

**TUGAS AKHIR - TF 181801**

**PERANCANGAN *DEMAND FORECAST* UNTUK SUKU  
CADANG *CARTRIDGE EXCAVATOR* MENGGUNAKAN  
METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE  
SYSTEM (ANFIS)* BERDASARKAN FAKTOR EKONOMI  
DAN CUACA**

**MARSA ADYANINGGAR KELASWORO**

**NRP 02311840000127**

Dosen Pembimbing

**Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.**

**NIP 19630907 198903 1 004**

**Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.**

**NIP 19840706 200912 2 007**

**Program Studi S1 Teknik Fisika**

Departemen Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



**TUGAS AKHIR - TF 181801**

**PERANCANGAN *DEMAND FORECAST* UNTUK SUKU CADANG *CARTRIDGE EXCAVATOR* MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)* BERDASARKAN FAKTOR EKONOMI DAN CUACA**

**MARSA ADYANINGGAR KELASWORDO**

**NRP 02311840000127**

Dosen Pembimbing

**Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.**

**NIP 19630907 198903 1 004**

**Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.**

**NIP 19840706 2009122 007**

**Program Studi S1 Teknik Fisika**

Departemen Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**FINAL PROJECT - TF 181801**

***DEMAND FORECAST DESIGN FOR EXCAVATOR  
CARTRIDGE PARTS USING ADAPTIVE NEURO FUZZY  
INFERENCE SYSTEM (ANFIS) BASED ON ECONOMIC  
AND WEATHER FACTORS***

**MARSA ADYANINGGAR KELASWORO**

**NRP 02311840000127**

Advisor

**Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.**

**NIP 19630907 198903 1 004**

**Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.**

**NIP 19840706 200912 2 007**

**Study Program S1 Engineering Physics**

Department of Engineering Physics

Faculty of Industrial Technology and System Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Marsa Adyaninggar Kelasworo  
NRP : 02311840000127  
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Perancangan *Demand Forecast* untuk Suku Cadang *Cartridge Excavator* Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) Berdasarkan Faktor Ekonomi dan Cuaca” adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 15 Juni 2022

Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in blue ink is written over a yellow postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '2000 METERAI TEMPEL' and '591AJX889473276'.

Marsa Adyaninggar Kelasworo

NRP. 02311840000127

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN *DEMAND FORECAST* UNTUK SUKU CADANG  
*CARTRIDGE EXCAVATOR* MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO  
FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)* BERDASARKAN FAKTOR EKONOMI  
DAN CUACA**

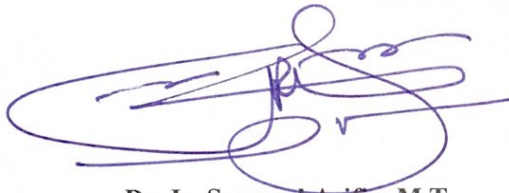
Oleh:

**Marsa Advaninggar Kelasworo**

**NRP. 02311840000127**

Surabaya,

Menyetujui,  
Pembimbing I



**Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.**  
**NIP. 19630907 198903 1 004**

Menyetujui,  
Pembimbing II

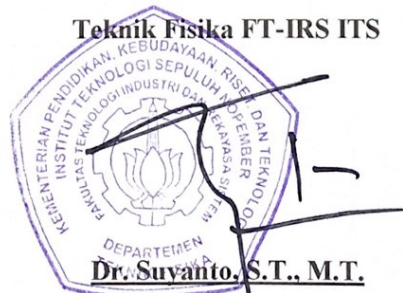


**Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.**  
**NIP. 19840706 200912 2 007**

Mengetahui,

Kepala Departemen

Teknik Fisika FT-IRS ITS



**Dr. Suyanto, S.T., M.T.**  
**NIP. 19711113 199512 1 002**



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN *DEMAND FORECAST* UNTUK SUKU CADANG  
*CARTRIDGE EXCAVATOR* MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO  
FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)* BERDASARKAN FAKTOR EKONOMI  
DAN CUACA  
TUGAS AKHIR**


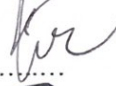


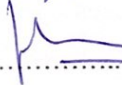
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MARSA ADYANINGGAR KELASWORDO**

**NRP. 02311840000127**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- |  |   |                 |
|--|---|-----------------|
| 1. Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.              |  | (Pembimbing I)  |
| 2. Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D. |  | (Pembimbing II) |
| 3. Dr. Suyanto, S.T., M.T.                   |  | (Ketua Penguji) |
| 4. Muhammad Khamim Asy'ari, S.T., M.T.       |  | (Penguji I)     |
| 5. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.     |  | (Penguji II)    |

**SURABAYA**

**2022**

ix

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PERANCANGAN *DEMAND FORECAST* UNTUK SUKU CADANG  
*CARTRIDGE EXCAVATOR* MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE  
NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS) BERDASARKAN  
FAKTOR EKONOMI DAN CUACA**

**Nama** : Marsa Adyaninggar Kelasworo  
**NRP** : 02311840000127  
**Departemen** : Teknik Fisika FTIRS - ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.  
Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

**ABSTRAK**

Proses pengadaan persediaan suku cadang *cartridge* pada *excavator* menjadi salah satu tantangan yang dialami PT. XYZ, akibat angka *demand* suku cadang yang sangat fluktuatif dan pola *demand* suku cadang yang tidak menentu. Peneliti melakukan perancangan model *demand forecast* suku cadang *cartridge excavator* untuk meningkatkan pelayanan purna jual dalam ketepatan waktu penyediaan suku cadang *cartridge* bagi pelanggan dan meningkatkan keuntungan yang optimal bagi PT. XYZ. Peneliti menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan variabel input yaitu harga jual suku cadang, PDB, dan lama penyinaran matahari. Performansi metode *demand forecast* yang diusulkan yaitu ANFIS, dibandingkan dengan metode *demand forecast* yang digunakan oleh PT. XYZ yaitu *Moving Average*. Hasil uji akurasi menunjukkan nilai *error* ANFIS untuk kedua tipe *cartridge* secara berurutan sebesar MAD 2.80 dan 7.24, MSE 15.03 dan 87.04. Metode *Moving Average* menghasilkan nilai *error* sebesar MAD 4.82 dan 9.30, MSE 53.02 dan 234.68. Kesimpulan yang didapatkan yaitu metode ANFIS adalah metode *demand forecast* dengan performansi atau tingkat akurasi yang lebih baik daripada metode *Moving Average*.

**Kata Kunci:** *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS), *Demand Forecast*, *Moving Average* (MA), Suku Cadang *Cartridge*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

***DEMAND FORECAST DESIGN FOR EXCAVATOR CARTRIDGE  
PARTS USING ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM  
(ANFIS) BASED ON ECONOMIC AND WEATHER FACTORS***

***Name*** : Marsa Adyaninggar Kelasworo  
***NRP*** : 02311840000127  
***Department*** : Engineering Physics FTIRS - ITS  
***Supervisors*** : Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.  
Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

***ABSTRACT***

The highly volatile demand for spare parts and the uncertain pattern of spare parts demand caused the process of procuring spare parts for cartridges on excavators is one of the challenges experienced by PT. XYZ. The researcher designed a demand forecast model for excavator cartridge spare parts using the Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) method with input variables, selling price, GDP, and duration of sunlight. In this study, the performance of ANFIS is compared with the demand forecast method used by PT. XYZ i.e. Moving Average (MA). From the results of the accuracy test, the ANFIS error values for both types of cartridges are MAD 2.80 and 7.24, MSE 15.03 and 87.04. Meanwhile, with the Moving Average method, the error values are MAD 4.82 and 9.30, MSE 53.02 and 234.68. So it can be concluded that the ANFIS method is a demand forecast method with better performance or accuracy than the Moving Average method.

***Keywords: Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS), Cartridge Spare Parts, Demand Forecast, Moving Average (MA)***

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kemudahan dalam menyusun laporan tugas akhir dengan judul “Perancangan *Demand Forecast* untuk Suku Cadang *Cartridge Excavator* Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) Berdasarkan Faktor Ekonomi dan Cuaca”. Penulis dapat menyelesaikan ini semua tidak terlepas atas bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin berterimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Suyanto, S.T., M.T. sebagai Kepala Departemen Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T. dan Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, mengarahkan, membimbing penulis, dan memberikan dukungan serta semangat untuk penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Suyanto, S.T., M.T., Bapak Muhammad Khamim Asy’ari, S.T., M.T., dan Ibu Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. sebagai dosen penguji sidang tugas akhir yang telah memberikan saran dan masukan untuk penulis.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika ITS yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
5. Ayah, mama, adik, dan keluarga penulis yang selalu mendukung serta mendoakan penulis.
6. Teman – teman Angkatan 2018 Teknik Fisika ITS yang saling mendukung dan memberi semangat untuk menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini.
7. Izza Rachma Jesika dan Diah Ayu Melenia yang membantu selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Semoga laporan tugas akhir ini dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya.

Surabaya, 15 Juni 2022

Penulis



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
COVER PAGE .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	v
LEMBAR PENGESAHAN .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN .....	ix
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
KATA PENGANTAR .....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Laporan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	7
2.1 Alat Berat <i>Excavator</i> .....	7
2.2 Metode <i>Demand Forecast</i> .....	9
2.3 Pengaruh Faktor Ekonomi terhadap <i>Demand Forecast</i> .....	11
2.4 Pengaruh Faktor Cuaca terhadap <i>Demand Forecast</i> .....	12
2.5 Interpolasi.....	13
2.6 Uji Korelasi ( <i>Rank Spearman</i> ).....	14
2.7 ANFIS .....	16
2.8 Uji Akurasi .....	19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	21
3.1 Identifikasi Masalah .....	22
3.2 Studi literatur .....	22
3.3 Pengumpulan Data .....	22
3.4 Uji Korelasi .....	24
3.5 Perancangan Model <i>Demand Forecast</i> Menggunakan Metode ANFIS dan MA .....	25
3.6 Pengujian Akurasi .....	28
3.7 Komparasi Hasil Akurasi Rancangan Model ANFIS dan MA .....	28
3.8 Analisa Data dan Pembahasan .....	29
3.9 Kesimpulan dan Saran .....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	31
4.1 Hasil Pengumpulan Data .....	31
4.2 Analisa Hasil Uji Multikolinearitas .....	37
4.3 Analisa Hasil Uji Korelasi .....	39
4.4 Analisa Hasil Perancangan <i>Demand Forecast</i> Metode ANFIS .....	44
4.5 Analisa Hasil Perancangan <i>Demand Forecast</i> Metode MA .....	51
4.6 Analisa Komparasi Hasil Uji Akurasi <i>Demand Forecast</i> ANFIS dan MA .....	54
4.7 Pembahasan .....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	61
5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	63
LAMPIRAN .....	lxix
BIODATA PENULIS .....	cix

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Komponen <i>Excavator</i> Hidraulik (Arparts, 2020).....	8
<b>Gambar 2.2</b> Komponen Dasar Sistem Hidraulik (Arparts, 2020).....	8
<b>Gambar 2.3</b> Suku Cadang <i>Cartridge</i> pada <i>Excavator</i> .....	9
<b>Gambar 2.4</b> Struktur ANFIS (Wu, Hsu, & Chen, 2008).....	17
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	21
<b>Gambar 3.2</b> Arsitektur Model <i>Demand Forecast</i> Menggunakan Metode ANFIS.....	25
<b>Gambar 3.3</b> Toolbox <i>Neuro-Fuzzy Designer</i> .....	27
<b>Gambar 3.4</b> Arsitektur Model ANFIS pada Matlab 2021b.....	27
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Data Historis Penjualan Suku Cadang <i>Cartridge</i> NPN 600-319-3550 .....	32
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Data Historis Penjualan Suku Cadang <i>Cartridge</i> NPN 600-319-4540 .....	32
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Data Harga Jual Suku Cadang <i>Cartridge</i> NPN 600-319-3550.....	33
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Data Harga Jual Suku Cadang <i>Cartridge</i> NPN 600-319-4540.....	33
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Data PDB Indonesia 2010-2021 .....	35
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Data Suhu Udara NTB 2010-2021.....	35
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Data Curah Hujan NTB 2010-2021 .....	36
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Data Kecepatan Angin 2010-2021.....	36
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Data Lama Penyinaran Matahari 2010-2021 .....	37
<b>Gambar 4.10</b> Arsitektur ANFIS 2 Variabel Input.....	46
<b>Gambar 4.11</b> Arsitektur ANFIS 3 Variabel Input.....	46
<b>Gambar 4.12</b> Sistem ANFIS, dua input, satu output, sembilan <i>rules</i> .....	48
<b>Gambar 4.13</b> <i>Rule Surface</i> Skenario 1 NPN 3550 Variabel Harga Jual dan PDB.....	48
<b>Gambar 4.14</b> Sistem ANFIS, tiga input, satu output, 27 <i>rules</i> .....	49
<b>Gambar 4.15</b> <i>Rule Surface</i> Skenario 5 NPN 4540 Variabel Harga Jual dan Lama Penyinaran Matahari .....	49
<b>Gambar 4.16</b> <i>Rule Surface</i> Skenario 5 NPN 4540 Variabel PDB dan Lama Penyinaran Matahari .....	50
<b>Gambar 4.17</b> Grafik Perbandingan <i>Demand</i> Aktual dan <i>Demand Forecast</i> pada model ANFIS Terbaik (Skenario 1) untuk <i>Cartridge</i> NPN 600-319-3550 .....	50
<b>Gambar 4.18</b> Grafik Perbandingan <i>Demand</i> Aktual dan <i>Demand Forecast</i> pada model ANFIS Terbaik (Skenario 5) untuk <i>Cartridge</i> NPN 600-319-4540 .....	51

**Gambar 4.19** Grafik Perbandingan *Demand* Aktual dan *Demand Forecast* pada *Moving Average* untuk *Cartridge* NPN 600-319-3550 .....53

**Gambar 4.20** Grafik Perbandingan *Demand* Aktual dan *Demand Forecast* pada *Moving Average* untuk *Cartridge* NPN 600-319-4540 .....53

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Interpretasi nilai $\rho$ Spearman (Dancey & Reidy, 2004).....	15
<b>Tabel 3.1</b> Kumpulan Data .....	23
<b>Tabel 3.2</b> Skenario Perancangan Model ANFIS .....	26
<b>Tabel 4.1</b> Data Historis Penjualan Suku Cadang <i>Cartridge</i> .....	31
<b>Tabel 4.2</b> Data PDB Tahun 2010 dalam Triwulanan.....	34
<b>Tabel 4.3</b> Contoh Perhitungan Interpolasi <i>Quadratic Match Average</i> .....	34
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan Nilai $R$ Korelasi .....	38
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Uji Multikolinearitas.....	39
<b>Tabel 4.6</b> Perhitungan Ranking Statistik.....	40
<b>Tabel 4.7</b> Diferensiasi Ranking Statistik.....	41
<b>Tabel 4.8</b> Kuadrat Diferensiasi Ranking Statistik.....	41
<b>Tabel 4.9</b> Perkalian Diferensiasi Ranking Statistik Dua Variabel .....	42
<b>Tabel 4.10</b> Hasil Uji Korelasi NPN 600-319-3550 .....	43
<b>Tabel 4.11</b> Hasil Uji Korelasi NPN 600-319-4540.....	44
<b>Tabel 4.12</b> Jumlah Fungsi Keanggotaan .....	45
<b>Tabel 4.13</b> Skenario Perancangan Model ANFIS .....	45
<b>Tabel 4.14</b> Hasil Uji Akurasi <i>Demand Forecast</i> ANFIS pada <i>Cartridge</i> NPN 600-319-3550 .....	47
<b>Tabel 4.15</b> Hasil Uji Akurasi <i>Demand Forecast</i> ANFIS pada <i>Cartridge</i> NPN 600-319-4540 .....	47
<b>Tabel 4.16</b> Hasil <i>Demand Forecast</i> Menggunakan <i>Moving Average</i> NPN 600-319-3550	52
<b>Tabel 4.17</b> Hasil <i>Demand Forecast</i> Menggunakan <i>Moving Average</i> NPN 600-319-4540	52
<b>Tabel 4.18</b> Hasil Uji Akurasi <i>Demand Forecast</i> MA pada <i>Cartridge</i> NPN 600-319-3550	54
<b>Tabel 4.19</b> Hasil Uji Akurasi <i>Demand Forecast</i> MA pada <i>Cartridge</i> NPN 600-319-4540	54
<b>Tabel 4.20</b> Perbandingan Nilai <i>Error</i> Metode ANFIS dan MA pada NPN 600-319-3550 dan NPN 600-319-4540.....	55

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perekonomian Indonesia mengalami penurunan pada kuartal kedua tahun 2020. Pandemi COVID-19 yang kemudian disertai pembatasan mobilitas menyebabkan perekonomian dunia mengalami kontraksi minus 3,2% dari sisi pertumbuhan ekonominya menurut Menkeu Sri Mulyani Indrawati dalam acara Seminar Nasional ISEI Tahun 2021 (Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2021). Pemerintah menjadikan pembangunan infrastruktur sebagai salah satu prioritas untuk mempercepat pertumbuhan dan pemulihan ekonomi nasional pada tahun 2021. Hal ini terlihat dari alokasi pagu anggaran Kementerian PUPR yang mencapai sekitar Rp 149,8 triliun tertinggi di antara seluruh Kementerian atau Lembaga (BPIW, 2021).

Pembangunan infrastruktur berkaitan erat dengan kebutuhan kesiapan sumber daya konstruksi, salah satunya ialah ketersediaan mesin konstruksi. Mesin konstruksi khususnya alat berat dan suku cadangnya diperlukan untuk melakukan pembangunan infrastruktur di Indonesia. PT. XYZ merupakan salah satu distributor alat berat terkemuka dan terbesar di Indonesia, menyediakan produk dari merek - merek terkenal di dunia seperti Komatsu, UD Trucks, Scania, Bomag, Tadano, dan Komatsu Forest. PT. XYZ bekerja sama dengan beberapa pelanggan atau perusahaan di segmen usaha industri konstruksi jalan tol, pembangunan pembangkit listrik dan pertambangan batu bara.

PT. XYZ memberikan jaminan layanan purna jual menyeluruh bagi pelanggan yang mencakup ketepatan waktu *On-Time-In-Full* (OTIF) untuk pengiriman suku cadang. PT. XYZ terus melakukan perbaikan logistik suku cadang dan model *demand forecast* agar ketersediaan suku cadang tetap tercukupi dalam mencapai dukungan layanan purna jual. PT. XYZ mengimpor persediaan suku cadang dari berbagai negara sesuai dengan asal pabrikan merek unit alat berat yang dinaunginya. Proses pengadaan persediaan suku cadang menjadi salah satu tantangan yang dialami PT. XYZ dikarenakan pembatasan antar negara dan angka *demand* suku cadang yang sangat fluktuatif (*lumpy*) di tengah pandemi COVID-19 (Mobarakeh, Shahzad, Baboli, & Tonadre, 2017). Hal ini berpengaruh pada kerugian finansial yang ditunjukkan dari data penurunan pendapatan PT. XYZ di tahun 2020, yakni sebesar 34% dari penjualan suku cadang dan jasa pemeliharaan alat.



Akurasi *demand forecast* berperan penting dalam hal ini, *demand forecast* memengaruhi performansi dari kinerja rantai pasok. Manajemen *demand* suku cadang merupakan aspek penting dalam manufaktur dan rantai pasok. Selain itu, penentuan metode *demand forecast* dan pengendalian persediaan adalah tantangan yang paling sulit dilakukan. Persediaan suku cadang harus tersedia pada titik-titik yang tepat dalam rantai pasokan untuk menyediakan layanan purna jual dan menjamin tingkat layanan yang ditargetkan. Namun ada beberapa aspek yang membuat *demand* suku cadang dan manajemen persediaan menjadi hal yang kompleks, yaitu banyaknya suku cadang yang dikelola, adanya pola *demand* yang terputus-putus (*intermittent*) atau tidak stabil (*lumpy*), dan risiko stok yang rusak. Ketika terdapat sejumlah besar suku cadang dengan sifatnya yang *intermittent* atau *lumpy*, maka dibutuhkan perhatian khusus dalam melakukan *demand forecast*. Pola *demand* suku cadang yang berfluktuatif dan rendahnya akurasi *demand forecast* dapat berdampak pada kerugian finansial (*inventory holding* dan *shortage costs*) (Mobarakeh, Shahzad, Baboli, & Tonadre, 2017).

