	Panjang antara sumbu propeller dengan sumbu Quadcopter (l)	0.27 (m)
8	Percepatan gravitasi bumi (g)	9.81 (m/s <sup>2</sup> )

C. Model Propeller Quadcopter

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Oleh **Hadriansyah** didapat model penggerak menggunakan PID sebagai kontrol motor propeller. Berikut gambar model penggerak.



Gambar. 2. Model Propeller Quadcopter Menggunakan PID

**D. Jaringan Syaraf Tiruan**

Jaringan syaraf tiruan merupakan suatu sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik jaringan syaraf tiruan mirip dengan jaringan syaraf biologi. Jaringan *D network* ditentukan oleh tiga hal yaitu pola hubungan antar unit (arsitektur jaringan), metode untuk menentukan bobot dalam link koneksi (metode pelatihan atau algoritma) dan fungsi.

Berdasarkan cara modifikasi bobotnya, ada dua macam pembelajaran yang dikenal yaitu pembelajaran terawasi dan pembelajaran tidak terawasi. Dalam pembelajaran terawasi, terdapat sejumlah pasangan data (input-target) yang digunakan untuk melatih jaringan sedangkan pembelajaran tak terawasi tidak ada informasi target yang digunakan.[3]

**E. Propagasi Balik**

Propagasi balik merupakan suatu teknik pembelajaran terawasi dan memiliki arsitektur multilayer.

Cara pelatihan propagasi balik terdiri dari tiga tahapan, yaitu *feedforward* dan *backward*. Tahap *feedforward* jaringan diaktifasi pada satu contoh data pelatihan, kemudian *error* tiap *layer* hingga *output layer* dihitung. Tahap *Backward* menggunakan *error* untuk memperbarui bobot. Pembaruan bobot dimulai dari *output layer* yang mempropagasi balik nilai *error* melalui jaringan tiap *layer*. Hal ini dilakukan secara berulang hingga nilai *error* mendekati 0.[3][4]

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \tag{3}$$

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

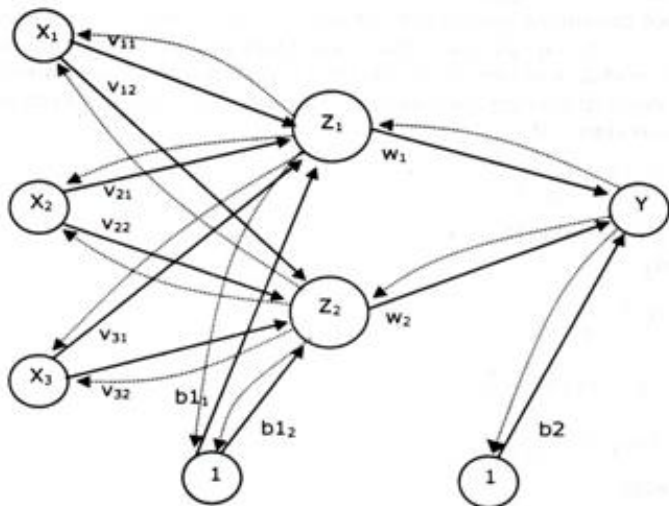
**A. Kontrol Ketinggian Quadcopter**

JST-BP digunakan untuk mengontrol ketinggian dan kestabilan dari Quadcopter. Kontrol kestabilan saat melakukan manuver lepas landas Quadcopter, maka dibutuhkan kendali pada sudut - sudut tertentu yaitu, sudut *pitch*, *roll*, dan *yaw*.

Kontrol ketinggian dibutuhkan untuk mendeteksi dan mengendalikan ketinggian yang diperlukan sehingga saat diberi masukan ketinggian yang diinginkan Quadcopter tidak melewati batas ketinggian. Model Kontrol dari Quadcopter sebagai berikut.

**B. Akuisisi Data Latih**

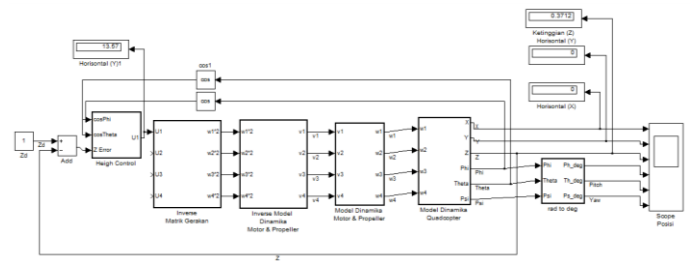
Sebelum melakukan akuisisi data, dibutuhkan nilai Quadcopter dalam keadaan Quadcopter. Mendapatkan nilai tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar. 3. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik

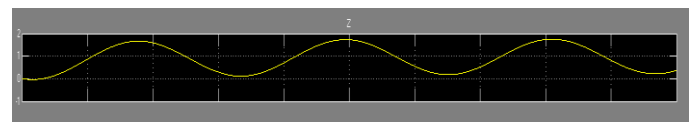
**F. Fungsi Aktivasi**

Fungsi aktivasi digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan suatu neuron. Fungsi yang biasa digunakan pada JST-BP adalah fungsi sigmoid Bipolar. Fungsi ini bersifat nonlinear sehingga sangat baik jika digunakan untuk penyelesaian masalah yang kompleks. Fungsi ini memiliki interval output antara -1 sampai 1. Fungsi Sigmoid Bipolar ditulis secara matematis adalah.



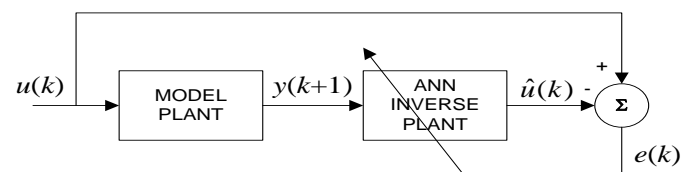
Gambar. 4. Model Mencari Saat Keadaan Hover

Diberi sinyal masukan secara *random* menggunakan blok *uniform random number* dengan nilai sinyal *min* = 10,7 dan *max* = 16,7. Nilai tersebut didapat setelah mendapatkan nilai pada U1 pada keadaan hover yaitu 13,7. Hasil grafik ketinggian saat mengakuisisi data latih.



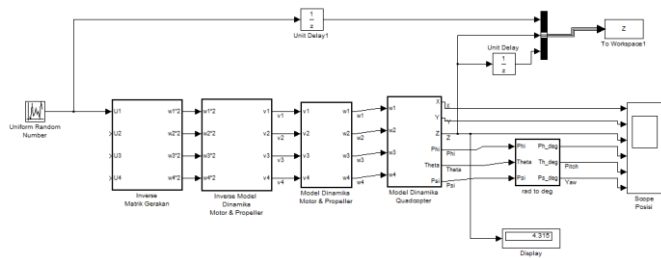
Gambar. 5. Model Untuk Mencari Saat Keadaan Hover

Akuisisi data latih menggunakan jaringan syaraf tiruan *inverse plant* dengan model sebagai berikut.



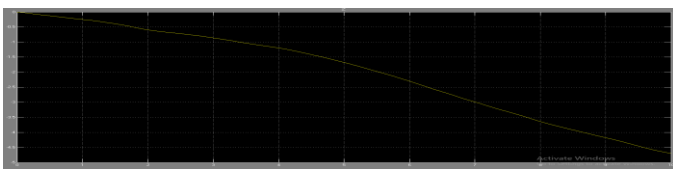
Gambar. 6. Model Akuisisi Data Latih Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Inverse Plant

Dengan model jaringan syaraf tiruan *inverse plant* akuisisi data didapatkan dengan cara memberi sinyal random pada *input plant* dan *output* dari sinyal tersebut dijadikan sebagai data latih untuk JST-BP. Berikut gambar akuisisi data latih.



Gambar. 7. Akuisisi data Latih Pada model Quadcopter Orde Satu

Berikut grafik ketinggian untuk setiap akuisisi data latih pada orde.