Data *demand* suku cadang di PT. XYZ menunjukkan bahwa suku cadang dengan merek Komatsu yaitu *Cartridge* 600-319-3550 dan *Cartridge* 600-319-4540 memiliki *demand* yang cukup tinggi dan bersifat fluktuatif sehingga diperlukan perhatian khusus dalam pengelolaannya. *Cartridge* merupakan salah satu model dari *fuel filter* yang terletak pada komponen *engine* untuk unit *excavator* Komatsu PC400-8 dan berfungsi untuk menyaring bahan bakar. *Cartridge* adalah bagian dari komponen dasar *excavator* yang memiliki *lifetime* berdurasi 500 jam kerja unit *excavator*. Sehingga diperlukan pergantian suku cadang *cartridge* setelah mencapai angka *lifetime* tersebut. Oleh karena *cartridge* dibutuhkan dalam jumlah besar dan memiliki pola *demand* yang fluktuatif, maka *demand forecast* pada suku cadang tersebut sulit untuk dilakukan. PT. XYZ melakukan *demand forecast* menggunakan metode *Moving Average* dengan berdasarkan data historis jumlah penjualan. Tingkat *error* model *demand forecast* PT. XYZ berdasarkan metode MAPE masih di atas 50% yang mana masih belum dikategorikan sebagai model *demand forecast* yang baik.

Terdapat metode lain yang dapat digunakan sebagai model *demand forecast* pada produk dengan pola *demand* yang bersifat fluktuatif seperti pada suku cadang, diantaranya adalah metode *Artificial Intelligence* (AI), *Fuzzy Logic System*, *Neural Network* (NN), dan lain sebagainya. Penelitian sebelumnya yang terkait dengan *demand forecast* menggunakan metode AI dan logika fuzzy, diantaranya '*Improved Forecasts for Uncertain and*

*Unpredictable Spare Parts Demand in Business Aircraft's with Bootstrap Method*' (Mobarakeh, Shahzad, Baboli, & Tonadre, 2017) dan '*Modelling a Combined Method Based on ANFIS and Neural Network Improved by DE Algorithm: A Case Study for Short-Term Electricity Demand Forecast*' (Yang, Chen, Wang, Li, & Li, 2016). Terdapat pula penelitian oleh (Widodo, Yuliastuti, Rizki, & Mahmudy, 2020) yang berjudul '*An Efficient Adaptive Neuro Fuzzy Inference System for Product Demand Forecasting*' menunjukkan bahwa ANFIS menghasilkan *forecast* yang mendekati pola data sebenarnya dengan tingkat *error* yang cukup rendah.

Pada pengembangan model *demand forecast*, terdapat faktor lain yang mempengaruhi tingkat akurasi suatu model *demand forecast* yaitu penggunaan data korelasi *demand* seperti misalnya data perubahan harga, data kondisi ekonomi, dan data cuaca (Chopra, Sunil, & Meindl, 2015). Terdapat penelitian terkait *demand forecast* dengan menggunakan indikator ekonomi dan cuaca, yaitu penelitian mengenai pengembangan metode *forecast* penjualan mobil dengan menggunakan metode *adaptive network-based fuzzy inference system* (ANFIS) oleh (Wang, Chang, & Tzeng, 2011). Penelitian dilakukan menggunakan sekumpulan data penjualan bulanan. Peneliti juga mempertimbangkan variabel lain seperti produk domestik bruto (PDB) untuk meningkatkan akurasi dari model *forecast*. Penelitian kedua yang berjudul '*Multiple Discreteness and Product Differentiation: Demand for Carbonated Soft Drinks*' oleh (Dubé & Pierre, 2004), peneliti mencoba untuk memprediksi perilaku pembelian konsumen menggunakan variabel harga jual produk. Penelitian ketiga yang berjudul '*Weather Conditions as A Factor Affecting the Performance of Modern Powerful Mining Excavators*' oleh (Ivanov, Ivanova, & Kuvshinkin, 2019), menunjukkan bahwa faktor cuaca berdampak signifikan terhadap kinerja alat berat *excavator*.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan pengaruh variabel input berupa data historis penjualan, harga jual, produk domestik bruto (PDB), dan cuaca terhadap *demand forecast*. Terdapat pula penelitian mengenai *demand forecast* dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk menyelesaikan permasalahan dengan pola *demand* yang tidak menentu seperti pada suku cadang. Peneliti mengajukan judul tugas akhir "Perancangan *Demand Forecast* untuk Suku Cadang *Cartridge Excavator* Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) Berdasarkan Faktor Ekonomi dan Cuaca" untuk meningkatkan pelayanan purna jual dalam ketepatan waktu *On-Time-In-Full* (OTIF) penyediaan suku cadang bagi pelanggan dan meningkatkan keuntungan yang optimal bagi PT. XYZ.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a) Apakah terdapat korelasi antara data harga jual suku cadang, produk domestik bruto (PDB), dan cuaca terhadap *demand forecast* suku cadang *excavator* yaitu *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* di PT. XYZ?
- b) Bagaimana menentukan pemodelan *demand forecast* suku cadang *excavator Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* menggunakan metode ANFIS dan MA?
- c) Bagaimana performansi dari model *demand forecast* dengan metode ANFIS yang kemudian dibandingkan dengan metode MA untuk suku cadang *excavator* yaitu *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* di PT. XYZ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a) Menganalisis korelasi data harga jual suku cadang, produk domestik bruto (PDB), dan cuaca terhadap *demand forecast* untuk suku cadang *excavator* yaitu *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* di PT. XYZ.
- b) Menentukan pemodelan *demand forecast* suku cadang *excavator Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* menggunakan metode ANFIS dan MA.
- c) Menganalisis performansi dari model *demand forecast* yang menggunakan metode ANFIS dan kemudian dibandingkan dengan metode MA untuk suku cadang *excavator* yaitu *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* di PT. XYZ.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a) Prediksi jumlah *demand* suku cadang pada penelitian ini hanya dipengaruhi oleh parameter data harga jual suku cadang, produk domestik bruto (PDB), dan data cuaca berupa suhu udara, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari.
- b) Objek penelitian adalah produk suku cadang *excavator* yaitu *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* yang digunakan *customer* PT. XYZ di wilayah NTB.
- c) Metode *demand forecast* yang digunakan adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dan *Moving Average*.

### **1.5 Sistematika Laporan**

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika yang diawali dengan bab pendahuluan. Pada bab pendahuluan dijelaskan latar belakang yang mendasari disusunnya topik tugas akhir ini, kemudian terdapat rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika laporan. Selanjutnya terdapat bab tinjauan pustaka dan dasar teori yang berisi teori pendukung tugas akhir ini serta *review* penelitian terdahulu. Kemudian terdapat bab metodologi penelitian yang berisi tahapan untuk melakukan penelitian ini. Dilanjutkan dengan bab hasil dan pembahasan yang berisi analisa data yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Diakhiri dengan bab kesimpulan dan saran, berisi kesimpulan dengan harapan dapat menjawab dari permasalahan yang telah disebutkan pada awal penelitian ini dan saran agar studi selanjutnya dapat diperoleh hasil yang lebih baik.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II

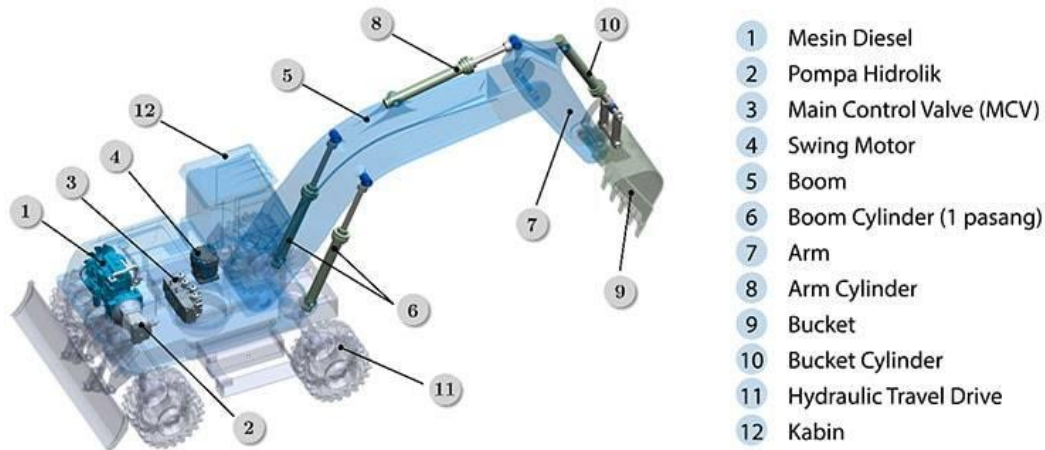
### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Alat Berat *Excavator*

Persaingan ekonomi yang ketat saat ini, menjadikan produktivitas dalam pembangunan infrastruktur sangat penting untuk ditingkatkan (Haga, Hiroshi, & Fujishima, 2001). Pembangunan infrastruktur berkaitan erat dengan kebutuhan kesiapan sumber daya konstruksi, salah satunya ialah ketersediaan mesin konstruksi. Mesin konstruksi khususnya alat berat dan suku cadangnya diperlukan untuk melakukan pembangunan infrastruktur di Indonesia. Dalam proyek konstruksi dengan skala besar, alat berat merupakan faktor penting yang harus diperhatikan.

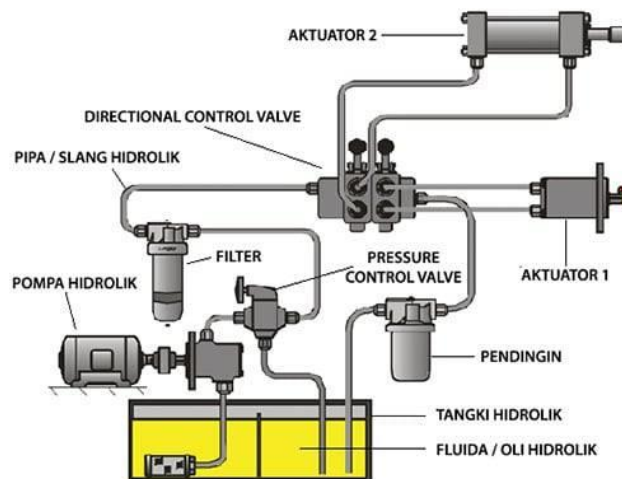
Alat berat digunakan untuk mempermudah manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat (Rostiyanti, 2008). Selain itu, alat berat adalah mesin yang menghasilkan keuntungan, tujuan akhir bagi pelanggan alat berat adalah memaksimalkan rasio untung-rugi yang tinggi (Chen & Keys, 2009). Pada awal mula proyek akan dilakukan, kontraktor akan memilih alat berat yang akan digunakan. Alat berat yang dipilih haruslah tepat baik jenis, ukuran, maupun jumlah ketersediaannya. Kesalahan pada saat pemilihan alat berat dapat mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek yang kemudian menyebabkan biaya proyek membengkak. Produktivitas yang kecil dan tenggang waktu yang dibutuhkan untuk pengadaan alat berat dan suku cadangnya dapat menyebabkan biaya yang lebih besar (Rostiyanti, 2008).

Pengadaan suku cadang *excavator* menjadi salah satu tantangan utama di PT. XYZ. Hal ini disebabkan oleh pandemi COVID-19 yang berdampak pada pembatasan antar negara dan angka *demand* suku cadang yang tinggi dan sangat fluktuatif (*lumpy*) (Mobarakeh, Shahzad, Baboli, & Tonadre, 2017). *Excavator* hidraulik saat ini mendominasi armada peralatan konstruksi yang beroperasi di sebagian besar lokasi kerja teknik sipil (Haga, Hiroshi, & Fujishima, 2001). Alat berat *excavator* berfungsi untuk menggali tanah dan batuan. *Power shovel* dan *backhoe* yang termasuk *excavator* hidraulik memiliki *bucket* yang dipasangkan di depannya. Alat penggeraknya *tractor* dengan roda ban atau *crawler*. *Backhoe* bekerja dengan cara menggerakkan *bucket* ke arah atas dan menjauhi badan alat.



**Gambar 2.1** Komponen *Excavator* Hidraulik (Arparts, 2020)

*Backhoe* berfungsi menggali material yang berada di bawah permukaan di mana alat tersebut berada, sedangkan *front shovel* menggali material di permukaan dimana alat tersebut berada (Rostiyanti, 2008). Secara umum, tenaga penggerak utama *excavator* hidraulik adalah mesin diesel yang akan mengubah energi mekanik menjadi energi hidraulik melalui tekanan pompa, kemudian didistribusikan ke silinder hidraulik untuk menghasilkan Gerakan (Arparts, 2020).



**Gambar 2.2** Komponen Dasar Sistem Hidraulik (Arparts, 2020)

Terdapat beberapa komponen dasar pada sistem hidraulik, yaitu tangki untuk menampung oli hidraulik, *filter* untuk menyaring bahan bakar dan oli, motor listrik untuk menggerakkan pompa, pompa untuk menekan oli melalui sistem, *valve* untuk mengontrol arah, tekanan dan laju oli. Terdapat pula aktuator untuk mengubah tekanan oli menjadi gaya mekanis atau torsi untuk melakukan pekerjaan yang bermanfaat dan pipa untuk membawa oli dari satu lokasi ke lokasi lain (Arparts, 2020).



**Gambar 2.3** Suku Cadang *Cartridge* pada *Excavator*

Berdasarkan data *demand* suku cadang di PT. XYZ, diketahui suku cadang *filter* pada *excavator* dengan merek Komatsu yaitu *Cartridge* 600-319-3550 dan *Cartridge* 600-319-4540 memiliki *demand* yang cukup tinggi dan bersifat fluktuatif. *Cartridge* merupakan salah satu model dari *fuel filter* yang terletak pada komponen *engine* untuk unit *excavator* Komatsu PC400-8 dan berfungsi untuk menyaring bahan bakar. *Cartridge* adalah bagian dari komponen dasar *excavator* yang memiliki *lifetime* sebesar 500 jam kerja unit *excavator*. Sehingga diperlukan pergantian suku cadang *cartridge* setelah mencapai angka *lifetime* tersebut. Oleh karena *cartridge* adalah salah satu suku cadang yang dibutuhkan dalam jumlah besar dan bersifat fluktuatif, maka sulit untuk melakukan *demand forecast* pada suku cadang *cartridge*.

## 2.2 Metode *Demand Forecast*

*Demand forecast* adalah proses analisis dan pengolahan informasi untuk memperoleh prakiraan penjualan di masa depan (Batuhan, Zafer, & Behlul, 2015). *Demand forecast* digunakan untuk kepentingan banyak hal, mulai dari manajemen inventaris, pengiriman, distribusi, perbaikan dan *maintenance* (Fildes & Ord, Forecasting competitions: Their role in improving forecasting practice and research, 2006). *Demand forecast* dapat membantu rantai pasok dalam perusahaan ketika digunakan secara efektif, (Fildes & Beard, Forecasting systems for production and inventory control, 1992). Perusahaan membutuhkan model *demand forecast* dengan akurasi yang baik, karena *demand forecast* berdampak pada



kondisi finansial suatu perusahaan (*inventory holding* dan *shortage costs*) (Mobarakeh, Shahzad, Baboli, & Tonadre, 2017). Terdapat dua metode yang digunakan dalam melakukan *demand forecast* sebagai berikut (Makridakis, Wheelwright, & Hyndman, Forecasting: methods and applications, 1998).

### 2.2.1 Metode Kuantitatif

Metode ini bersifat objektif dan terdiri dari peramalan *time-series* yang merupakan proyeksi data kejadian masa lalu untuk kejadian masa yang akan datang. Beberapa metode kuantitatif yaitu analisis regresi, *Simple-Moving Average* (SMA), *Weighted-Moving Average* (WMA), dan lain-lain. PT. XYZ menggunakan *Moving Average* (MA), metode MA diperoleh melalui penjumlahan dan pencarian nilai rata-rata dari sejumlah periode tertentu (Kho, 2018). Metode *Moving Average* digunakan ketika pola *demand* tidak memiliki tren atau musiman yang dapat diamati (Chopra, Sunil, & Meindl, 2015). Persamaan matematis *Single Moving Averages* ditunjukkan pada persamaan (2. 1) (Makridakis, Metode dan Aplikasi Peramalan, 1999).

$$M_t = F_{t+1} \tag{2. 1}$$

$$M_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-n+1}}{n}$$

Keterangan:

$M_t$  = *Moving Average* untuk periode t

$F_{t+1}$  = Ramalan Untuk Periode t + 1

$Y_t$  = Nilai Riil periode ke t

n = Jumlah batas dalam *Moving Average*

### 2.2.2 Metode Kualitatif (*Judgmental Method*)

Metode ini menggunakan opini para ahli dalam memprediksi kejadian masa depan dan metode ini sesuai untuk peramalan jangka menengah hingga jangka panjang. Beberapa metode peramalan yang termasuk metode kualitatif adalah *Sales Force Forecast*, *Nominal Group Technique* (NGT), *Jury of Executive Opinions*, *User Expectations*, dan *Market Research*.

Metode *demand forecast* dapat bekerja dengan baik ketika *coefficient of variation* (CV) yang menggambarkan standar deviasi *demand* selama periode tertentu dibagi dengan rata-rata *demand* selama periode tersebut bernilai rendah, tetapi secara umum berkinerja buruk ketika digunakan pada produk dengan pola *demand* yang bersifat *lumpy* atau *intermittent*. Suku cadang merupakan produk yang cenderung memiliki pola *demand* tidak menentu atau *lumpy* (Mobarakeh, Shahzad, Baboli, & Tonadre, 2017).

Metode dan teknik *demand forecast* suku cadang telah banyak dikembangkan oleh para peneliti. Salah satunya pada jurnal dengan judul '*Weather Forecasting Using ANFIS and ARIMA Models. A Case Study for Istanbul*' oleh (Tektaş, 2010). Peneliti menyajikan studi perbandingan model statistik dan *neuro-fuzzy network* untuk memprediksi cuaca di Göztepe, Istanbul, Turki menggunakan data sembilan tahun (2000-2008) yang terdiri dari suhu rata-rata harian, tekanan udara, dan kecepatan angin. Model *forecast* yang dibandingkan adalah *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) dan *Auto Regressive Moving Average* (ARIMA). Model dan struktur jaringan yang paling baik ditentukan sesuai kinerja prediksi, keandalan dan efisiensi. Perbandingan kinerja model ANFIS dan ARIMA dinilai berdasarkan perhitungan nilai *error* MAE dan RMSE. ANFIS memiliki nilai MAE 1.25 dan RMSE 1.63, sedangkan ARIMA dengan nilai MAE 1.52 dan RMSE 2.07. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa metode ANFIS memiliki nilai error yang lebih rendah jika dibandingkan dengan metode ARIMA.

Terdapat penelitian lain yang berjudul '*Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System to Forecast Automobile Sales*' oleh (Wang, Chang, & Tzeng, 2011) dan '*Modelling a Combined Method Based on ANFIS and Neural Network Improved by DE Algorithm: a Case Study for Short-Term Electricity Demand Forecast*' oleh (Yang, Chen, Wang, Li, & Li, 2016), kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa ANFIS memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan beberapa metode lain seperti *Autoregressive Integrated Moving Average Model* (ARIMA) dan *Artificial Neural Network* (ANN). Dapat disimpulkan bahwa metode ANFIS dapat diimplementasikan untuk melakukan *demand forecast* pada produk dengan pola *demand* yang tidak menentu (*lumpy*) seperti pada suku cadang.

### **2.3 Pengaruh Faktor Ekonomi terhadap Demand Forecast**

Langkah pertama yang harus dilakukan suatu perusahaan sebelum memulai *demand forecast* adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi *demand* di masa mendatang dan memastikan hubungan antara faktor-faktor tersebut dengan *demand* di masa

depan (Chopra, Sunil, & Meindl, 2015). Terdapat penelitian mengenai *demand forecast* di industri otomotif dengan menggunakan metode ANFIS berdasarkan data input berupa pendapatan perkapita, kurs mata uang, dan tarif impor mobil. Penelitian ini dilakukan oleh (Vahabi, Hosseininia, & Alborzi, 2016) dengan judul ‘*A Sales Forecasting Model in Automotive Industry using Adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and Genetic Algorithm (GA)*’. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa faktor ekonomi berpengaruh besar terhadap *demand forecast*.