Gambar. 8. Grafik Ketinggian(z) Akuisisi Data Pada Orde Satu

### C. Melatih Data

Menggunakan aplikasi script matlab dilakukan pelatihan data dengan fungsi sebagai berikut.

```
P = [double(Z(:,2))'; double(Z(:,3))'];
T = [double(Z(:,1))'];
```

P merupakan inputan dan T adalah target yang ingin dicapai. Nilai Z didapat dari hasil sinyal random pada JST *inverse plant*.  $P = [\text{double}(Z(:,2))'; \text{double}(Z(:,3))']$ ; adalah nilai dari ketinggian dan *inverse* ketinggian dari *plant* Quadcopter.  $T = [\text{double}(Z(:,1))']$ ; adalah nilai sinyal random.

```
net = newff(P,T,[165,1]);
```

Fungsi *newff* merupakan fungsi untuk membangkitkan JST-BP. Nilai 165 adalah jumlah *neuron* dan 1 adalah jumlah *output layer*.

```
net.trainparam.epochs = 10000;
net.trainParam.goal=0.0001;
```

Jumlah maksimal *epoch* yang ditentukan adalah 1000 dan target *error* yang ditentukan adalah 0.0001.

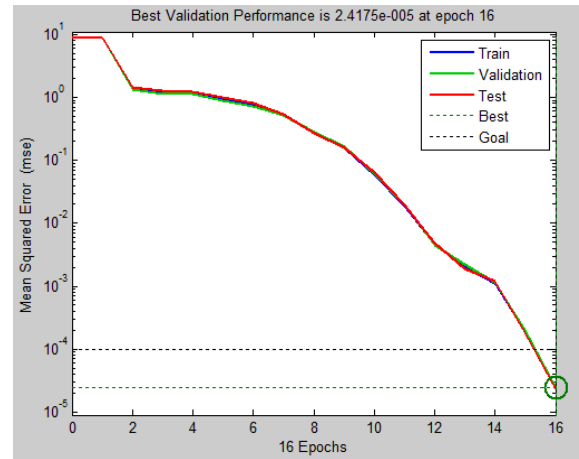
```
bp=train(net,P,T);
```

Fungsi diatas merupakan fungsi pelatihan dengan target *error* dan *neuron* yang telah ditentukan.

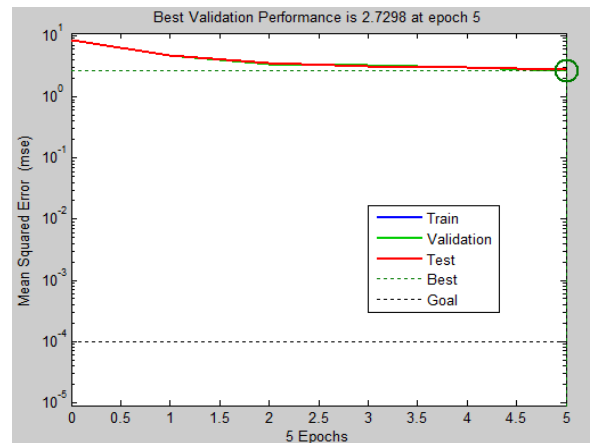
### D. Hasil Pelatihan JST-BP

Setelah dilakukan beberapa kali pelatihan dengan jumlah *hidden layer* yang berubah-ubah maka didapat hasil sebagai berikut.

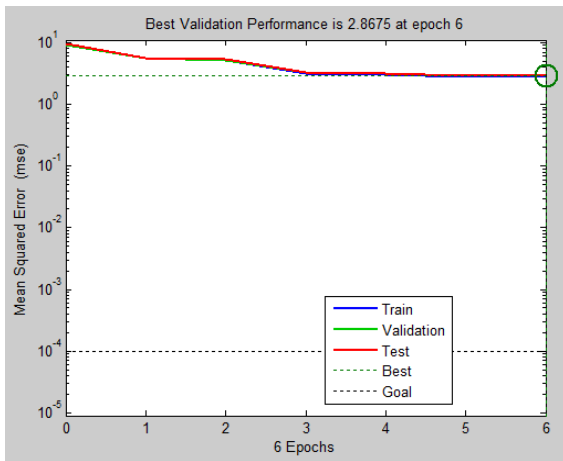
- Orde 1



Gambar. 9. Hasil Performansi Orde Satu Untuk Ketinggian(z) = 1 Dengan Jumlah Hidden Layer = 50

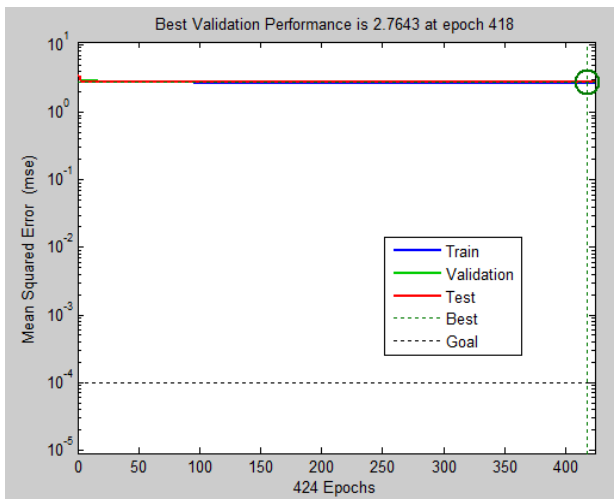


Gambar. 10. Hasil Performansi Orde Satu Untuk Ketinggian(z) = 1 Dengan Jumlah Hidden Layer = 70

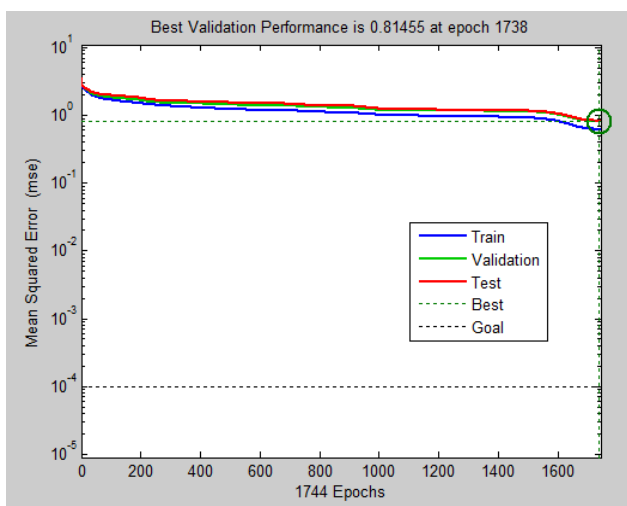


Gambar. 11. Hasil Performansi Orde Satu Untuk Ketinggian( $z$ ) = 1 Dengan Jumlah Hidden Layer = 100

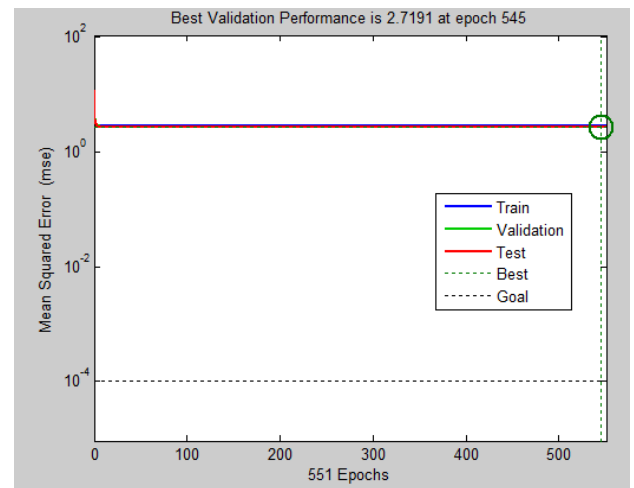
• Orde 3



Gambar. 12. Hasil Performansi Orde Tiga Untuk Ketinggian( $z$ ) = 1 Dengan Jumlah Hidden Layer = 50