Penelitian dengan judul ‘*A Sales Forecast Model for the German Automobile Market Based on Time Series Analysis and Data Mining Methods*’ oleh (Brühl, 2009), peneliti melakukan pengembangan dan pengujian model *forecast* penjualan pada pasar mobil Jerman. Indikator ekonomi digunakan dalam pemodelan ini, seperti produk domestik bruto (PDB), indeks harga konsumen (IHK), tingkat suku bunga, tingkat pengangguran, dan harga minyak bumi. Hasil menggunakan model empiris menunjukkan bahwa indikator tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penjualan mobil. Penelitian yang berjudul ‘*Multiple Discreteness and Product Differentiation: Demand for Carbonated Soft Drinks*’ oleh (Dubé & Pierre, 2004), peneliti mencoba untuk memprediksi perilaku pembelian konsumen menggunakan variabel harga jual produk.

Seorang *expert* yang bertanggung jawab sebagai *After Sales Consultant* di PT. XYZ, mengatakan bahwa faktor harga jual produk dan tingkat daya beli masyarakat sangat memengaruhi *demand* suku cadang. Tugas akhir ini menggunakan variabel data histori penjualan, harga jual produk, dan produk domestik bruto (PDB). PDB adalah jumlah nilai tambah yang dihasilkan oleh seluruh unit usaha dalam suatu negara tertentu, atau merupakan jumlah nilai barang dan jasa akhir yang dihasilkan oleh seluruh unit ekonomi (Badan Pusat Statistik, 2022). PDB merupakan salah satu indikator untuk mengetahui perkembangan perekonomian di suatu negara dalam suatu periode tertentu, baik atas dasar harga berlaku maupun atas dasar harga konstan (Kementrian Perindustrian Republik Indonesia, 2018).

#### **2.4 Pengaruh Faktor Cuaca terhadap Demand Forecast**

Kondisi cuaca buruk seperti hujan deras pada lokasi konstruksi khususnya penambangan terbuka (*open pit mining*), sangat memengaruhi efisiensi dan efektivitas operasional kegiatan pertambangan (Klikmro, 2020). Jurnal dengan judul ‘*Weather Conditions as A Factor Affecting the Performance of Modern Powerful Mining Excavators*’ oleh (Ivanov, Ivanova, & Kuvshinkin, 2019), menunjukkan bahwa faktor iklim meliputi

radiasi matahari, suhu udara rendah dan tinggi, kecepatan angin, dan kelembaban berdampak signifikan terhadap kinerja alat berat *excavator*. Oleh karena itu, berdasarkan penelitian tersebut dibutuhkan alat berat dan suku cadangnya dengan tingkat ketersediaan serta *reliability* yang tinggi untuk memaksimalkan waktu kegiatan pertambangan.

Jurnal kedua yang berjudul '*Maintenance Spare Parts Demand Forecasting for Automobile 4S Shop Considering Weather Data*' oleh (Liu, Zhang, Fan, You, & Wang, 2019), menunjukkan bahwa variabel fisis seperti data cuaca berupa suhu, visibilitas, dan kelicinan berpengaruh terhadap *demand* suku cadang *maintenance* pada suatu toko mobil. Sehingga pada penelitian tersebut, digunakan data cuaca berupa suhu, visibilitas, dan kelicinan sebagai variabel input *demand forecast*.

Seorang *expert* yang bertanggung jawab sebagai *Head of Parts Department* di PT. XYZ, mengatakan bahwa faktor cuaca mempengaruhi *demand* suku cadang *cartridge*. *Demand* akan menurun ketika musim penghujan dikarenakan kegiatan pertambangan atau konstruksi akan berhenti untuk alasan *safety*. Menurut (Pandia, Sasmito, & Sukmono, 2019) dan (Hamdi, 2014) dijelaskan bahwa pergantian musim dapat diprediksi dengan mengetahui pola variabel fisis suhu udara, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari.

Intensitas curah hujan akan meningkat di setiap awal tahun, yang mana diketahui bahwa musim penghujan di Indonesia dimulai pada bulan Desember hingga Februari. Kecepatan angin akan menurun di setiap awal tahun atau musim penghujan. Terdapat teori yang menyatakan bahwa penurunan curah hujan disebabkan oleh kenaikan kecepatan angin zonal dan kenaikan curah hujan disebabkan oleh penurunan kecepatan angin zonal. Sedangkan durasi lama penyinaran matahari memiliki hubungan erat dengan musim. Semakin pendek durasi penyinaran matahari harian menandakan sedang terjadinya musim penghujan. Sedangkan musim kemarau memiliki lama penyinaran harian yang lebih panjang atau banyaknya jumlah hari cerah (Hamdi, 2014). Sehingga pada tugas akhir ini untuk mengoptimalkan tingkat akurasi dari model *demand forecast*, maka akan digunakan variabel pendukung yakni data cuaca yang meliputi suhu udara, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari.

## 2.5 Interpolasi

Tugas akhir ini menggunakan data produk domestik bruto (PDB) Indonesia dalam kurun waktu triwulanan yang diperoleh dari situs Badan Pusat Statistik. Data yang

diinginkan sebagai variabel input metode ANFIS adalah data dalam kurun waktu bulanan. Pengolahan data PDB Indonesia perlu dilakukan menggunakan metode interpolasi.

Metode interpolasi digunakan untuk melakukan konversi data frekuensi rendah ke frekuensi tinggi. Jika data *time series* yang diamati memiliki frekuensi yang lebih rendah (triwulanan) daripada data yang diinginkan (bulanan), maka metode interpolasi yang sesuai adalah metode *quadratic-match average* untuk interpolasi data ke frekuensi bulanan (Mack & García, 2013). Metode *quadratic-match average* melakukan interpolasi kuadrat lokal pada data frekuensi rendah (triwulanan) untuk mengisi data yang diinginkan (bulanan). Metode ini digunakan dalam polinomial kuadrat yang dibentuk dengan mengambil himpunan tiga titik yang berdekatan dari data frekuensi triwulanan dan menggunakan kuadrat sehingga rata-rata titik data frekuensi bulanan sesuai dengan data frekuensi triwulanan (Eviews, 2011).

Persamaan (2. 2) digunakan untuk melakukan konversi data frekuensi rendah ke frekuensi tinggi menggunakan metode *quadratic-match average*.

$$M_i = At^2 + Bt + C \quad (2. 2)$$

Keterangan:

$M_i$  = Data pada bulan ke – i

t = Koefisien *trend* (0, 1, 2 dst)

A, B, C = Tiga titik yang berdekatan dari data frekuensi rendah

Nilai koefisien A, B, dan C dicari dengan sedemikian rupa sehingga rata-rata perolehan nilai  $M_i$  selama tiga bulan di setiap kuartal sama dengan nilai data triwulanan yang diketahui (Gareth, 2011).

## 2.6 Uji Korelasi (*Rank Spearman*)

Uji korelasi dengan metode *Rank Spearman* digunakan untuk mengetahui hubungan atau pengaruh antara dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel tergantung (Sarwono & Suhayati, 2010). Metode ini banyak digunakan dalam sains untuk menilai seberapa baik hubungan antara dua variabel (Kaboli S. A., Fallahpour, Selvaraj, & Rahim, 2017). Penelitian (Hribar, Potocnik, Silc, & Papa, A comparison of models for forecasting the residential natural gas demand of an urban area, 2018) menggunakan model *forecast* yaitu

*artificial neural network* untuk memprediksi *demand* gas alam perumahan di daerah perkotaan. Penelitian tersebut menggunakan variabel input yaitu data histori suhu, suhu prakiraan, dan variabel waktu. Uji korelasi dilakukan antar data permintaan gas dan data cuaca menggunakan metode *Spearman's rank correlation*. Persamaan (2. 3) dan (2. 4) digunakan untuk menghitung koefisien korelasi dari *Rank Spearman* (Weisstein, 2021).

$$\rho' = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2. 3)$$

Keterangan:

$\rho$  = Koefisien korelasi *Rank Spearman*

$d_i$  = Ranking data variabel  $X_i - Y_i$

$n$  = Jumlah responden

$d$  adalah selisih peringkat statistik dari variabel yang sesuai, dan merupakan perkiraan untuk koefisien korelasi yang tepat karena menggunakan peringkat (*ranking*).

$$\rho = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}} \quad (2. 4)$$

Nilai  $\rho$  yang dihasilkan dari tiap uji korelasi memiliki interpretasi yang dapat diketahui menggunakan Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Interpretasi nilai  $\rho$  Spearman (Dancey & Reidy, 2004)

Spearman $\rho$	Correlation
$\geq 0.70$	Very strong relationship
0.40-0.69	Strong relationship
0.30-0.39	Moderate relationship
0.20-0.29	Weak relationship
0.01-0.19	No or negligible relationship

Uji signifikansi dilakukan dari nilai  $\rho$  yang telah diperoleh untuk mengetahui apakah hasil perhitungan uji korelasi memiliki hubungan signifikan (Suharsaputra, 2014). Adapun persamaan (2. 5) digunakan untuk melakukan uji signifikansi.

$$t = \rho \sqrt{\frac{N - 2}{1 - \rho^2}} \quad (2.5)$$

N adalah jumlah sampel dan  $\rho$  adalah koefisien korelasi *Rank Spearman* (Siegel, 1997). Jika antara kedua variabel yang diujikan memperoleh nilai *sig 2-tailed* atau *p-value* dibawah 0.05, maka kedua variabel tersebut memiliki hubungan signifikan ( Geert , 2021).

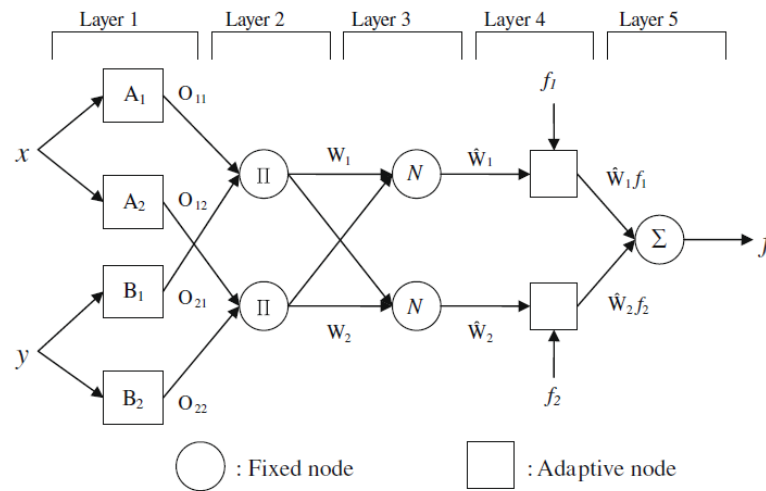
## 2.7 ANFIS

Pola data *demand* yang bersifat nonlinear terkadang tidak dapat diprediksi dengan metode *time series* tradisional (Mobarakeh, Shahzad, Baboli, & Tonadre, 2017). Nonlinearitas pada pola data *demand* dapat diatasi dengan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) (Widodo, Yuliasuti, Rizki, & Mahmudy, 2020). ANFIS adalah *Artificial Intelligence* (AI) yaitu *Artificial Neural Network* (ANN) berdasarkan *Takagi-Sugeno Fuzzy Inference System* (FIS) (Ali, et al., 2018). ANFIS dikembangkan dengan menggabungkan ANN dan sistem logika fuzzy yang diketahui mampu memperoleh pengetahuan dari data dengan pola tidak pasti (*lumpy*) seperti pola data *demand* suku cadang. Menggabungkan teori JST dan fuzzy-set dapat memberikan keuntungan dan dapat mengatasi kelemahan pada kedua teknik tersebut. Model ANFIS dapat dilatih tanpa hanya mengandalkan pengetahuan seorang *expert* yang cukup untuk model logika fuzzy. Kelebihan model ANFIS ialah memiliki pengetahuan numerik dan linguistik. ANFIS juga menggunakan kemampuan ANN untuk mengklasifikasikan data dan mengidentifikasi pola. Dibandingkan dengan ANN, model ANFIS lebih transparan bagi pengguna dan menyebabkan lebih sedikit kesalahan menghafal. Sehingga terdapat beberapa keunggulan ANFIS, termasuk kemampuan adaptasinya, kemampuan mengatasi permasalahan nonlinier, dan kapasitas belajar yang cepat (Sahin & Erol, 2017).

ANFIS menggunakan data historis sebagai input sistem, fungsi keanggotaan fuzzy, dan himpunan *rules* fuzzy yang dirancang dengan cermat agar ANFIS menghasilkan hasil yang akurat (Widodo, Yuliasuti, Rizki, & Mahmudy, 2020). Metode ANFIS terdiri dari lima lapisan. Lapisan pertama atau lapisan input, jumlah alokasi setiap input ke area fuzzy yang berbeda ditentukan. Bobot aturan pada lapisan kedua dapat diperoleh dengan mengalikan nilai input di setiap node. Bobot aturan relatif dihitung pada lapisan ketiga. Setiap node menghitung kontribusi aturan ke seluruh output pada lapisan keempat. Lapisan terakhir

adalah lapisan keluaran jaringan yang bertujuan untuk meminimalkan ketidaksesuaian antara keluaran yang diperoleh dengan keluaran yang sebenarnya.

Tujuan dari pelatihan jaringan adaptif adalah untuk memperkirakan fungsi yang tidak diketahui yang diperoleh dari data *training*. Struktur ANFIS yang sesuai ditentukan menurut data input, jenis fungsi keanggotaan input dan output, jumlah fungsi dan aturan IF-THEN (Mokhtarzad, Eskandari, Vanjani, & Arabasadi, 2017). Adapun struktur ANFIS diilustrasikan seperti pada Gambar 2.4 berikut ini.



**Gambar 2.4** Struktur ANFIS (Wu, Hsu, & Chen, 2008)

### Lapisan 1:

Setiap node  $i$  pada lapisan ini adalah node adaptif (*square node*) dengan fungsi node sesuai persamaan (2. 6) dan (2. 7).

$$O_{1,i} = \mu A_i(x), \quad \text{untuk } i = 1,2 \quad (2. 6)$$

$$O_{1,i} = \mu B_{i-2}(y), \quad \text{untuk } i = 3,4 \quad (2. 7)$$

$x$  dan  $y$  adalah masukan untuk node  $i$ , dan  $A_i$  dan  $B_{i-2}$  adalah label bahasa (*linguistic label*) seperti sebagai contoh “kecil” atau “luas”, dll.  $O_{1,i}$  adalah tingkatan keanggotaan dari himpunan fuzzy  $A_i$  ( $= A_1, A_2, B_1$  atau  $B_2$ ) dan menentukan derajat keanggotaan dari masukan  $x$  (atau  $y$ ) yang diberikan. Fungsi keanggotaan untuk  $\mu A_i(x)$  biasanya berbentuk sebagai fungsi *bell* sesuai persamaan (2. 8), dengan nilai maksimum sebesar 1 dan minimum sebesar 0 (Jang J. R., 1993).



$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[ \left( \frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad (2.8)$$

Bentuk fungsi keanggotaan lain yang sering digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga dan gaussian yang dapat dilihat pada persamaan (2.9) dan (2.10).

$$\text{Triangular}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x - a}{b - a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c - x}{c - b} & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (2.9)$$

$$\text{Gaussian}(x; c, \sigma) = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x - c}{\sigma} \right)^2} \quad (2.10)$$

$\{a_i, b_i, c_i\}$  adalah himpunan parameter yang dapat mengubah bentuk dari jenis fungsi keanggotaan fuzzy MFs.

### Lapisan 2:

Setiap node pada lapisan ini merupakan node non-adaptif (*circle node*) dan diberi label  $\Pi$ , yang mempunyai keluaran berupa perkalian dari semua sinyal yang masuk ditunjukkan pada persamaan (2.11),

$$O_{2,i} = w_i = \mu A_i(x) \times \mu B_i(y), \quad i = 1,2 \quad (2.11)$$

Setiap keluaran node merepresentasikan kekuatan atau derajat pengaktifan dari aturan fuzzy. Beberapa operator T-norm yang dapat mengungkapkan logika fuzzy AND dapat digunakan sebagai fungsi node pada lapisan ini.

### Lapisan 3:

Setiap node pada lapisan ini merupakan node non-adaptif (*circle node*) yang diberi label N. Node ke-  $i$ , yang mana menghitung rasio derajat pengaktifan ke-  $i$  dengan jumlah dari semua aturan derajat pengaktifan sesuai persamaan (2.12).

$$O_{3,i} = \bar{w} = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1,2 \quad (2.12)$$

Semua keluaran dari lapisan ini disebut sebagai derajat pengaktifan ternormalisasi.

#### Lapisan 4:

Setiap node  $i$  pada lapisan ini merupakan node adaptif (*square node*) dengan fungsi node pada persamaan (2. 13),

$$O_{4,i} = \overline{w}_i f_i = \overline{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (2. 13)$$

$\overline{w}_i$  adalah output dari lapisan ketiga dan  $\{p_i, q_i, r_i\}$  merupakan himpunan parameter. Parameter di lapisan ini dinamakan parameter konsekuen.

#### Lapisan 5:

Node tunggal pada lapisan ini merupakan node non-adaptif (*circle node*) yang diberi label  $\Sigma$ , yang mana menghitung semua keluaran sebagai penjumlahan dari semua sinyal yang masuk sesuai persamaan (2. 14).

$$O_{5,i} = \text{overall output} = \sum_i \overline{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (2. 14)$$

## 2.8 Uji Akurasi

Sebuah model *demand forecast* tidak pernah sepenuhnya akurat. Tujuan dirancangnya *demand forecast* adalah diperolehnya penyimpangan atau *error* sekecil mungkin dari *demand* (permintaan) aktual. Uji akurasi dapat digunakan untuk membandingkan dan menentukan model *demand forecast* yang terbaik (Anusha, Alok, & Shaik, 2014).

Tugas akhir ini menggunakan beberapa metode uji akurasi untuk mengetahui performansi mana yang terbaik antara kedua metode *demand forecast* yaitu ANFIS dan *Moving Average*. Terdapat beberapa penelitian oleh (Anusha, Alok, & Shaik, 2014) dan (Law, 2000) yang bertujuan untuk mencari model *demand forecast* terbaik menggunakan metode uji akurasi *Mean Absolute Deviation* (MAD) dan *Mean Square Error* (MSE). Metode MAD mengukur akurasi keseluruhan dengan semua *error* yang diberi bobot yang sama, sedangkan metode MSE akan memberi bobot yang lebih besar untuk *error* yang besar. Tugas akhir ini menggunakan metode uji akurasi MAD dan MSE sebagai berikut.

### 2.8.1 Mean Absolute Deviation (MAD)

MAD adalah perhitungan rata-rata *error* atau kesalahan mutlak selama periode tertentu antara hasil *forecast* dan permintaan aktual, dengan kata lain MAD adalah rata-rata dari nilai absolut simpangan (Gaspersz, 2008). Persamaan (2. 15) digunakan untuk perhitungan MAD (Klimberg, Sillup, Boyle, & Tavva, 2010)

$$\text{MAD} = \sum \left| \frac{Y_t - F_t}{n} \right| \quad (2.15)$$

$t$  adalah periode waktu,  $n$  jumlah periode yang diramalkan,  $Y_t$  nilai aktual dalam periode waktu  $t$ , dan  $F_t$  nilai prakiraan dalam periode waktu  $t$ . Nilai MAD mengukur jumlah *error*. Semakin kecil nilai MAD, maka semakin baik performansi dari suatu model prediksi.