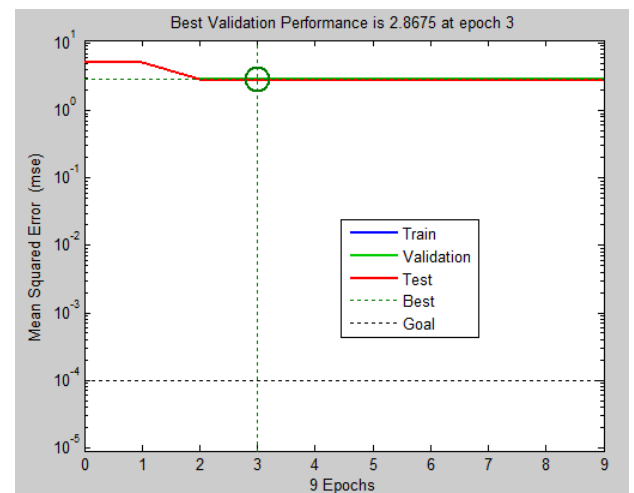


Gambar. 13. Hasil Performansi Orde Tiga Untuk Ketinggian( $z$ ) = 1 Dengan Jumlah Hidden Layer = 70

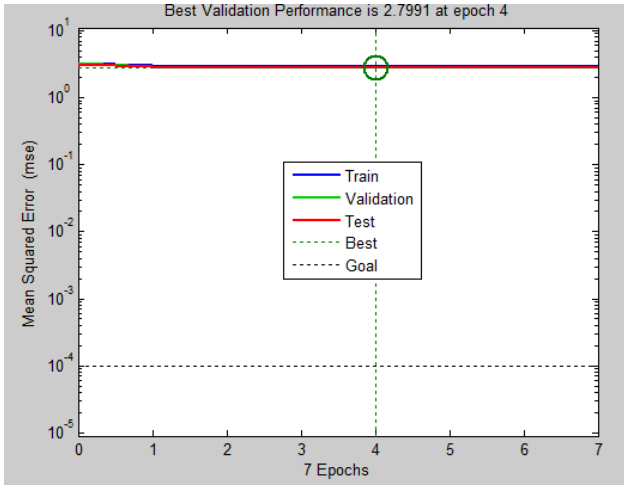


Gambar. 14. Hasil Performansi Orde Tiga Untuk Ketinggian( $z$ ) = 1 Dengan Jumlah Hidden Layer = 100

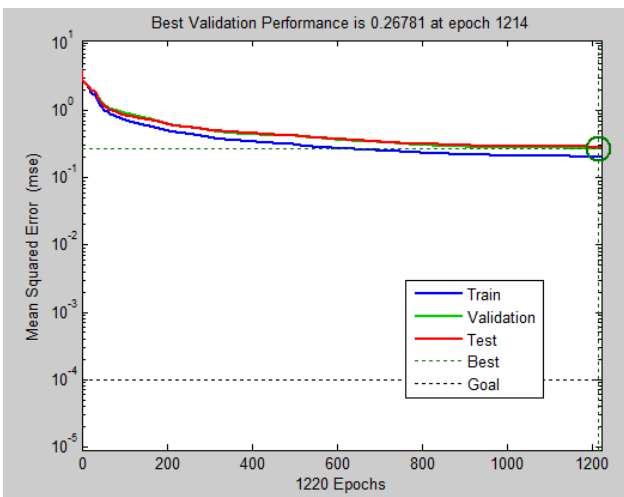
• Orde 4



Gambar. 15. Hasil Performansi Orde Empat Untuk Ketinggian( $z$ ) = 1 Dengan Jumlah Hidden Layer = 50



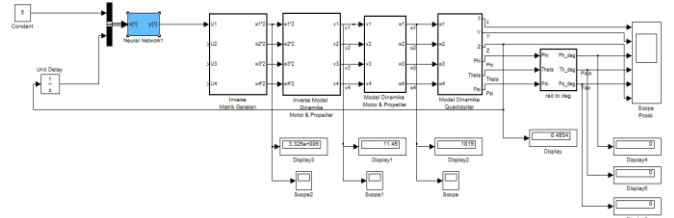
Gambar. 16. Hasil Performansi Orde Tiga Untuk Ketinggian(z) = 1 Dengan Jumlah Hidden Layer = 70



Gambar. 17. Hasil Performansi Orde Tiga Untuk Ketinggian(z) = 1 Dengan Jumlah Hidden Layer = 100

E. Pengujian

Setelah mendapatkan hasil pelatihan, maka diterapkan pada model yang sama seperti mengakuisisi data latih. Seperti gambar berikut.



Gambar. 18. Gambar Model Quadcopter Menggunakan JST-BP Orde Satu

Berikut Tabel hasil Pelatihan JST-BP.

TABLE II. HASIL PELATIHAN KETINGGIAN(Z) ORDE SATU

Hidden Layer	Train	Z							
		1	3	5	7	9	11	13	15
50	1	-119.5	-119.5	-119.5	-119.5	-119.5	-119.5	-119.5	-119.5
	3	2.505	1.402	-0.6257	-4.746	-7.474	-0.726	-11.8	-11.8
	5	-24.7	14.4	10.45	-38.58	-42.01	-45.22	-48.12	-50.54
	10	3.007	6.756	6.757	-1.456	-8.98	-17.41	-24.91	-32.34
70	1	-2.357	-2.357	-2.357	-2.357	-2.357	-2.357	-2.357	-2.357
	3	42.77	42.77	42.77	42.77	42.77	42.77	42.77	42.77
	5	-16.86	0.05385	0.05419	-4.085	-12.85	-15.9	-17.7	-19.71
	10	-114.9	-114.9	23.9	19.26	9.799	7.679	5.703	3.396
100	1	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2
	3	2.822	6.445	0.7028	1.481	9.188	21.5	31.59	39.7
	5	-86.57	-85.44	-76.64	-85.54	-81.77	-72.3	-62.94	-61.47
	10	16.62	16.62	2.1	16.57	14.3	11.77	13.08	14.3

TABLE III. HASIL PELATIHAN KETINGGIAN(Z) ORDE TIGA

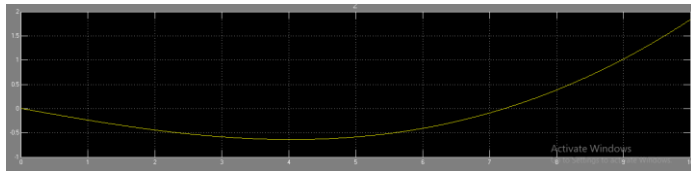
Hidden Layer	Train	Z							
		1	3	5	7	9	11	13	15
50	1	-1.541	-1.128	-1.128	-1.128	-1.128	-1.128	-1.128	-1.128
	3	0.1913	0.1913	0.1913	0.1913	0.1913	0.1913	0.1913	0.1913
	5	11.04	10.75	10.59	10.59	11.59	11.59	11.59	10.9

	<b>10</b>	-0.05698	-0.05698	-0.05698	-0.05698	-0.05698	-0.05698	-0.05698	-0.05698
<b>70</b>	<b>1</b>	-0.9247	-0.9247	-0.9247	-0.9247	-0.9247	-0.9247	-0.9247	-0.9247
	<b>3</b>	2.681	3.785	4.247	4.118	2.642	3.596	4.316	4.316
	<b>5</b>	-0.5352	-0.5352	-0.446	0.3632	0.3632	0.3632	0.3632	0.3632
	<b>10</b>	-2.099	-2.099	-2.099	-2.088	-1.8	-1.919	-2.079	-2.095
<b>100</b>	<b>1</b>	-10.91	-14.6	4.652	1.833	8.358	-10.78	-10.82	-19.22
	<b>3</b>	-2.107	-3.186	-4.148	-7.035	-7.307	-7.532	-7.201	-7.245
	<b>5</b>	-0.9502	-0.9502	-0.9502	-0.9502	-0.9502	-0.9502	-0.9502	-0.9502
	<b>10</b>	-25.22	-10.7	-9.752	-10.03	-0.4436	0.477	63.28	70.63