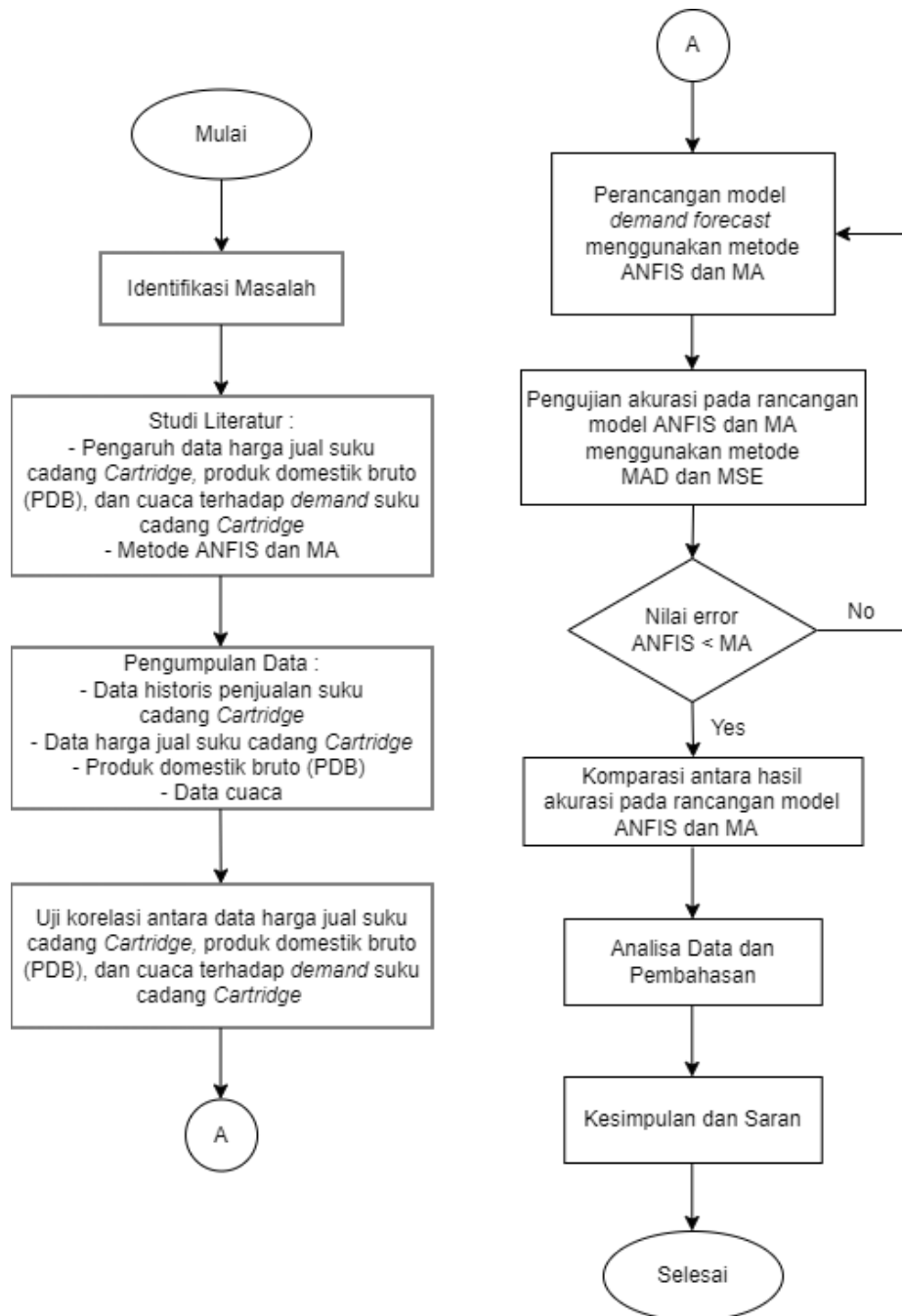
### 2.8.2 Mean Square Error (MSE)

MSE adalah perhitungan rata-rata untuk penjumlahan dari kuadrat *error* atau kesalahan *forecast* pada setiap periode. Persamaan (2.16) digunakan untuk melakukan perhitungan MSE (Klimberg, Sillup, Boyle, & Tavva, 2010)

$$\text{MSE} = \sum \frac{(Y_t - F_t)^2}{n} \quad (2.16)$$

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tugas akhir ini yang berjudul “Perancangan *Demand Forecast* untuk Suku Cadang *Cartridge Excavator* Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) Berdasarkan Faktor Ekonomi dan Cuaca”, dilakukan menggunakan beberapa tahapan yang diilustrasikan dengan diagram alir pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Metodologi Penelitian

### 3.1 Identifikasi Masalah

Tahap ini untuk memulai penelitian, maka dilakukan identifikasi masalah terkait *demand forecast* suku cadang di PT. XYZ. Setelah tahap identifikasi masalah, selanjutnya disusun rumusan masalah, tujuan, dan batasan dari penelitian agar peneliti dapat fokus pada permasalahan yang telah dirumuskan diawal penelitian.

Pada penelitian ini masalah yang diangkat adalah bagaimana korelasi antara data harga jual suku cadang, produk domestik bruto (PDB), dan cuaca terhadap *demand forecast* suku cadang excavator *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540*, serta bagaimana menentukan pemodelan dan performansi dari model *demand forecast* dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) yang dibandingkan dengan metode *Moving Average* (MA).

### 3.2 Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari jurnal mengenai pengaruh data harga jual suku cadang, kondisi ekonomi seperti produk domestik bruto (PDB), dan faktor cuaca terhadap *demand* suku cadang excavator *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* oleh pelanggan, serta jurnal mengenai pemodelan *demand forecast* menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dan *Moving Average* (MA). Kemudian dilakukan *review* jurnal dari referensi jurnal yang telah terkumpul.

### 3.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi beberapa jenis data yang masih dipertimbangkan untuk menjadi variabel input dan output pada model *demand forecast* suku cadang menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Data input tersebut berupa harga jual suku cadang (rupiah), produk domestik bruto (milyar rupiah), dan data cuaca berupa suhu udara (°C), curah hujan (mm), kecepatan angin (m/s), serta lama penyinaran matahari (jam). Sedangkan data output berupa data *demand* atau historis penjualan suku cadang (item).

Sumber data historis penjualan dan harga jual untuk suku cadang *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540*, diperoleh dari *Parts Department* di PT. XYZ. Sedangkan data produk domestik bruto (PDB) Indonesia diperoleh dari situs Badan Pusat Statistik (BPS). Kemudian untuk data cuaca diperoleh dari situs pusat database Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Seluruh data yang digunakan pada penelitian ini dalam

kurun waktu bulanan yaitu dari Januari 2010 hingga Desember 2021 atau sejumlah 144 bulan. Namun data PDB Indonesia hanya tersedia dalam kurun waktu triwulan, sehingga terlebih dahulu dilakukan interpolasi agar diperoleh data dalam satuan bulanan.

**Tabel 3.1** Kumpulan Data

Variabel Input (X)	Variabel Output (Y)
Harga Jual Suku Cadang <i>Cartridge</i> 600-319-3550 dan <i>Cartridge</i> 600-319-4540 (X1)	Historis Jumlah Penjualan Suku Cadang <i>Cartridge</i> 600-319-3550 dan <i>Cartridge</i> 600-319-4540 (Y)
Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia (X2)	
Suhu Udara (X3)	
Curah Hujan (X4)	
Kecepatan Angin (X5)	
Lama Penyinaran Matahari (X6)	

### 3.3.1 Interpolasi

Pada tahap selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan metode interpolasi. Diketahui sumber data produk domestik bruto (PDB) Indonesia yang diperoleh masih dalam kurun waktu triwulanan, sedangkan data yang dibutuhkan sebagai variabel input perancangan model *demand forecast* ANFIS adalah data dalam kurun waktu bulanan. Sehingga terlebih dahulu perlu dilakukan pengolahan data PDB Indonesia menggunakan metode interpolasi dengan bantuan *software* Eviews 9. Untuk melakukan konversi data frekuensi rendah ke frekuensi tinggi, maka digunakan metode interpolasi yang sesuai, yaitu metode *quadratic-match average* yang diperoleh dengan persamaan (2. 2) (Mack & García, 2013).

### 3.3.2 Uji Multikolinearitas

Multikolinearitas ditunjukkan dengan adanya hubungan linier antar variabel independen. Pada suatu model *demand forecast*, adanya multikolinearitas berdampak pada peningkatan nilai *error* (Kumari, 2008). Sehingga pada penelitian ini dilakukan uji multikolinearitas untuk mengetahui apakah data yang akan digunakan sebagai variabel *input* pada model *demand forecast* ANFIS terbukti tidak memiliki hubungan linear antar variabel. Uji multikolinearitas dilakukan menggunakan teknik *variance inflation factor* (VIF). VIF digunakan untuk mengukur seberapa besar peningkatan varians dari koefisien regresi yang

diestimasi, jika variabel independen berkorelasi. Adapun berikut ini persamaan (3. 1) dan (3. 2) yang digunakan untuk melakukan perhitungan nilai VIF (Shrestha, 2020).

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2} = \frac{1}{Tolerance} \quad (3. 1)$$

$$R = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 y^2}} \quad (3. 2)$$

Nilai *tolerance* berbanding terbalik dengan nilai VIF. Semakin rendah nilai *tolerance*, maka semakin besar kemungkinan adanya multikolinearitas antar variabel. Jika diperoleh nilai  $VIF > 10$ , maka terdapat multikolinearitas atau hubungan linear antar variabel (Shrestha, 2020).

### 3.4 Uji Korelasi

Metode *Spearman-Rank correlation* banyak digunakan dalam sains untuk mengetahui hubungan antara dua variabel (Kaboli S. H., Fallahpour, Selvaraj, & Rahim, 2017), salah satunya adalah penelitian oleh (Hribar, Potocnik, Silc, & Papa, A comparison of models for forecasting the residential natural gas demand of an urban area, 2018). Sehingga pada penelitian ini, dilakukan pengujian korelasi dengan metode yang dipilih ialah *Spearman-Rank correlation*.

Nilai parameter koefisien korelasi  $\rho$  dengan metode *Rank Spearman* dapat diperoleh sesuai perhitungan pada persamaan (2. 3) hingga (2. 4) dan bantuan *software* SPSS. Nilai  $\rho$  ini menjadi indikator pengaruh data harga jual suku cadang, kondisi ekonomi seperti produk domestik bruto (PDB), dan data cuaca yang meliputi suhu udara, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari terhadap *demand* suku cadang *Cartridge* 600-319-3550 dan *Cartridge* 600-319-4540. Interpretasi nilai  $\rho$  *Spearman* dapat dilihat pada Tabel 2.1. Dari interpretasi tersebut ditunjukkan bahwa setidaknya terdapat korelasi antar variabel dengan tingkat kekuatan lemah (*weak relationship*) atau diperolehnya nilai koefisien korelasi  $\rho$  minimal sebesar  $\pm 0.20$  (Dancey & Reidy, 2004).

Sebelum melihat koefisien korelasi  $\rho$ , antara data yang dilakukan uji korelasi harus terbukti memiliki hubungan signifikan. Uji signifikansi dilakukan sesuai dengan persamaan (2. 5) dan bantuan *software* SPSS. Setelah diperoleh nilai *Significance at Two-tailed*, maka dapat diketahui apakah hasil perhitungan uji korelasi berhubungan signifikan atau tidak,

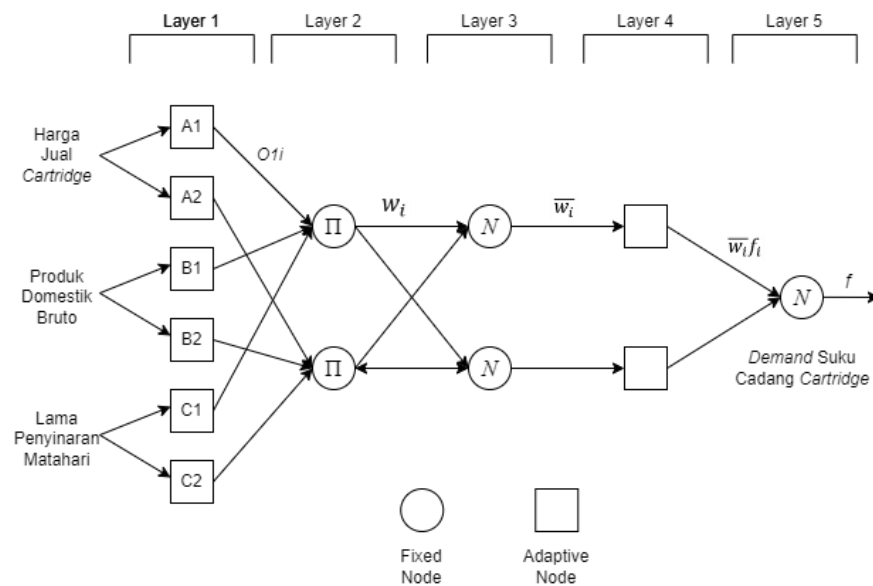
yaitu antara data yang dilakukan uji korelasi harus terbukti memiliki hubungan signifikan atau diperolehnya nilai *sig 2-tailed* dibawah 0.05 ( Geert , 2021).

### 3.5 Perancangan Model *Demand Forecast* Menggunakan Metode ANFIS dan MA

Perancangan model *demand forecast* untuk memprediksi jumlah *demand* pelanggan terhadap suku cadang *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* ini akan dilakukan dengan menggunakan metode ANFIS dan *Moving Average*. Adapun berikut ini adalah langkah pemodelan dari kedua metode dan penjelasan terkait variasi parameter yang digunakan.

#### 3.5.1 Perancangan Model ANFIS

Perancangan model *demand forecast* dengan menggunakan ANFIS dilakukan dengan menentukan beberapa parameter yaitu teknik *clustering*, metode optimasi, jumlah tahap arah pembelajaran (*epoch*), bentuk fungsi keanggotaan, dan jumlah variabel input. Adapun struktur ANFIS secara umum diilustrasikan seperti pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Arsitektur Model *Demand Forecast* Menggunakan Metode ANFIS

Pada penelitian ini akan digunakan teknik *clustering* yakni *grid partition*, yang merupakan metode pengelompokkan data yang paling sering digunakan untuk ANFIS (Jang J. S., 1996). Dengan menggunakan *grid partition*, ruang data input dibagi menjadi subruang persegi panjang menggunakan partisi paralel-sumbu dan setiap input dipartisi menjadi fungsi keanggotaan berbentuk identik (Benmouiza & Cheknane, 2019).

Terdapat dua bagian untuk metode optimasi *hybrid*, yaitu *forward pass* dan *backward pass*. Pada *forward pass*, parameter premis dibuat tetap. Digunakan *Recursive Least Square Estimator* (RLSE) untuk memperbaiki parameter konsekuen berdasarkan pasangan data



input dan output. Kemudian pada *backward pass*, parameter konsekuen dibuat tetap (Nilawati, 2015). Diketahui model ANFIS dengan metode optimasi *hybrid* memberikan prediksi yang lebih efektif dibandingkan model ANFIS dengan metode optimasi *backpropagation* (Sahin & Erol, Prediction of attendance demand in European football games: comparison of ANFIS, fuzzy logic, and ANN, 2018), sehingga pada penelitian ini akan digunakan metode *hybrid* sebagai metode optimasi.

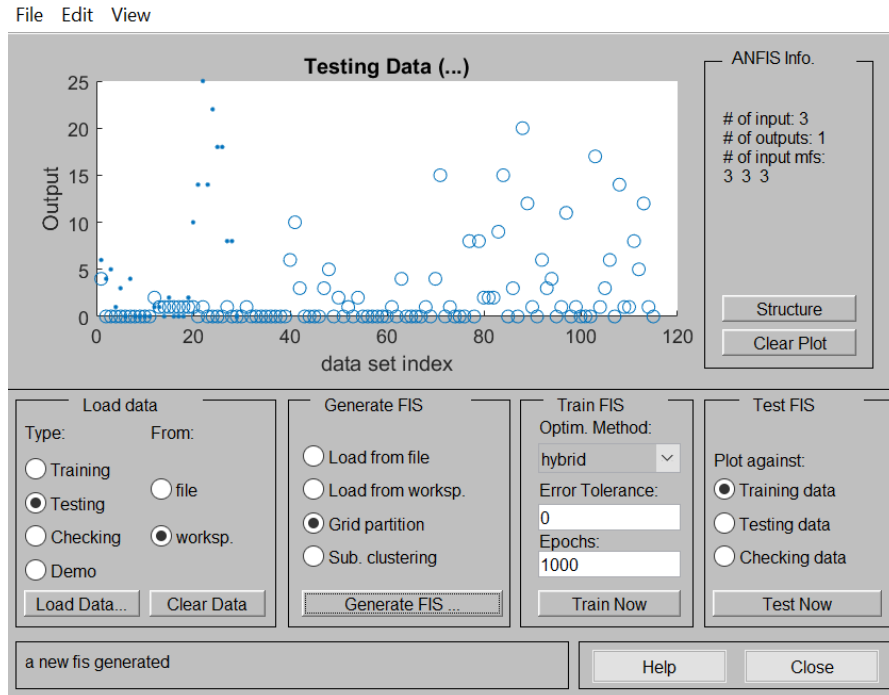
Kemudian digunakan jumlah *epoch* sebanyak 1000 (Hermansyah & Widodo, 2004) dan jumlah fungsi keanggotaan sebanyak 3. Sedangkan untuk variasi parameter lainnya dijelaskan pada Tabel 3.2, yaitu variasi jumlah variabel input, bentuk fungsi keanggotaan yaitu fungsi *bell*, segitiga, *gaussian*, dan trapesium. Sedangkan *rule base* yang digunakan dibentuk dengan proses *learning* pada ANFIS (Widodo & Trias, 2010).

**Tabel 3.2** Skenario Perancangan Model ANFIS

Skenario	Teknik Clustering	Epoch	Jumlah MF	Algoritma Pembelajaran	Variabel Input	Bentuk MF
1	Grid Partitioning	1000	3	Hybrid	Variabel Ekonomi	bell
2						segitiga
3						gaussian
4						trap
5					Variabel Ekonomi dan Cuaca	bell
6						segitiga
7						gaussian
8						trap

Pada perancangan model ANFIS, langkah pertama yang dilakukan adalah menyiapkan *software* Matlab 2021b dan membuka toolbox *Fuzzy Logic Designer* dengan mengetik syntax “fuzzy” pada *command window*. Kemudian dibuatlah FIS Sugeno dengan variabel input sesuai dengan yang telah ditetapkan pada skenario dan variabel output yaitu *demand*. Pada toolbox *Fuzzy Logic Designer* pilih tab menu edit, kemudian akan terdapat pilihan *anfis* untuk menampilkan toolbox *Neuro-Fuzzy Designer* dan memulai proses *learning*. Dilakukan *load data* dari workspace yang telah dipersiapkan menggunakan *coding split data*, dengan pembagian data yakni data *training* sejumlah 80%, dan data *testing* sejumlah 20% dari keseluruhan data (Gholamy, Kreinovich, & Kosheleva, 2018).

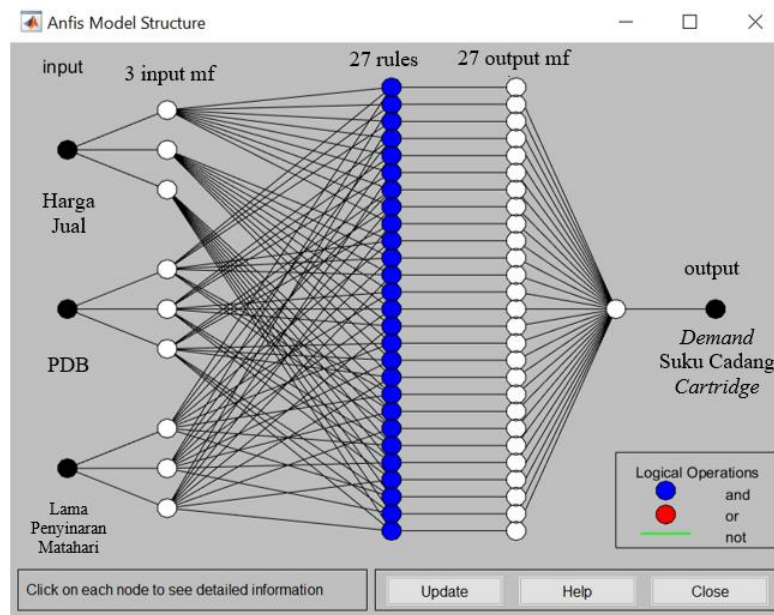
Pada toolbox *Neuro-Fuzzy Designer* yang diilustrasikan pada Gambar 3.3, dilakukan setting parameter sesuai dengan Tabel 3.2. Pada bagian generate FIS, dipilih opsi *grid partition* sebagai teknik *clustering* dan metode optimasi *hybrid*. Kemudian dimasukkan angka 1000 pada bagian *epochs* dan 0 pada bagian *error tolerance*.



**Gambar 3.3** Toolbox *Neuro-Fuzzy Designer*

Setting add *membership functions* akan muncul pada pilihan generate FIS. Dimasukkan jumlah fungsi keanggotaan masing–masing sebanyak 3, bentuk fungsi keanggotaan, dan output berupa *constant*. Kemudian pada bagian train FIS digunakan opsi *train now* untuk memulai proses training model ANFIS dengan jumlah iterasi sesuai dengan parameter epoch yang telah ditentukan sebelumnya.

Pada toolbox *Neuro-Fuzzy Designer* terdapat pilihan *structure* untuk menampilkan arsitektur model ANFIS seperti pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Arsitektur Model ANFIS pada Matlab 2021b

Pada tahap akhir akan diperoleh output berupa *demand forecast* suku cadang *cartridge* dengan mengetikkan syntax “*evalfis*” pada *command windows*. Hasil perolehan data output model ANFIS seluruh variasi parameter atau sesuai dengan skenario yang telah dirancang pada Tabel 3.2, selanjutnya dikumpulkan menggunakan *Microsoft Excel* dan dilakukan uji akurasi menggunakan metode MAD dan MSE.

### 3.5.2 Perancangan *Demand Forecast* Menggunakan Metode *Moving Average*

Metode *Moving Average* diperoleh dengan melakukan penjumlahan dan pencarian nilai rata-rata dari sejumlah periode tertentu, kemudian menghilangkan nilai terlamanya dan menambah nilai baru (Kho, 2018). Pada penelitian ini periode perhitungan sesuai dengan yang digunakan PT. XYZ yaitu per 12 bulan. *Moving Average* diimplementasikan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel. Perhitungan MA dilakukan menggunakan persamaan (2. 1), seperti yang telah dijabarkan pada subbab metode *demand forecast*.

### 3.6 Pengujian Akurasi

Uji akurasi dilakukan pada hasil rancangan model *demand forecast* metode ANFIS dan *Moving Average*, dengan tujuan untuk mengetahui performansi mana yang terbaik antara kedua metode tersebut. Seluruh data hasil *forecast* akan dikumpulkan dan dihitung nilai *error*nya menggunakan metode uji akurasi MAD dan MSE sesuai dengan persamaan (2. 15) hingga (2. 16). Perhitungan uji akurasi ini dilakukan dengan bantuan *software* Microsoft Excel.

Pada penelitian ini kedua nilai MAD dan MSE akan menjadi parameter keberhasilan perancangan model *demand forecast* ANFIS, yaitu ketika diperoleh nilai *error* MAD dan MSE dari rancangan model ANFIS yang lebih besar daripada nilai yang diperoleh pada metode *Moving Average*, maka model *demand forecast* ANFIS yang telah dirancang harus dievaluasi agar dapat diperoleh performansi yang lebih baik. Sedangkan ketika diperoleh nilai *error* dari rancangan model ANFIS yang lebih kecil daripada nilai yang diperoleh pada metode MA, maka model *demand forecast* ANFIS telah memiliki performansi yang lebih baik daripada *existing method* atau metode *Moving Average* yang digunakan pada perusahaan PT. XYZ.

### 3.7 Komparasi Hasil Akurasi Rancangan Model ANFIS dan MA

Perancangan *demand forecast* dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh penyimpangan atau *error* sekecil mungkin dari *demand* (permintaan) aktual (Anusha, Alok, & Shaik, 2014). Nilai *error* yang diperoleh dengan perhitungan MAD dan MSE digunakan

untuk mengetahui performansi dari kedua metode *demand forecast*. Semakin kecil nilai *error*, maka semakin baik performansi dari suatu model prediksi (Klimberg, Sillup, Boyle, & Tavva, 2010). Komparasi nilai *error* dilakukan dengan menggunakan fitur *pivot table* pada Excel agar dapat dengan mudah menganalisa perbandingan performansi dari kedua model *demand forecast*.

### **3.8 Analisa Data dan Pembahasan**

Setelah dilakukan komparasi uji akurasi pada model *demand forecast* menggunakan metode ANFIS dan MA, selanjutnya dilakukan analisis terhadap data hasil uji akurasi yang telah diperoleh. Hasil yang diharapkan pada tahap ini adalah mengetahui performansi terbaik antara kedua metode ANFIS dan MA sebagai model *demand forecast* suku cadang *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540*.

### **3.9 Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan dan diharapkan dapat menjawab dari permasalahan yang telah disebutkan pada awal penelitian ini. Kemudian peneliti akan memberikan saran agar studi selanjutnya dapat diperoleh hasil yang lebih baik.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian diharapkan dapat menjawab rumusan masalah seperti yang telah dijabarkan pada bab 1. Pertama dilakukan analisis terhadap data yang telah terkumpul dengan melakukan uji korelasi antara variabel input terhadap variabel output yaitu *demand* suku cadang *cartridge*. Analisis dilakukan terhadap hasil pemodelan ANFIS dan *Moving Average*, serta dilakukan analisis terhadap hasil uji akurasi untuk mengetahui performansi mana yang terbaik dari kedua metode *demand forecast* tersebut.

#### 4.1 Hasil Pengumpulan Data

Kumpulan data yang masih dipertimbangkan untuk menjadi variabel input dan output pada model *demand forecast* suku cadang *cartridge* menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) ditunjukkan pada subbab ini. Variabel input tersebut berupa harga jual suku cadang (rupiah), produk domestik bruto (milyar rupiah), dan data cuaca berupa suhu udara (°C), curah hujan (mm), kecepatan angin (m/s), dan lama penyinaran matahari (jam). Sedangkan variabel output yaitu berupa data *demand* (permintaan) atau historis penjualan suku cadang (item).

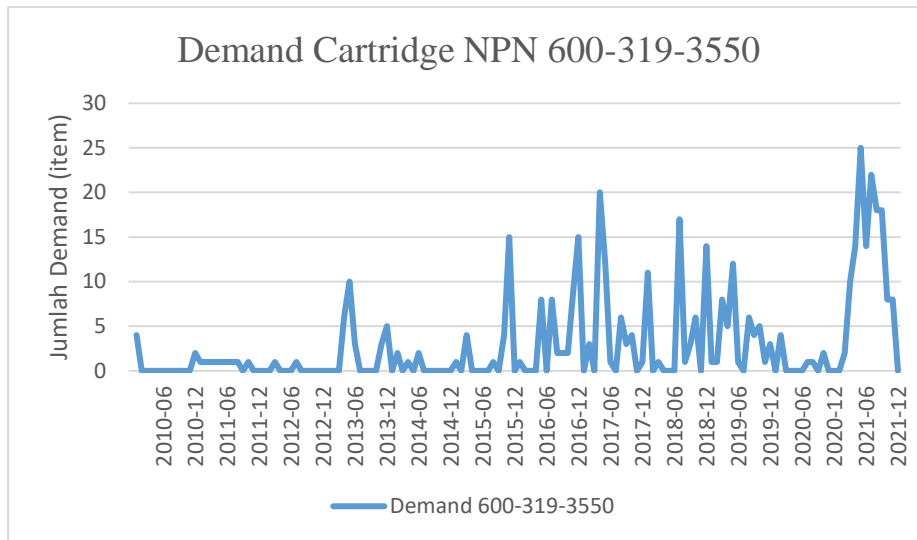
##### 4.1.1 Data Historis Penjualan Suku Cadang *Cartridge*

Data *demand* (permintaan) atau data historis penjualan suku cadang *cartridge* excavator untuk NPN 600-319-3550 dan NPN 600-319-4540 akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Data historis penjualan suku cadang *cartridge* untuk kedua NPN ini merupakan data penjualan dari tahun 2010 hingga 2021 yang ditampilkan dalam satuan item dan kurun waktu bulanan pada Tabel 4.1.

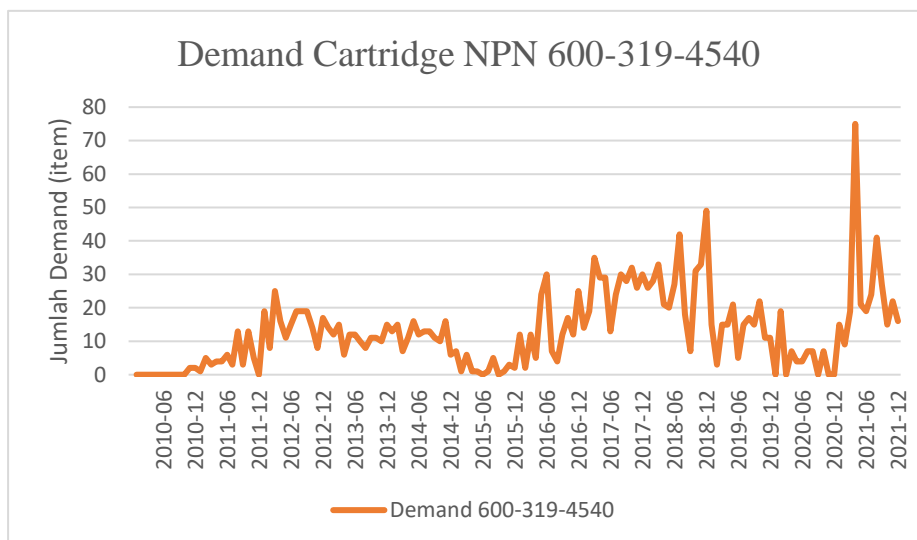
**Tabel 4.1** Data Historis Penjualan Suku Cadang *Cartridge*

Suku Cadang	MM-YY												
	01-10	02-10	03-10	04-10	05-10	06-10	....	07-21	08-21	09-21	10-21	11-21	12-21
<i>Cartridge</i> NPN 3550	4	0	0	0	0	0		22	18	18	8	8	0
<i>Cartridge</i> NPN 4540	0	0	0	0	0	0		24	41	27	15	22	16

Data historis penjualan suku cadang *cartridge* divisualisasikan menggunakan grafik pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



**Gambar 4.1** Grafik Data Historis Penjualan Suku Cadang *Cartridge* NPN 600-319-3550

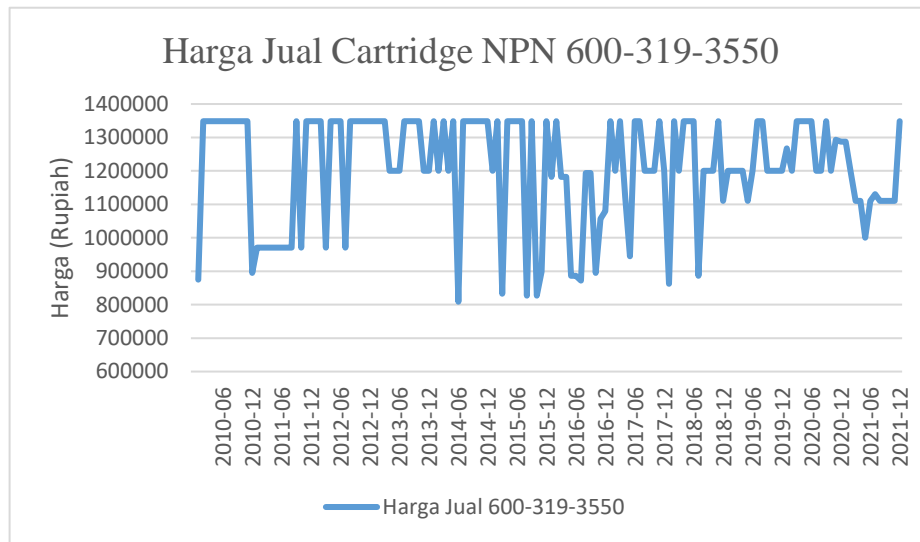


**Gambar 4.2** Grafik Data Historis Penjualan Suku Cadang *Cartridge* NPN 600-319-4540

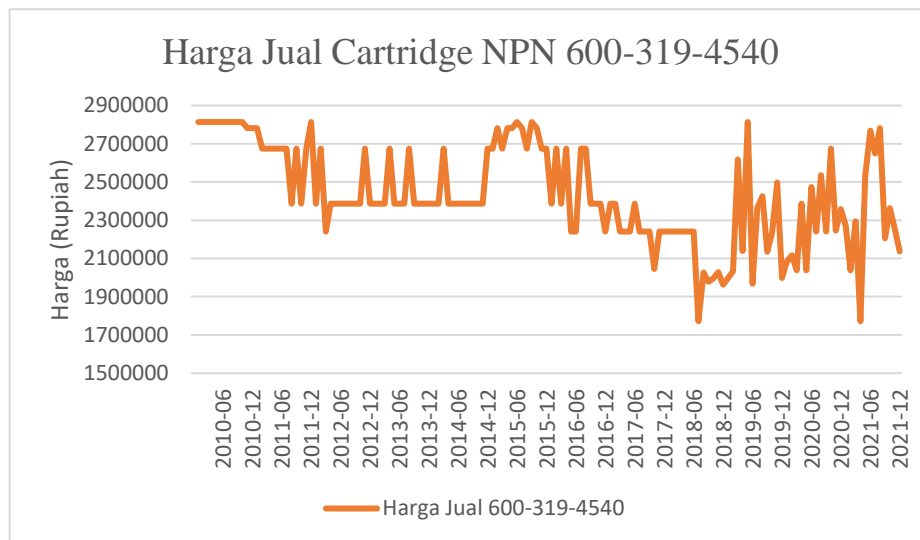
Grafik hasil visualisasi pola *demand* suku cadang *cartridge* untuk kedua NPN menunjukkan bahwa *demand* (permintaan) mengalami peningkatan yang fluktuatif mulai tahun 2020. Hal ini memperkuat latar belakang dari penelitian ini, bahwa pandemi COVID-19 di tahun 2020 berdampak pada permintaan suku cadang yang fluktuatif dan sulit untuk diprediksi.

#### 4.1.2 Data Harga Jual Suku Cadang *Cartridge*

Data harga jual suku cadang *cartridge* excavator untuk kedua NPN ini merupakan data perubahan harga jual dari tahun 2010 hingga 2021 yang ditampilkan dalam satuan rupiah dan kurun waktu bulanan. Data harga jual suku cadang *cartridge* excavator untuk NPN 600-319-3550 dan NPN 600-319-4540 divisualisasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



**Gambar 4.3** Grafik Data Harga Jual Suku Cadang *Cartridge* NPN 600-319-3550



**Gambar 4.4** Grafik Data Harga Jual Suku Cadang *Cartridge* NPN 600-319-4540

#### 4.1.3 Data Produk Domestik Bruto (PDB)

Pada situs Badan Pusat Statistik, diketahui data PDB Indonesia disajikan dalam dua konsep harga, yaitu harga berlaku dan harga konstan. Tugas akhir menggunakan PDB atas dasar harga konstan dimana faktor harganya telah dihilangkan. PDB atas dasar harga konstan



dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk mengetahui tingkat pertumbuhan ekonomi suatu negara (Badan Pusat Statistik, 2010).

Badan Pusat Statistik (BPS) hanya menyediakan data produk domestik bruto (PDB) Indonesia dalam kurun waktu triwulanan, sedangkan bentuk data yang dibutuhkan adalah dalam kurun waktu bulanan. Interpolasi dilakukan dengan menggunakan metode *quadratic match average* yang dijelaskan pada persamaan (2. 2) sehingga diperoleh data dalam bentuk bulanan. Perhitungan interpolasi pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan *software* Eviews 9.

Data produk domestik bruto memiliki tipe data *time series*, sehingga pada *workfile structure type* dipilih *dated – regular frequency* dengan frekuensi data berupa *quarterly*. Menu *general options* menggunakan opsi *quadratic match average* sebagai metode konversi frekuensi data. Kemudian dibuatlah *workfile* baru dengan frekuensi data berupa *monthly*.

Berikut ini adalah contoh perhitungan manual interpolasi data PDB menggunakan metode *quadratic match average* sesuai persamaan (2. 2). Pada Tabel 4.2 disajikan data PDB di tahun 2010 dalam kurun waktu triwulanan.

**Tabel 4.2** Data PDB Tahun 2010 dalam Triwulanan

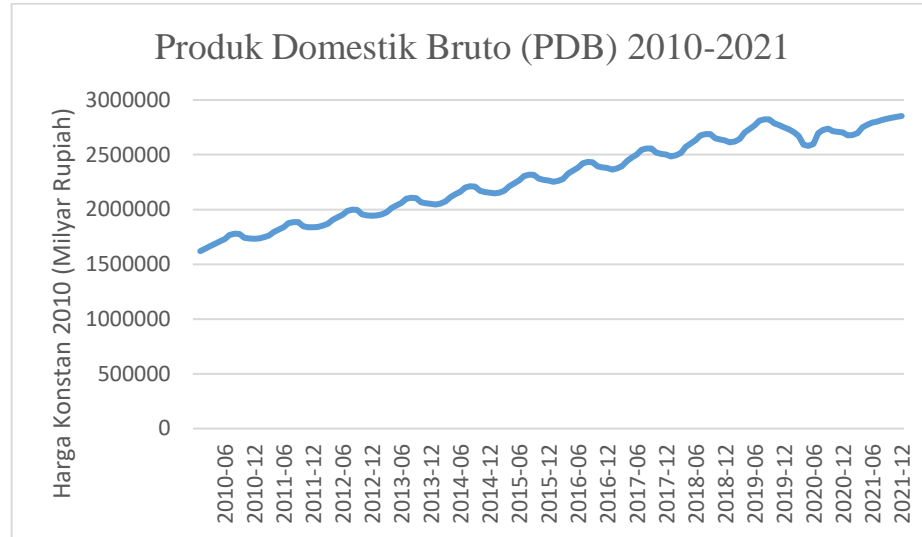
Tahun	PDB
2010 K1	1642356
2010 K2	1709132
2010 K3	1775110

Nilai koefisien A, B, dan C dicari dengan sedemikian rupa sehingga rata-rata perolehan nilai PDB selama tiga bulan di setiap kuartal sama dengan nilai data triwulanan yang diketahui (Gareth, 2011). Tabel 4.3 berikut ini adalah contoh perhitungan interpolasi untuk PDB di bulan Januari 2010 hingga bulan September 2010.

**Tabel 4.3** Contoh Perhitungan Interpolasi *Quadratic Match Average*

Bulan	Trend	$at^2+bt+c$	Average
Jan-10	0	1619950	
Feb-10	1	1642386	
Mar-10	2	1664733	1642356
Apr-10	3	1686992	
May-10	4	1709162	
Jun-10	5	1731243	1709132
Jul-10	6	1768458	
Aug-10	7	1778945	
Sep-10	8	1777926	1775110

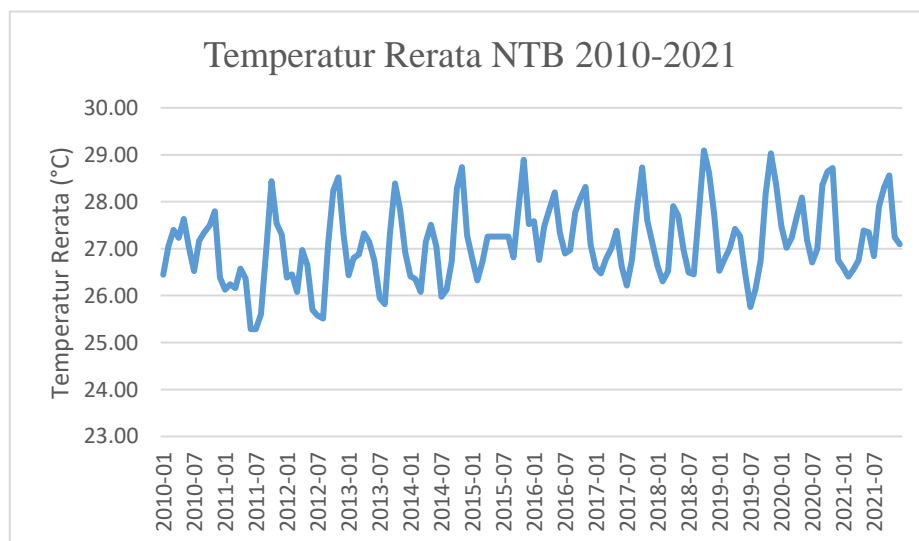
Tabel 4.3 diatas, menunjukkan data PDB dalam kurun waktu bulanan yang diperoleh setelah dilakukan interpolasi data triwulanan dengan metode *quadratic match average* sesuai perhitungan menggunakan persamaan (2. 2) dan bantuan *software* Eviews 9. Data PDB yang telah terinterpolasi selanjutnya divisualisasikan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Grafik Data PDB Indonesia 2010-2021

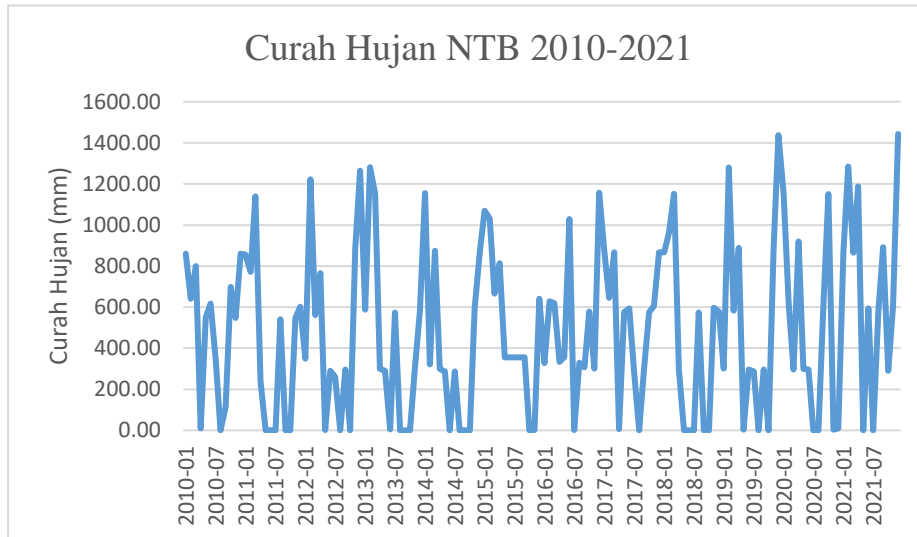
#### 4.1.4 Data Cuaca

Data cuaca diperoleh dari situs BMKG yang meliputi suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ), curah hujan (mm), kecepatan angin (m/s), dan lama penyinaran matahari (jam). Data cuaca dari tahun 2010 hingga 2021 ditampilkan pada grafik di bawah ini dalam kurun waktu bulanan. Data cuaca hanya diambil berdasarkan persebaran wilayah customer PT. XYZ yang berlokasi di Nusa Tenggara Barat. Adapun Gambar 4.6 merupakan visualisasi pola data suhu udara di wilayah Nusa Tenggara Barat.