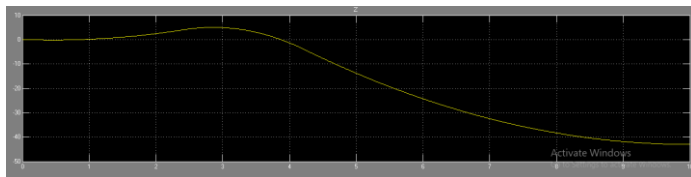
TABLE IV. HASIL PELATIHAN KETINGGIAN(Z) ORDE EMPAT

Hidden Layer	Train	Z							
		1	3	5	7	9	11	13	15
<b>50</b>	<b>1</b>	1.836	1.821	1.821	1.821	1.945	1.449	1.47	1.521
	<b>3</b>	1.105	1.105	1.005	-5.54	-9.1	-11.05	-13.47	16.54
	<b>5</b>	14.31	14.43	14.43	14.4	14.34	14.34	14.34	14.34
	<b>10</b>	-490.5	-490.5	-490.5	-490.5	-490.5	-490.5	-490.5	-490.5
<b>70</b>	<b>1</b>	-43.01	-42.7	-44.1	-40.42	-38.4	-35.677	-32.86	-19.96
	<b>3</b>	-4.153	-4.163	-3.844	-3.927	-3.961	-3.955	-3.965	-19.96
	<b>5</b>	-1.537	-1.537	-1.537	-1.537	-1.537	-1.537	-1.537	-1.537
	<b>10</b>	-0.7897	-0.7897	-0.7897	-0.7897	-0.7897	-0.7897	-0.7897	-0.7897
<b>100</b>	<b>1</b>	15.93	15.92	15.79	13.94	8.998	6.911	3.36	4.71
	<b>3</b>	-5.295	-5.501	-5.501	-5.501	-5.501	-5.501	-5.501	-5.501
	<b>5</b>	-1.554	-3.694	-3.694	-3.694	-3.694	-3.694	-3.694	-3.694
	<b>10</b>	-58.09	-41.72	-20.78	-1.555	-36.05	-31.41	-27.33	-18.97

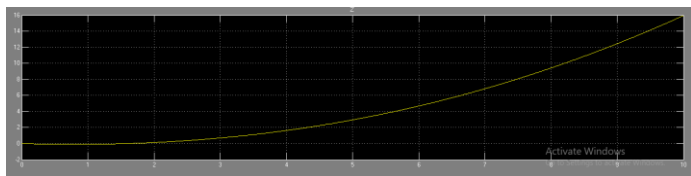
Grafik ketinggian hasil pelatihan sebagai berikut.



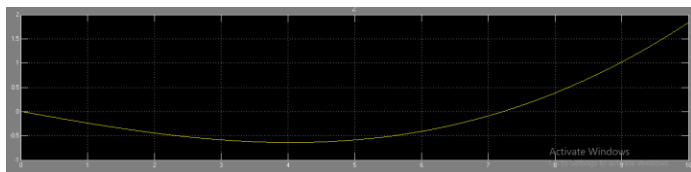
Gambar. 19. Grafik Ketinggian(z) = 1 Pada Orde Satu Hidden Layer =50



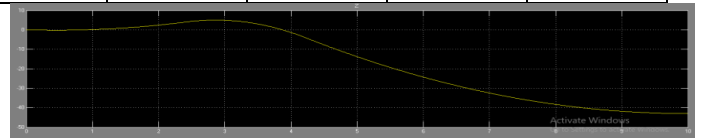
Gambar. 20. Grafik Ketinggian(z) = 1 Pada Orde Satu Hidden Layer =70