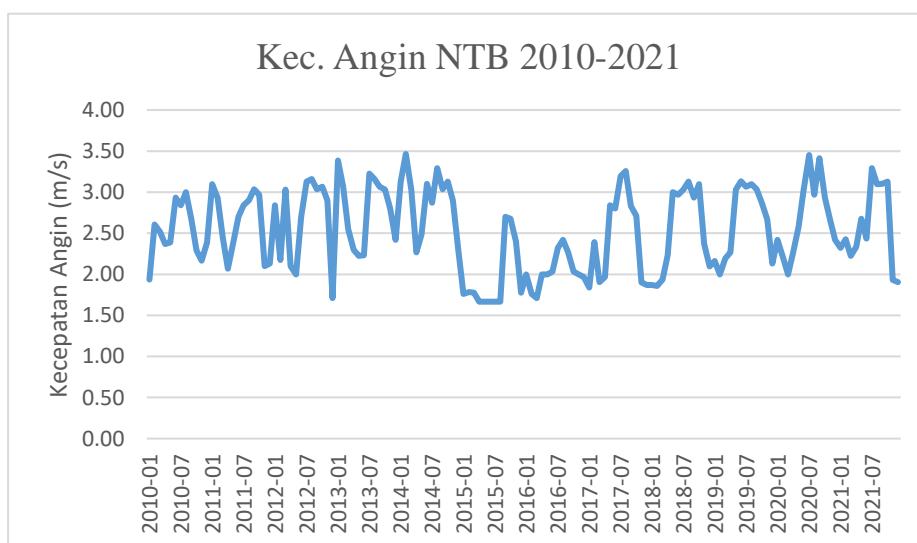
**Gambar 4.6** Grafik Data Suhu Udara NTB 2010-2021

Visualisasi pola data curah hujan untuk wilayah NTB dapat diperhatikan pada Gambar 4.7 dibawah ini, ditunjukkan bahwa intensitas curah hujan akan meningkat di setiap awal tahun. Hal ini bersesuaian dengan musim penghujan di Indonesia yang dimulai pada bulan Desember hingga Februari (Hamdi, 2014).



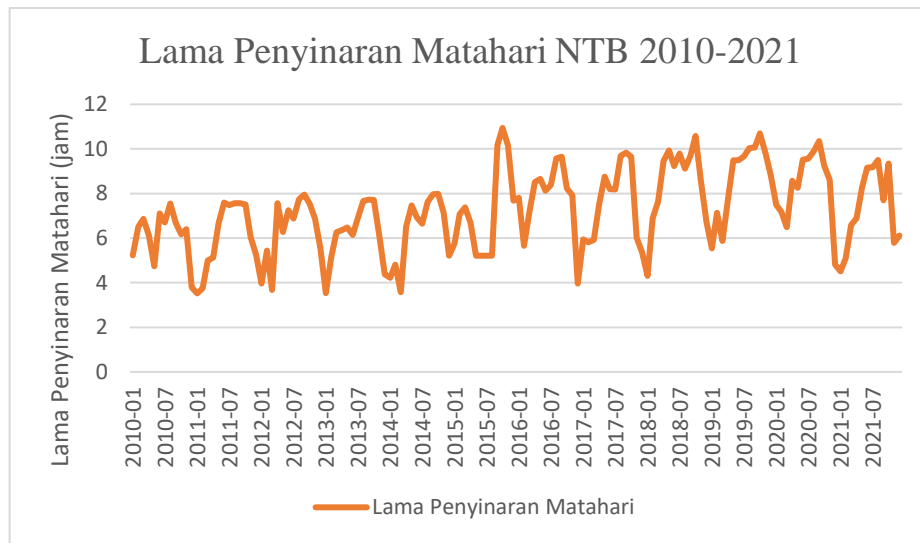
**Gambar 4.7** Grafik Data Curah Hujan NTB 2010-2021

Gambar 4.8 adalah grafik visualisasi pola data kecepatan angin untuk wilayah NTB. Dapat diperhatikan pada grafik bahwa kecepatan angin akan menurun di setiap awal tahun atau musim penghujan. Hal ini bersesuaian dengan teori bahwa penurunan curah hujan disebabkan oleh kenaikan kecepatan angin zonal dan kenaikan curah hujan disebabkan oleh penurunan kecepatan angin zonal (Pandia, Sasmito, & Sukmono, 2019).



**Gambar 4.8** Grafik Data Kecepatan Angin 2010-2021

Pola data lama penyinaran matahari untuk wilayah NTB periode tahun 2010 hingga 2021 divisualisasikan pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9** Grafik Data Lama Penyinaran Matahari 2010-2021

Grafik diatas menunjukkan bahwa durasi lama penyinaran matahari akan berkurang disetiap musim penghujan yang dimulai dari bulan Desember hingga Februari. Lama penyinaran matahari memiliki hubungan erat dengan musim. Semakin pendek durasi penyinaran matahari harian menandakan sedang terjadinya musim penghujan. Sedangkan musim kemarau memiliki lama penyinaran harian yang lebih panjang atau banyaknya jumlah hari cerah (Hamdi, 2014).

Penjualan suku cadang *cartridge* di musim kemarau lebih tinggi jika dibandingkan dengan saat musim hujan menurut *Head of Parts Department* di PT. XYZ. Hal ini dikarenakan kegiatan pertambangan atau konstruksi akan berhenti untuk alasan *safety* saat musim hujan.

## 4.2 Analisa Hasil Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan linear antara variabel input yang digunakan pada perancangan *demand forecast* ANFIS. Perhitungan dilakukan menggunakan teknik VIF yaitu dengan persamaan (3. 1) dan (3. 2) serta dengan bantuan *software* Microsoft Excel. Tabel 4.4 adalah contoh perhitungan antara variabel harga jual suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550 (X1) dan PDB (X2).

**Tabel 4.4** Perhitungan Nilai  $R$  Korelasi

YYYY-MM	$X1 - \bar{X1}$	$X2 - \bar{X2}$	$X1X2$	$(X1 - \bar{X1})^2$	$(X2 - \bar{X2})^2$
2010-01	-334873.1548	-674783.4532	2.25967E+11	1.1214E+11	4.55333E+11
2010-02	138826.8452	-652347.5977	-90563358930	19272892935	4.25557E+11
2010-03	138826.8452	-630000.3866	-87460966113	19272892935	3.969E+11
2010-04	138826.8452	-607741.8199	-84370879525	19272892935	3.6935E+11
2010-05	138826.8452	-585571.8977	-81293099166	19272892935	3.42894E+11
...	...	...	...	...	...
2021-08	-99173.15485	521615.5653	-51730261226	9835314642	2.72083E+11
2021-09	-99173.15485	533049.7986	-52864230219	9835314642	2.84142E+11
2021-10	-99173.15485	543046.0986	-53855594827	9835314642	2.94899E+11
2021-11	-99173.15485	551604.4653	-54704355049	9835314642	3.04267E+11
2021-12	138826.8452	558724.8986	77566014983	19272892935	3.12174E+11
<b>ΣSum</b>	<b>3.87663E-08</b>	<b>-4.70318E-08</b>	<b>-3.60322E+11</b>	<b>3.71766E+12</b>	<b>1.84654E+13</b>

Setelah diperoleh hasil penjumlahan yaitu  $\sum X1X2$  dan  $\sum X1^2X2^2$ , maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai  $R$  dan VIF sesuai persamaan (4. 1) dan (4. 2).

$$R = \frac{-360321554005}{\sqrt{(3717655510171)(18465358823209)}} = -0.04349 \quad (4. 1)$$

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2} = \frac{1}{1 - (-0.04349)^2} = 1.0019 \quad (4. 2)$$

Jika diperoleh nilai  $VIF > 10$ , maka terdapat hubungan linear antar variabel (Shrestha, 2020). Pada uji multikolinearitas antara variabel harga jual dan PDB diperoleh nilai VIF sebesar 1.0019, sehingga dapat disimpulkan bahwa antara variabel harga jual suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550 dan PDB tidak terdapat multikolinearitas.

Adapun Tabel 4.5 merupakan hasil uji multikolinearitas untuk seluruh variabel sesuai Tabel 3.1 yang akan digunakan sebagai *input* pada perancangan model *demand forecast* ANFIS. Perhitungan nilai VIF dilakukan dengan langkah yang sama yaitu dengan mencari nilai  $R$  terlebih dahulu, sehingga diperoleh hasil perhitungan dan interpretasinya sebagai berikut.

Tabel 4.5 Hasil Uji Multikolinearitas

NPN	Variabel	$r$	$r^2$	Tolerance	VIF	Interpretasi
Cartridge NPN 3550	rX1X2	-0.0435	0.0019	0.9981	1.0019	Tidak Adanya Multikolinearitas
	rX1X3	0.0480	0.0023	0.9977	1.0023	
	rX1X4	0.0598	0.0036	0.9964	1.0036	
	rX1X5	0.0761	0.0058	0.9942	1.0058	
	rX1X6	-0.0354	0.0013	0.9987	1.0013	
Cartridge NPN 4540	rX1X2	-0.5857	0.3431	0.6569	1.5222	
	rX1X3	-0.1035	0.0107	0.9893	1.0108	
	rX1X4	-0.0831	0.0069	0.9931	1.0070	
	rX1X5	-0.0988	0.0098	0.9902	1.0099	
	rX1X6	-0.2220	0.0493	0.9507	1.0519	
	rX2X3	0.2718	0.0739	0.9261	1.0798	
	rX2X4	0.0174	0.0003	0.9997	1.0003	
	rX2X5	0.0192	0.0004	0.9996	1.0004	
	rX2X6	0.5318	0.2829	0.7171	1.3944	
	rX3X4	-0.0331	0.0011	0.9989	1.0011	
	rX3X5	-0.0901	0.0081	0.9919	1.0082	
	rX3X6	0.3910	0.1529	0.8471	1.1804	
	rX4X5	-0.3995	0.1596	0.8404	1.1899	
	rX4X6	-0.4100	0.1681	0.8319	1.2021	
	rX5X6	0.3368	0.1134	0.8866	1.1280	

Hasil uji multikolinearitas menunjukkan nilai VIF untuk semua variabel yaitu dibawah batas parameter 10. Dapat disimpulkan bahwa antar variabel input tidak terdapat multikolinearitas. Sehingga variabel input yaitu harga jual suku cadang, produk domestik bruto, dan data cuaca berupa suhu udara, curah hujan, kecepatan angin, serta lama penyinaran matahari dapat dipertimbangkan sebagai variabel input *demand forecast* ANFIS. Namun sebelumnya terlebih dahulu dilakukan uji korelasi antara variabel input tersebut terhadap *demand* suku cadang *cartridge*.

#### 4.3 Analisa Hasil Uji Korelasi

Tugas akhir ini sesuai dengan rumusan masalah yang ada bahwasannya akan dicari tahu korelasi antara harga jual suku cadang, produk domestik bruto (PDB), dan cuaca terhadap *demand* suku cadang excavator yaitu *Cartridge 600-319-3550* dan *Cartridge 600-319-4540* di PT. XYZ.

Uji korelasi dilakukan dengan metode *Spearman-Rank correlation test* dan uji signifikansi dengan bantuan *software* IBM SPSS 25. Untuk memperoleh nilai koefisien korelasi  $\rho$  dan nilai *sig 2 tailed* untuk masing-masing variabel, maka digunakan persamaan (2. 3) dan (2. 5). Adapun berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan dengan metode

*Rank Spearman* dan uji signifikansi antara variabel input terhadap output yaitu *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550 dengan keterangan masing-masing variabel disajikan pada Tabel 3.1.

Terlebih dahulu ditentukan peringkat dari masing-masing variabel dan dihitung pula reratanya yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Perhitungan Ranking Statistik

YYYY-MM	Ranking						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2010-01	7	1	28	111	21.5	25	112.5
2010-02	112	2	72	101	77	51	35.5
2010-03	112	3	100	108	74	60	35.5
2010-04	112	4	82	36	59.5	42	35.5
2010-05	112	5	110	77	62	13	35.5
...	...	...	...	...	...	...	...
2021-08	33	138	122	79.5	123.5	123	140.5
2021-09	33	141	129	124	126.5	90	140.5
2021-10	33	142	136	47	130	119	125
2021-11	33	143	83	95	20	33	125
2021-12	112	144	74	144	18.5	41	35.5

Hasil perhitungan ranking statistik pada Tabel 4.6 menunjukkan ranking tiap variabel yaitu antara 1 hingga 144. Rata-rata ranking statistik untuk seluruh variabel bernilai sama yaitu 72.5, dikarenakan setiap variabel memiliki jumlah data yang sama yaitu sejumlah 144 data.

Selisih atau diferensiasi dihitung antara ranking statistik dan ranking rerata untuk masing-masing variabel sesuai Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Diferensiasi Ranking Statistik

YYYY-MM	d						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2010-01	-65.5	-71.5	-44.5	38.5	-51	-47.5	40
2010-02	39.5	-70.5	-0.5	28.5	4.5	-21.5	-37
2010-03	39.5	-69.5	27.5	35.5	1.5	-12.5	-37
2010-04	39.5	-68.5	9.5	-36.5	-13	-30.5	-37
2010-05	39.5	-67.5	37.5	4.5	-10.5	-59.5	-37
...	...	...	...	...	...	...	...
2021-08	-39.5	65.5	49.5	7	51	50.5	68
2021-09	-39.5	68.5	56.5	51.5	54	17.5	68
2021-10	-39.5	69.5	63.5	-25.5	57.5	46.5	52.5
2021-11	-39.5	70.5	10.5	22.5	-52.5	-39.5	52.5
2021-12	39.5	71.5	1.5	71.5	-54	-31.5	-37

Nilai diferensiasi untuk masing-masing variabel yang telah diperoleh, kemudian dikuadratkan dan dihitung pula jumlah hasil kuadrat tersebut untuk masing-masing variabel seperti pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Kuadrat Diferensiasi Ranking Statistik

YYYY-MM	d <sup>2</sup>						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2010-01	4290.25	5112.25	1980.25	1482.25	2601	2256.25	1600
2010-02	1560.25	4970.25	0.25	812.25	20.25	462.25	1369
2010-03	1560.25	4830.25	756.25	1260.25	2.25	156.25	1369
2010-04	1560.25	4692.25	90.25	1332.25	169	930.25	1369
2010-05	1560.25	4556.25	1406.25	20.25	110.25	3540.25	1369
...	...	...	...	...	...	...	...
2021-08	1560.25	4290.25	2450.25	49	2601	2550.25	4624
2021-09	1560.25	4692.25	3192.25	2652.25	2916	306.25	4624
2021-10	1560.25	4830.25	4032.25	650.25	3306.25	2162.25	2756.25
2021-11	1560.25	4970.25	110.25	506.25	2756.25	1560.25	2756.25
2021-12	1560.25	5112.25	2.25	5112.25	2916	992.25	1369
<b>Sum</b>	<b>223286</b>	<b>248820</b>	<b>248809</b>	<b>248528</b>	<b>248716</b>	<b>248814.5</b>	<b>218844.5</b>



Perkalian diferensiasi ranking dilakukan antara variabel input ( $X_i$ ) terhadap variabel output ( $Y$ ) yaitu *demand*. Dihitung pula jumlah hasil perkalian diferensiasi ranking antara dua variabel tersebut pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Perkalian Diferensiasi Ranking Statistik Dua Variabel

YYYY-MM	dXi*dY					
	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2010-01	-2620	-2860	-1780	1540	-2040	-1900
2010-02	-1461.5	2608.5	18.5	-1054.5	-166.5	795.5
2010-03	-1461.5	2571.5	-1017.5	-1313.5	-55.5	462.5
2010-04	-1461.5	2534.5	-351.5	1350.5	481	1128.5
2010-05	-1461.5	2497.5	-1387.5	-166.5	388.5	2201.5
...	...	...	...	...	...	...
2021-08	-2686	4454	3366	476	3468	3434
2021-09	-2686	4658	3842	3502	3672	1190
2021-10	-2073.75	3648.75	3333.75	-1338.75	3018.75	2441.25
2021-11	-2073.75	3701.25	551.25	1181.25	-2756.25	-2073.75
2021-12	-1461.5	-2645.5	-55.5	-2645.5	1998	1165.5
<b>Sum</b>	<b>-176729</b>	<b>92742</b>	<b>17602.25</b>	<b>-17901.5</b>	<b>3897.5</b>	<b>51704.25</b>

Nilai parameter koefisien korelasi  $\rho$  ditentukan sesuai dengan persamaan (2. 4), yaitu dengan melakukan pembagian antara hasil jumlah perkalian diferensiasi dua variabel ( $\sum xy$ ) dan akar dari hasil jumlah perkalian kuadrat diferensiasi dua variabel ( $\sqrt{\sum x^2 y^2}$ ). Setelah diperoleh nilai  $\rho$ , kemudian dapat ditentukan *p-value* atau nilai *sig 2 tailed* menggunakan persamaan (2. 5).

Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 adalah hasil perhitungan uji korelasi *Rank Spearman* dan uji signifikansi untuk variabel harga jual suku cadang, produk domestik bruto (PDB), dan variabel cuaca yang meliputi suhu udara, curah hujan, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari. Dari hasil perhitungan dapat diketahui korelasi variabel *input* terhadap variabel *output* sesuai dengan interpretasi *Spearman Rank Correlation* oleh Tabel 2.1 Interpretasi nilai  $\rho$  Spearman pada Tabel 2.1.

**Tabel 4.10** Hasil Uji Korelasi NPN 600-319-3550

<b>Spearman Rank Correlation NPN 600-319-3550</b>			
<b>Variabel</b>	<b>Sig. (2 tailed) p-value</b>	<b>Koefisien Korelasi <math>\rho</math></b>	<b>Interpretasi</b>
Harga Jual	0.000	-0.799	Strong relationship
PDB	0.000	0.397	Moderate relationship
Kec. Angin	0.842	0.017	No relationship
Curah Hujan	0.360	-0.077	No relationship
Temp Rerata	0.369	0.075	No relationship
Lama Penyinaran Matahari	0.008	0.222	Weak relationship

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa variabel harga jual suku cadang, PDB, dan lama penyinaran matahari memiliki nilai *sig* dibawah 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel-variabel tersebut memiliki hubungan yang signifikan terhadap *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550. Sedangkan variabel kecepatan angin, curah hujan, dan temperature rerata memiliki nilai *sig* diatas 0.05 yang berarti variabel tersebut tidak berhubungan signifikan terhadap *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550.

Diperoleh nilai koefisien korelasi harga jual sebesar -0.799, PDB dengan nilai koefisien korelasi 0.397, dan variabel lama penyinaran matahari dengan nilai koefisien korelasi 0.222. Dari perolehan nilai koefisien tersebut dapat disimpulkan bahwa variabel harga jual berkorelasi kuat dan berhubungan negatif terhadap *demand cartridge*, yang berarti semakin tinggi harga jual *cartridge* maka semakin rendah *demand cartridge* dan semakin rendah harga jual *cartridge* maka semakin tinggi *demand cartridge*. Sedangkan variabel PDB berkorelasi sedang dan lama penyinaran matahari berkorelasi lemah terhadap *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550.

**Tabel 4.11** Hasil Uji Korelasi NPN 600-319-4540

<b>Spearman Rank Correlation NPN 600-319-4540</b>			
<b>Variabel</b>	<b>Sig. (2 tailed) p-value</b>	<b>Koefisien Korelasi <math>\rho</math></b>	<b>Interpretasi</b>
Harga Jual	0.000	-0.625	Strong relationship
PDB	0.000	0.437	Strong relationship
Kec. Angin	0.208	0.106	No relationship
Curah Hujan	0.922	0.008	No relationship
Temp Rerata	0.996	0.000	No relationship
Lama Penyinaran Matahari	0.015	0.202	Weak relationship

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa hanya variabel harga jual suku cadang, PDB, dan lama penyinaran matahari yang memiliki nilai *sig* dibawah 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa hanya variabel-variabel tersebut yang memiliki hubungan signifikan terhadap *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-4540. Diketahui untuk variabel harga jual diperoleh nilai koefisien korelasi sebesar -0.625, variabel PDB dengan nilai koefisien korelasi 0.437, dan variabel lama penyinaran matahari dengan nilai koefisien korelasi 0.202. Sehingga diketahui bahwa variabel harga jual berkorelasi kuat, PDB berkorelasi kuat, dan lama penyinaran matahari berkorelasi lemah terhadap *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-4540.

Hasil uji korelasi yang telah diperoleh menunjukkan bahwa untuk tahap selanjutnya yaitu perancangan model *demand forecast* ANFIS, akan digunakan variabel yang memiliki hubungan signifikan terhadap *demand cartridge*. Sehingga variabel input yang digunakan adalah harga jual suku cadang, PDB, dan lama penyinaran matahari.

#### **4.4 Analisa Hasil Perancangan Demand Forecast Metode ANFIS**

Analisa hasil perancangan dari metode ANFIS dilakukan dengan mengamati hasil output berupa *demand* (permintaan) suku cadang *cartridge* pada kedua NPN. Pada perancangan model ANFIS digunakan variasi jumlah variabel input yaitu harga jual dan PDB (faktor ekonomi) serta harga jual, PDB, dan lama penyinaran matahari (faktor ekonomi dan cuaca). Kemudian digunakan variasi bentuk fungsi keanggotaan yaitu fungsi *bell*, segitiga, *gaussian*, dan trapesium sehingga terdapat sejumlah 8 skenario yang disimulasikan. Sedangkan *rule base* yang digunakan dibentuk dengan proses *learning* pada ANFIS.

Tabel 4.12 menunjukkan jumlah fungsi keanggotaan yaitu sebanyak tiga untuk masing-masing variabel input. Penentuan ketiga jumlah fungsi keanggotaan ini didasarkan pada keterangan yang diperoleh dari *expert* di PT. XYZ dan juga beberapa referensi penelitian.

**Tabel 4.12** Jumlah Fungsi Keanggotaan

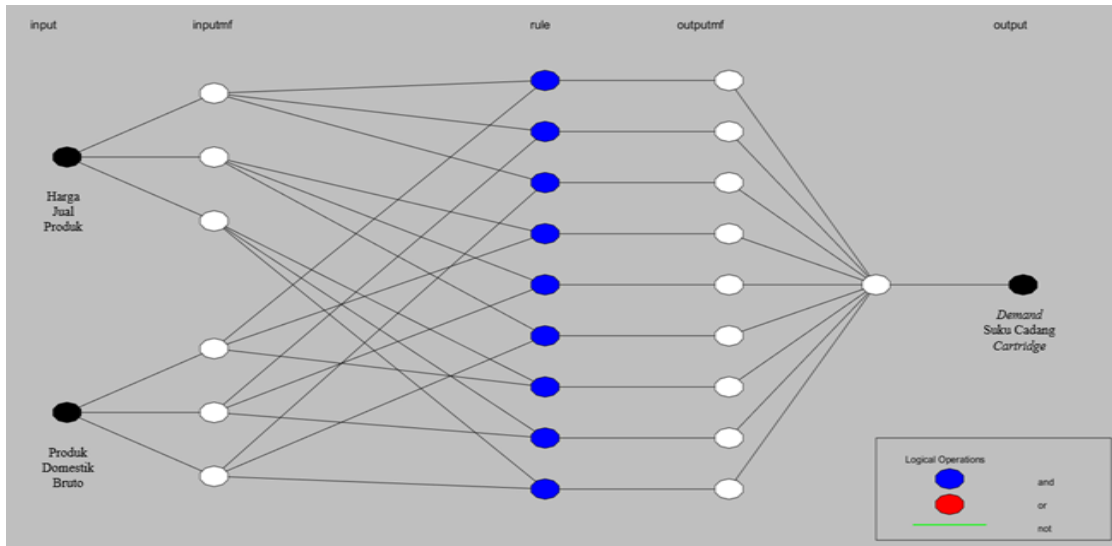
Variabel Input	Jumlah MF	Linguistik
Harga Jual <i>Cartridge</i> (rupiah)	3	Murah
		Normal
		Mahal
PDB (milyar rupiah)		Rendah
		Sedang
		Tinggi
Lama Penyinaran Matahari (jam)		Musim Hujan
		Musim Peralihan
		Musim Kemarau

Tabel 4.13 menjelaskan terkait variasi parameter perancangan *demand forecast* ANFIS sejumlah 8 skenario, dengan parameter tetap lainnya yaitu digunakan teknik pengelompokan data *grid partition*, metode optimasi *hybrid*, dan jumlah *epoch* sebanyak 1000.

**Tabel 4.13** Skenario Perancangan Model ANFIS

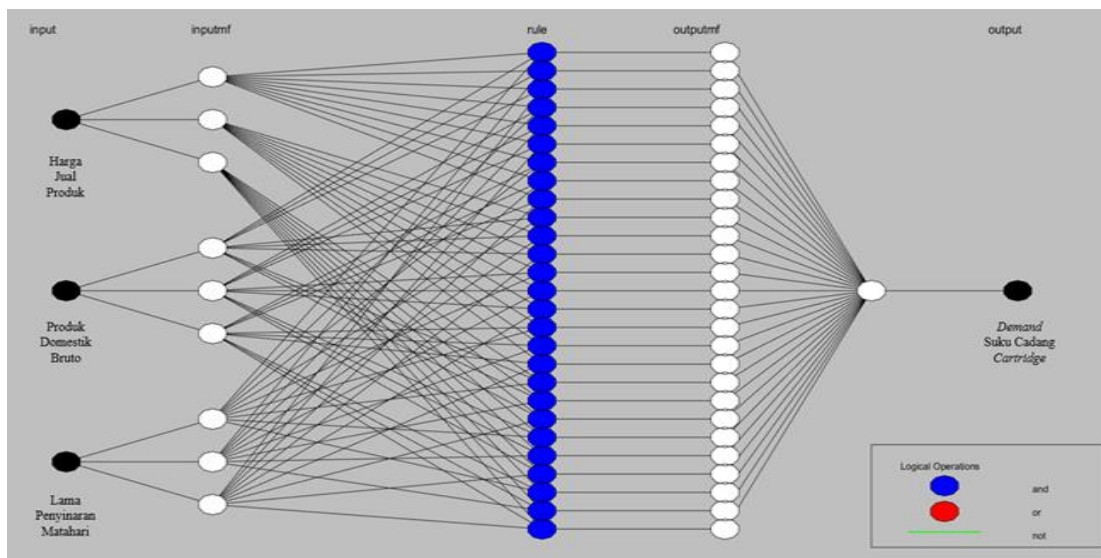
Skenario	Variabel Input	Bentuk MF
1	Harga Jual dan PDB	bell
2		segitiga
3		gaussian
4		trapesium
5	Harga Jual, PDB, dan Lama Penyinaran Matahari	bell
6		segitiga
7		gaussian
8		trapesium

Gambar 4.10 adalah arsitektur ANFIS pada Matlab menggunakan 2 variabel input ekonomi yaitu harga jual dan PDB. Pada layer pertama terjadi fuzifikasi yaitu pemetaan nilai crisp menjadi nilai fuzzy dengan melibatkan fungsi keanggotaan. Terdapat *inputmf* sejumlah 3 sesuai dengan parameter yang ditetapkan dan *rules* sejumlah 9 yang terbentuk dari proses *learning*.



**Gambar 4.10** Arsitektur ANFIS 2 Variabel Input

Gambar 4.11 adalah arsitektur ANFIS pada Matlab menggunakan 3 variabel input ekonomi dan cuaca, yaitu harga jual, PDB, dan lama penyinaran matahari. Ditunjukkan *rules* sejumlah 27 yang terbentuk dari proses *learning*.



**Gambar 4.11** Arsitektur ANFIS 3 Variabel Input

**4.4.1 Hasil Uji Akurasi ANFIS**

Hasil uji akurasi pemodelan *demand forecast* ANFIS pada suku cadang *cartridge* kedua NPN untuk seluruh skenario berdasarkan nilai MAD dan MSE ditunjukkan pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15.

**Tabel 4.14** Hasil Uji Akurasi *Demand Forecast* ANFIS pada *Cartridge* NPN 600-319-3550

Skenario	Data	MAD	MSE
1	Training	1.26	5.30
	Testing	2.80	15.03
2	Training	1.44	6.75
	Testing	3.46	26.70
3	Training	1.40	6.64
	Testing	3.27	25.42
4	Training	1.43	6.93
	Testing	3.42	27.53
5	Training	1.07	8.86
	Testing	6.63	115.04
6	Training	1.37	6.05
	Testing	4.08	33.23
7	Training	1.27	5.28
	Testing	5.72	98.39
8	Training	1.00	4.47
	Testing	9.37	523.28

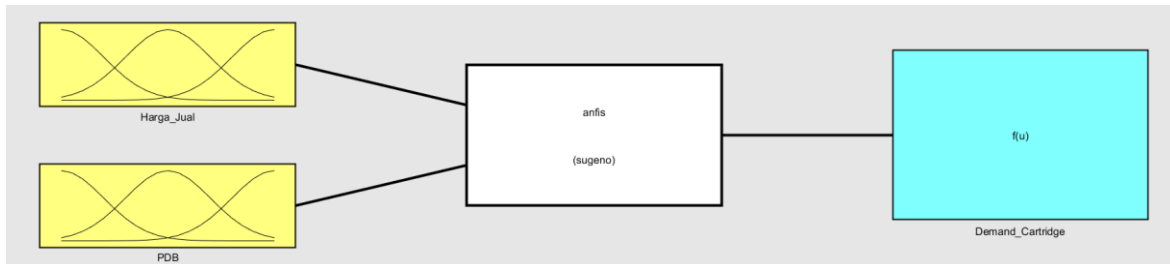
**Tabel 4.15** Hasil Uji Akurasi *Demand Forecast* ANFIS pada *Cartridge* NPN 600-319-4540

Skenario	Data	MAD	MSE
1	Training	3.23	28.96
	Testing	14.74	373.24
2	Training	3.28	35.07
	Testing	14.43	364.48
3	Training	3.51	34.63
	Testing	15.25	388.64
4	Training	4.22	40.14
	Testing	16.25	377.66
5	Training	3.42	25.62
	Testing	7.24	87.04
6	Training	2.89	31.38
	Testing	16.47	554.48
7	Training	2.94	17.46
	Testing	7.54	82.54
8	Training	4.08	47.16
	Testing	15.64	392.44

Tabel 4.14 menampilkan hasil uji akurasi model ANFIS untuk *cartridge* NPN 600-319-3550 yang menunjukkan bahwa skenario 1 adalah model ANFIS terbaik dengan diperolehnya nilai MAD dan MSE untuk data *testing* sebesar 2.80 dan 15.03. Sedangkan pada Tabel 4.15 untuk *cartridge* NPN 600-319-4540 ditunjukkan bahwa skenario 5 adalah

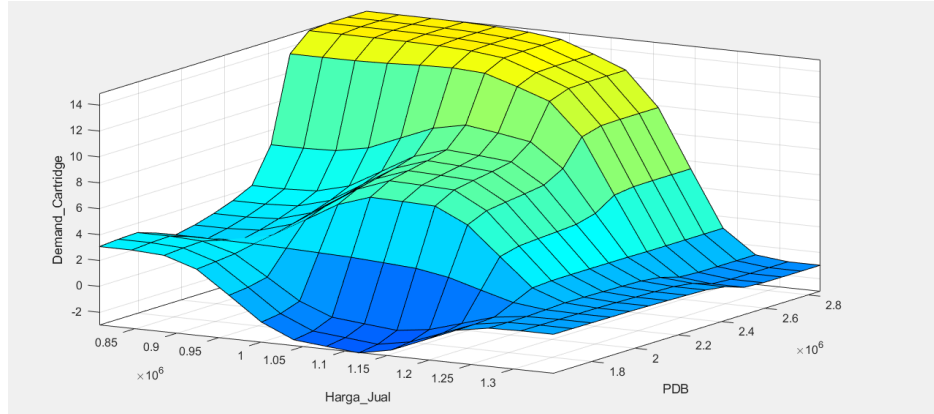
model ANFIS terbaik dengan diperolehnya nilai MAD dan MSE untuk data testing sebesar 7.24 dan 87.04.

Perancangan *demand forecast cartridge* NPN 3550 dengan hasil terbaik yaitu skenario 1, menggunakan sistem ANFIS sebagai berikut pada Gambar 4.12.



**Gambar 4.12** Sistem ANFIS, dua input, satu output, sembilan *rules*

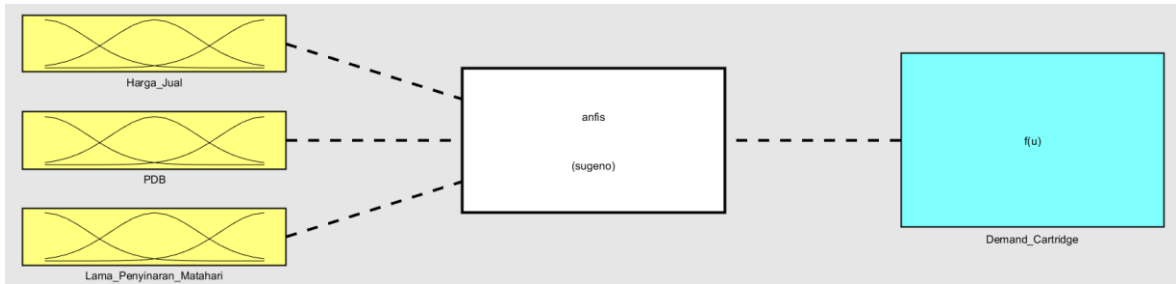
Pemodelan ANFIS dengan skenario 1 menggunakan parameter variabel input harga jual dan PDB, serta parameter bentuk fungsi keanggotaan *gbell*. Kemudian sejumlah sembilan *rule base* yang telah terbentuk dari proses *learning* divisualisasikan dengan *rule surface* pada Gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Rule Surface Skenario 1 NPN 3550 Variabel Harga Jual dan PDB

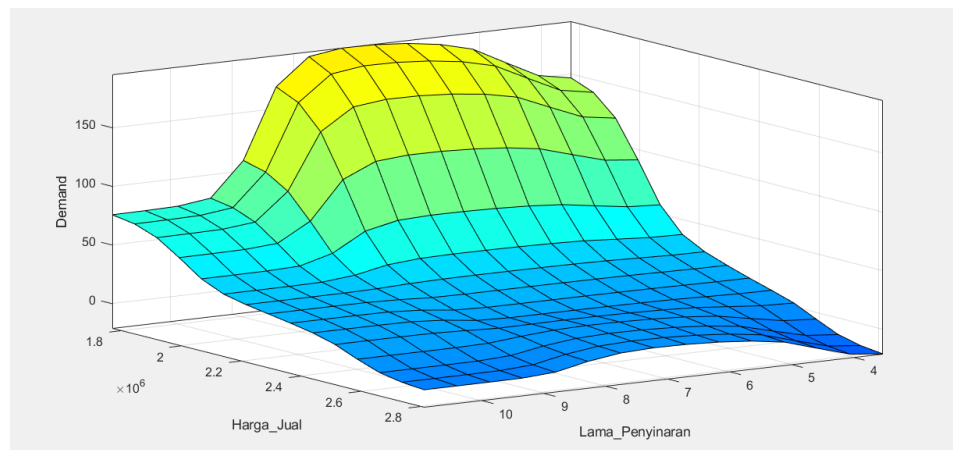
*Rule surface* tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai PDB dan semakin rendah nilai harga jual, maka semakin tinggi *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550. Dan berlaku sebaliknya, semakin rendah nilai PDB dan semakin tinggi nilai harga jual, maka *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550 akan menurun.

Perancangan *demand forecast cartridge* NPN 4540 dengan hasil terbaik yaitu skenario 5 menggunakan sistem ANFIS pada Gambar 4.14.



**Gambar 4.14** Sistem ANFIS, tiga input, satu output, 27 rules

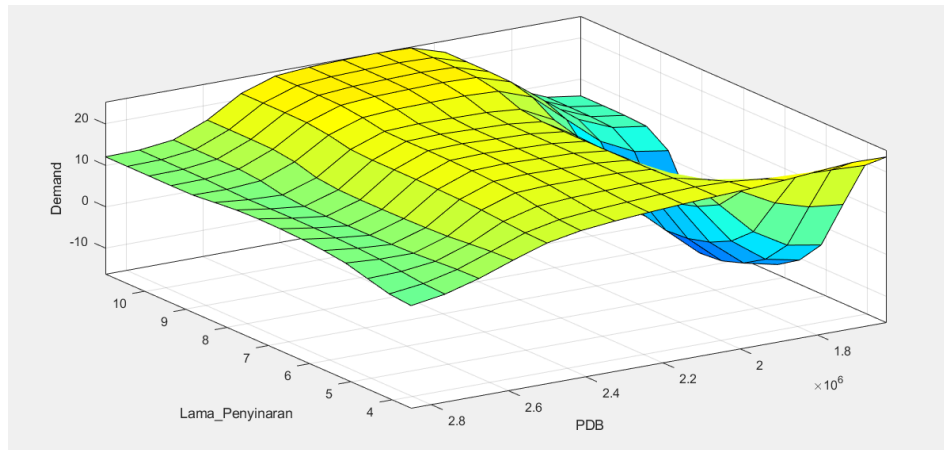
Pemodelan ANFIS dengan skenario 5 menggunakan parameter variabel input harga jual, PDB, dan lama penyinaran matahari, serta parameter bentuk fungsi keanggotaan *gbell*. Kemudian sejumlah 27 rule base yang telah terbentuk dari proses *learning* divisualisasikan dengan *rule surface* pada Gambar 4.15.



**Gambar 4.15** Rule Surface Skenario 5 NPN 4540 Variabel Harga Jual dan Lama Penyinaran Matahari

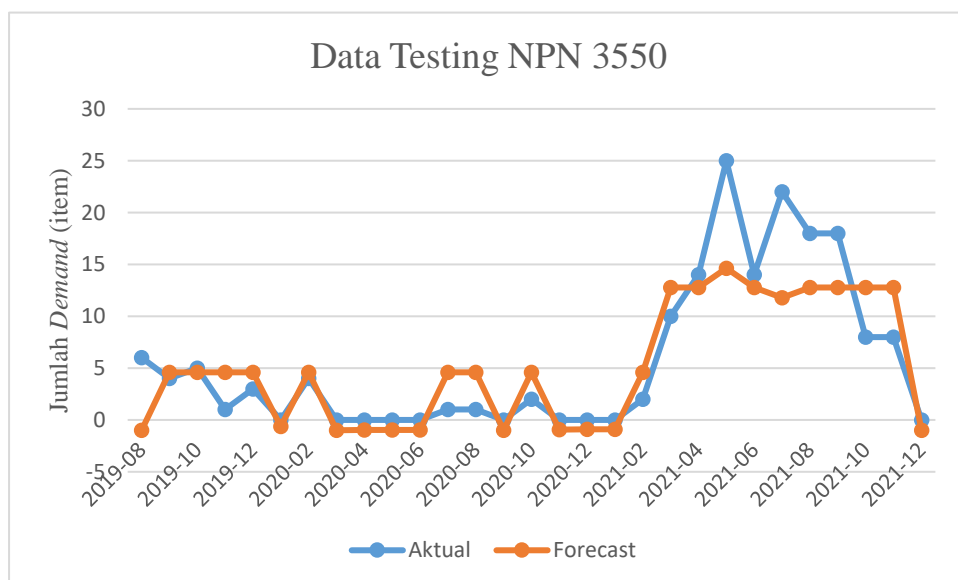
*Rule surface* untuk skenario 5 menunjukkan hubungan antara variabel harga jual dan lama penyinaran matahari terhadap *demand*. Diketahui bahwa semakin rendah nilai harga jual, maka semakin tinggi *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550. Namun dapat diperhatikan untuk variabel lama penyinaran tidak terlalu berpengaruh terhadap *demand*, hal ini ditunjukkan sebaran *demand* yang konstan terhadap lama penyinaran matahari.