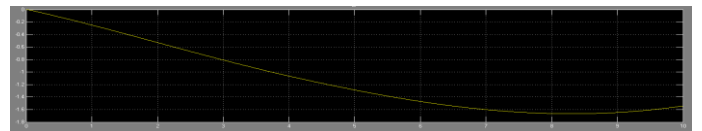
Gambar. 21. Grafik Ketinggian(z) = 1 Pada Orde Satu Hidden Layer =100



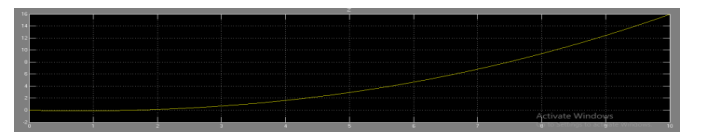
Gambar. 22. Grafik Ketinggian(z) = 1 Pada Orde Tiga Hidden Layer =50



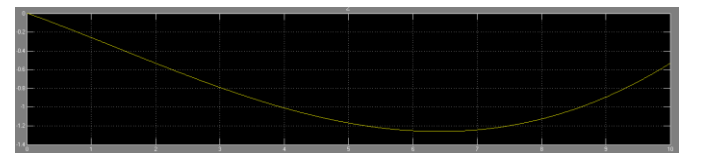
Gambar. 23. Grafik Ketinggian(z) = 1 Pada Orde Tiga Hidden Layer =70



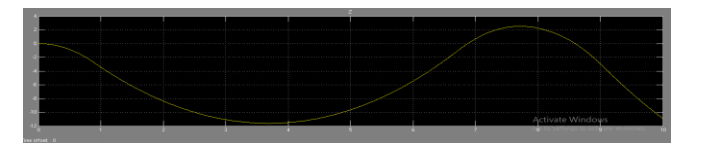
Gambar. 24. Gambar 1. Grafik Ketinggian(z) = 1 Pada Orde Tiga Hidden Layer =100



Gambar. 25. Grafik Ketinggian(z) = 1 Pada Orde Empat Hidden Layer =50



Gambar. 26. Gambar 2. Grafik Ketinggian(z) = 1 Pada Orde Empat Hidden Layer =70



Gambar. 27. Grafik Ketinggian(z) = 1 Pada Orde Empat Hidden Layer =100

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa percobaan yang dilakukan untuk melakukan optimasi dengan metode JST-BP sudah sesuai dengan ketentuan yang ada, tetapi output yang diinginkan masih belum sesuai dengan input ketinggian yang diharapkan. Dilakukan beberapa cara dalam memperbaiki output yaitu dengan menggunakan jumlah hidden layer dan jumlah orde yang berbeda.

#### REFERENCES

- [1] Harandi, F.J. Khorani, Vahid, dan Shahri.A. Mohammad. 2010. Modeling, Simulation and Implementation of a Quadrotor. RoboCup Iran Open 2010 Symposium. Iranian RoboCup National Committee. Teheran. Iran.
- [2] Kusuma W, Effendi. R, Iskandar E. 2012. Perancangan dan Implementasi Kontrol Fuzzy-PID pada Pengendalian Take-Off Quadcopter UAV. Jurnal Teknik Pomits Vol.1, No.1.
- [3] Djalal M, Hutoro K, Imran A. 2017. Kontrol Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Algoritma Backpropagation Neural Network. Jurnal ELKOMIKA. Vol. 5. No.2
- [4] Wiryadinata R, Ratnawati D. 2005 Simulasi Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Metode *Backpropagation* Sebagai Pengendali Kecepatan Motor DC. 2005. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi.
- [5] Setyawan G, Setiawan E, Kurniawan W. 2015. Sistem Kendali Ketinggian Quadcopter Menggunakan PID. Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Vol. 2. No. 2
- [6] Hamdani C, Effendie R, Iskandar E. 2013. Perancangan Autonomus Landing pada Quadcopter Menggunakan *Behaviour-Based Intelligent Fuzzy Control*. Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, No.2
- [7] Bresciani, Tomasso. 2008. *Modelling, Identification and Control of a Quadrotor Helicopter*. Master Thesis, ISSN 0280-5316, Lund University Department of Automatic Control- Sweden.