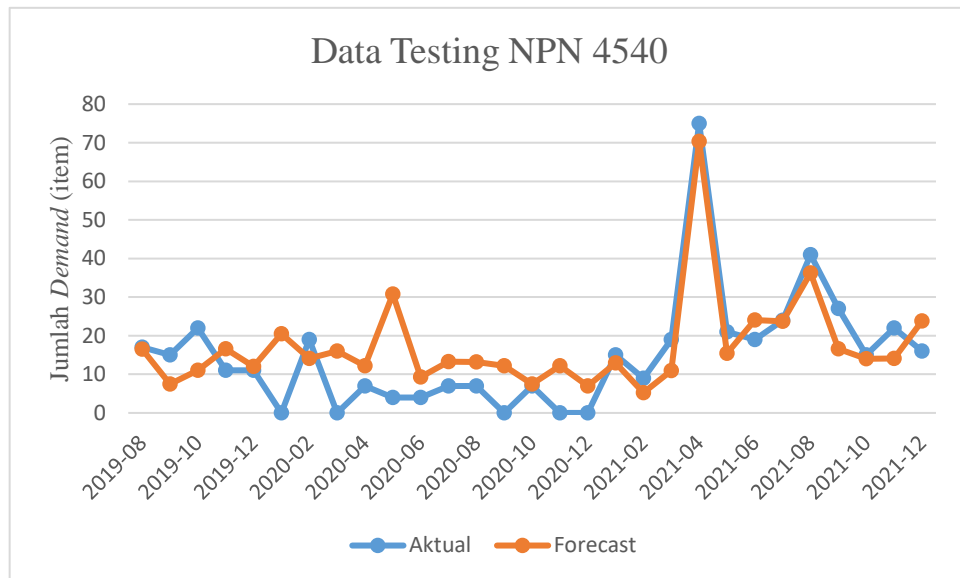


**Gambar 4.16** Rule Surface Skenario 5 NPN 4540 Variabel PDB dan Lama Penyinaran Matahari

*Rule surface* untuk skenario 5 diatas menunjukkan hubungan antara variabel PDB dan lama penyinaran matahari terhadap *demand*. Diketahui bahwa semakin tinggi nilai PDB, maka semakin tinggi *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550. Namun untuk variabel lama penyinaran matahari diketahui tidak terlalu berpengaruh terhadap *demand*, dikarenakan sebaran *demand* yang cukup konstan terhadap lama penyinaran matahari. Berikut ini disajikan grafik pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 yang menunjukkan perbandingan antara *demand* aktual dan hasil *demand forecast* pada perancangan ANFIS dengan skenario terbaik yaitu skenario 1 untuk *cartridge* NPN 600-319-3550 dan skenario 5 untuk *cartridge* NPN 600-319-4540.



**Gambar 4.17** Grafik Perbandingan *Demand* Aktual dan *Demand Forecast* pada model ANFIS Terbaik (Skenario 1) untuk *Cartridge* NPN 600-319-3550



**Gambar 4.18** Grafik Perbandingan *Demand* Aktual dan *Demand Forecast* pada model ANFIS Terbaik (Skenario 5) untuk *Cartridge* NPN 600-319-4540

Grafik tersebut menunjukkan bahwa hasil *demand forecast* pada kedua NPN *cartridge* menunjukkan pola yang hampir serupa dengan pola *demand* aktualnya. Namun masih terdapat *error* dan hanya beberapa angka *demand forecast* yang benar-benar tepat sesuai dengan nilai *demand* aktual.

#### 4.5 Analisa Hasil Perancangan *Demand Forecast* Metode MA

Perhitungan *Moving Average* dilakukan menggunakan persamaan (2. 1) seperti yang telah dijabarkan pada subbab metode *demand forecast* atau menggunakan formula *average* pada *software* Microsoft Excel. Tabel 4.16 dan Tabel 4.17 adalah contoh perhitungan *Moving Average* untuk mengetahui *demand cartridge* pada kedua NPN. Untuk mengetahui *demand* pada suatu periode tertentu, maka digunakan formula *average* pada Excel yaitu menghitung rata-rata data *demand* aktual 12 bulan sebelumnya.

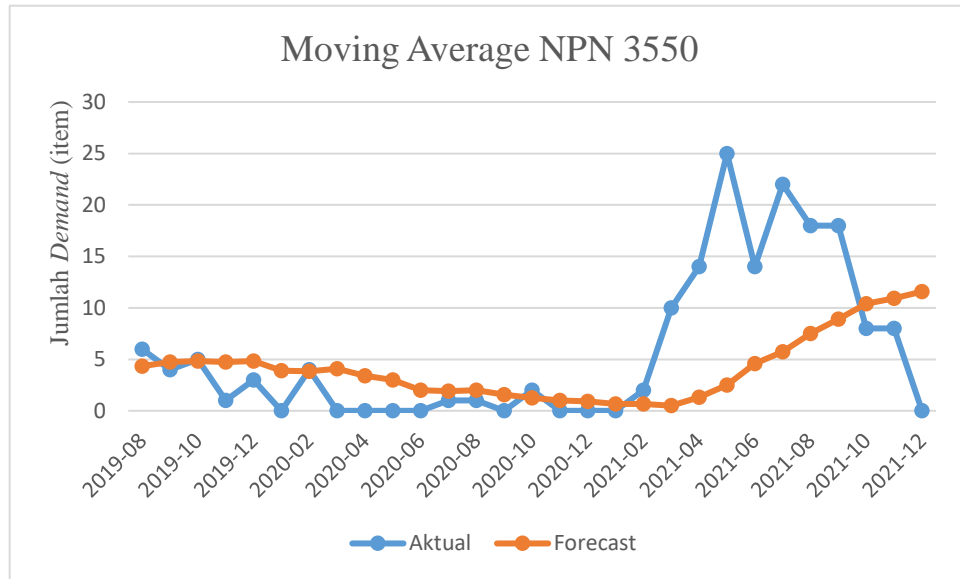
**Tabel 4.16** Hasil *Demand Forecast* Menggunakan *Moving Average* NPN 600-319-3550

<b>YYYY</b>	<b>M</b>	<b>Aktual</b>	<b>Forecast</b>
2011	1	1	1
2011	2	1	0
2011	3	1	0
2011	4	1	0
2011	5	1	1
....	...	...	...
2021	8	18	8
2021	9	18	9
2021	10	8	10
2021	11	8	11
2021	12	0	12

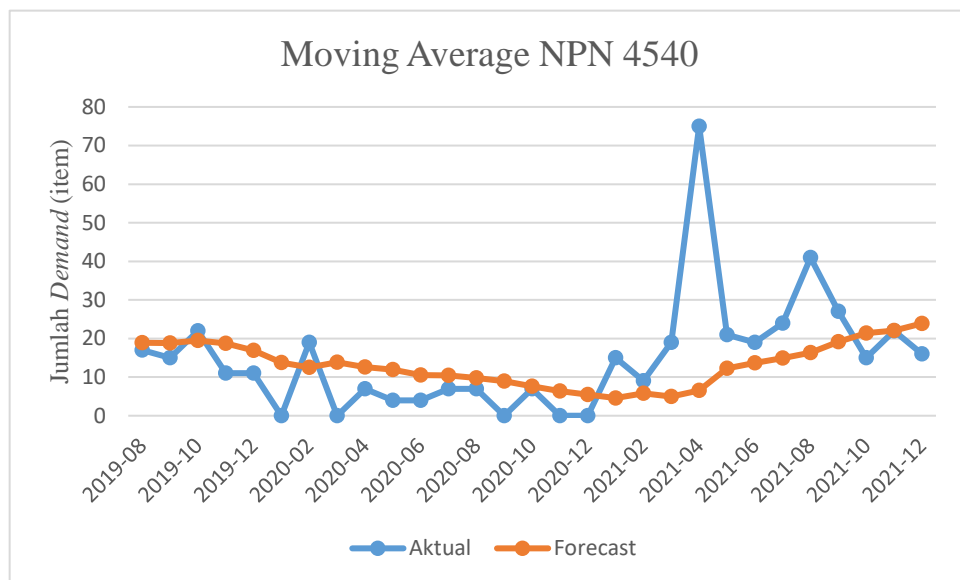
**Tabel 4.17** Hasil *Demand Forecast* Menggunakan *Moving Average* NPN 600-319-4540

<b>YYYY</b>	<b>M</b>	<b>Aktual</b>	<b>Forecast</b>
2011	1	1	0
2011	2	5	0
2011	3	3	1
2011	4	4	1
2011	5	4	1
....	...	...	...
2021	8	41	16
2021	9	27	19
2021	10	15	21
2021	11	22	22
2021	12	16	24

Hasil *forecast* menggunakan metode *Moving Average* dibandingkan dengan data *demand* (permintaan) aktual yang divisualisasikan pada grafik Gambar 4.19 dan Gambar 4.20.



**Gambar 4.19** Grafik Perbandingan *Demand Aktual* dan *Demand Forecast* pada *Moving Average* untuk *Cartridge NPN 600-319-3550*



**Gambar 4.20** Grafik Perbandingan *Demand Aktual* dan *Demand Forecast* pada *Moving Average* untuk *Cartridge NPN 600-319-4540*

Grafik tersebut menunjukkan bahwa hasil *demand forecast Moving Average* pada kedua NPN *cartridge* menunjukkan pola yang sangat berbeda dengan pola *demand* aktualnya yang bersifat fluktuatif.

#### 4.5.1 Hasil Uji Akurasi *Moving Average*

Hasil *demand forecast* telah diperoleh, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *error* antara data aktual penjualan *cartridge* dan data output *demand forecast*. Tabel 4.18 dan Tabel 4.19 adalah contoh perhitungan *error* MAD dan MSE pada rancangan *demand forecast Moving Average* untuk kedua NPN.

**Tabel 4.18** Hasil Uji Akurasi *Demand Forecast* MA pada *Cartridge* NPN 600-319-3550

YYYY-MM	Aktual	Forecast	Error	MAD	MSE
2019-08	6	4	1.67	1.67	2.78
2019-09	4	5	-0.75	0.75	0.56
2019-10	5	5	0.17	0.17	0.03
2019-11	1	5	-3.75	3.75	14.06
2019-12	3	5	-1.83	1.83	3.36
...	...	...	...	...	...
2021-08	18	8	10.50	10.50	110.25
2021-09	18	9	9.08	9.08	82.51
2021-10	8	10	-2.42	2.42	5.84
2021-11	8	11	-2.92	2.92	8.51
2021-12	0	12	-11.58	11.58	134.17
<b>Average</b>				<b>4.82</b>	<b>53.02</b>

**Tabel 4.19** Hasil Uji Akurasi *Demand Forecast* MA pada *Cartridge* NPN 600-319-4540

YYYY-MM	Aktual	Forecast	Error	MAD	MSE
2019-08	17	19	-1.92	1.92	3.67
2019-09	15	19	-3.83	3.83	14.69
2019-10	22	20	2.50	2.50	6.25
2019-11	11	19	-7.75	7.75	60.06
2019-12	11	17	-5.92	5.92	35.01
...	...	...	...	...	...
2021-08	41	16	24.67	24.67	608.44
2021-09	27	19	7.83	7.83	61.36
2021-10	15	21	-6.42	6.42	41.17
2021-11	22	22	-0.08	0.08	0.01
2021-12	16	24	-7.92	7.92	62.67
<b>Average</b>				<b>9.30</b>	<b>234.68</b>

Uji akurasi menghasilkan nilai MAD dan MSE pada *cartridge* NPN 600-319-3550 yaitu sebesar 4.82 dan 53.02. Sedangkan pada *cartridge* NPN 600-319-4540 diperoleh nilai MAD dan MSE sebesar 9.30 dan 234.68.

#### 4.6 Analisa Komparasi Hasil Uji Akurasi *Demand Forecast* ANFIS dan MA

Hasil uji akurasi dari kedua model *demand forecast* yang telah diperoleh selanjutnya akan dibandingkan. Komparasi nilai akurasi dilakukan dengan menggunakan fitur *pivot table* pada Excel agar dapat dengan mudah mengetahui perbandingan performansi dari kedua model *demand forecast*.

**Tabel 4.20** Perbandingan Nilai *Error* Metode ANFIS dan MA pada NPN 600-319-3550 dan NPN 600-319-4540

Metode	600-319-3550		600-319-4540	
	MAD	MSE	MAD	MSE
ANFIS	2.80	15.03	7.24	82.54
MA	4.82	53.02	9.30	234.68

Perbandingan hasil uji akurasi pada Tabel 4.20 diatas menunjukkan bahwa metode ANFIS untuk NPN 600-319-3550 memiliki nilai *error* sebesar MAD 2.80 dan MSE 15.03 yang lebih rendah jika dibandingkan nilai *error* metode *Moving Average* yaitu MAD 4.82 dan MSE 53.02. Sedangkan metode ANFIS untuk NPN 600-319-4540 memiliki nilai *error* sebesar MAD 7.24 dan MSE 82.54 yang lebih rendah jika dibandingkan nilai *error* metode *Moving Average* yaitu MAD 9.30 dan MSE 234.68. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode ANFIS adalah metode *demand forecast* dengan performansi atau tingkat akurasi yang lebih baik daripada metode *Moving Average*.

#### 4.7 Pembahasan

Penelitian ini berangkat dari sebuah permasalahan, yaitu pembatasan antar negara dan angka *demand* suku cadang *cartridge* yang sangat fluktuatif (*lumpy*) di tengah pandemi COVID-19, sehingga proses pengadaan persediaan suku cadang menjadi salah satu tantangan yang dialami PT. XYZ. Oleh karena itu, untuk menjawab rumusan masalah seperti yang telah dijabarkan pada bab 1, maka dilakukan uji korelasi antara data harga jual suku cadang, produk domestik bruto (PDB), dan cuaca terhadap *demand* suku cadang excavator *Cartridge* NPN 600-319-3550 dan *Cartridge* NPN 600-319-4540, serta dilakukan pemodelan dan analisa performansi dari model *demand forecast* dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) yang dibandingkan dengan *existing method* atau metode *Moving Average* (MA) yang digunakan di PT. XYZ.

Tahap pertama pada penelitian ini, yaitu dilakukan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan akan dipertimbangkan menjadi variabel input untuk pemodelan *demand forecast* menggunakan metode ANFIS. Data tersebut meliputi data historis penjualan suku cadang (*demand*), harga jual suku cadang, produk domestik bruto, dan data cuaca berupa suhu udara, curah hujan, kecepatan angin, serta lama penyinaran matahari. Seluruh data yang dikumpulkan adalah data dalam kurun waktu bulanan untuk periode tahun 2010 hingga 2021. Data historis penjualan suku cadang *cartridge* untuk kedua NPN, disajikan pada Tabel 4.1 dan grafik pola datanya dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Ditunjukkan

pada tahun 2020, *demand* (permintaan) suku cadang *cartridge* untuk kedua NPN mengalami peningkatan yang fluktuatif. Hal ini memperkuat latar belakang yang mendasari penelitian ini, bahwa pandemi COVID-19 di tahun 2020 berdampak pada permintaan suku cadang yang fluktuatif dan sulit untuk diprediksi.

Data harga jual suku cadang *cartridge* untuk kedua NPN, disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Sedangkan data produk domestik bruto (PDB) Indonesia yang telah dilakukan interpolasi menggunakan metode *quadratic match average*, disajikan dalam tabel hasil perhitungan Tabel 4.3. Kemudian untuk grafik visualisasi pola data cuaca berupa suhu udara disajikan pada Gambar 4.6, curah hujan pada Gambar 4.7, kecepatan angin pada Gambar 4.8, dan lama penyinaran matahari pada Gambar 4.9. Selanjutnya sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, maka dilakukan uji korelasi antara data harga jual suku cadang, produk domestik bruto (PDB), dan cuaca terhadap *demand forecast* suku cadang *excavator Cartridge* NPN 600-319-3550 dan *Cartridge* NPN 600-319-4540. Namun sebelum itu dilakukan uji multikolinearitas untuk mengetahui apakah antar variabel tersebut memiliki hubungan linear. Hasil uji multikolinearitas yang disajikan pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa untuk semua variabel memperoleh nilai VIF dibawah batas parameter 10, sehingga dapat disimpulkan bahwa antar variabel tersebut tidak memiliki hubungan linear atau tidak adanya multikolinearitas (Shrestha, 2020).

Uji korelasi dilakukan dengan metode *Spearman-Rank correlation* dan uji signifikansi menggunakan persamaan (2. 3) dan (2. 5). Perhitungan dilakukan dengan bantuan *software* IBM SPSS 25. Hasil uji korelasi untuk kedua NPN *cartridge* disajikan pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11. Dari hasil uji korelasi ditunjukkan bahwa variabel yang memiliki hubungan signifikan terhadap *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550 dan NPN 600-319-4540 adalah variabel harga jual suku cadang, PDB, dan data cuaca berupa lama penyinaran matahari. Sedangkan variabel kecepatan angin, curah hujan, dan temperature rerata tidak memiliki hubungan signifikan. Diperoleh nilai koefisien korelasi untuk variabel harga jual sebesar -0.799 yang berarti berkorelasi kuat, PDB sebesar 0.397 berkorelasi sedang, dan variabel lama penyinaran matahari 0.222 berkorelasi lemah terhadap *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550. Sedangkan nilai koefisien korelasi terhadap *cartridge* NPN 600-319-4540, diperoleh untuk variabel harga jual sebesar -0.625 yang berarti berkorelasi kuat, PDB sebesar 0.437 berkorelasi kuat, dan lama penyinaran matahari 0.202 berkorelasi lemah. Sehingga untuk perancangan *demand forecast* dengan metode ANFIS, hanya akan digunakan variabel yang memiliki hubungan signifikan terhadap *demand cartridge*, yakni

variabel harga jual suku cadang, PDB, dan lama penyinaran matahari. Berdasarkan keterangan *expert* di lapangan, diketahui bahwa faktor cuaca hanya sedikit berpengaruh terhadap *demand* suku cadang *cartridge*, hal ini dikarenakan sifat dari *cartridge* yang berfungsi sebagai penyaring bahan bakar excavator ini, memang sudah didesain adaptif terhadap iklim tropis di Indonesia. Hal ini menjelaskan mengapa hanya variabel lama penyinaran matahari yang memiliki hubungan signifikan dan berkorelasi lemah terhadap *demand* suku cadang *cartridge*.

Pada tahap penentuan model *demand forecast* menggunakan metode ANFIS, diperoleh model terbaik berdasarkan perhitungan nilai *error* menggunakan metode MAD dan MSE. Dari 8 skenario untuk model *demand forecast* ANFIS *cartridge* NPN 600-319-3550, diperoleh nilai *error* terkecil yaitu MAD 2.80 dan MSE 15.03 pada skenario 1 yang dapat dilihat pada Tabel 4.14. Diketahui skenario 1 menggunakan variasi parameter yaitu variabel input berupa harga jual dan PDB, serta bentuk fungsi keanggotaan yaitu *gbell*. Sedangkan untuk *cartridge* NPN 600-319-4540, dari Tabel 4.17 diketahui bahwa nilai *error* terkecil yaitu MAD 7.24 dan MSE 87.04 pada skenario 5. Diketahui skenario 5 menggunakan variabel input harga jual, PDB, dan lama penyinaran matahari, serta bentuk fungsi keanggotaan *gbell*.

Hasil perancangan model *demand forecast* menggunakan metode *Moving Average*, ditunjukkan dalam bentuk grafik perbandingan antara *demand* aktual dan *demand forecast* yang dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20. Kemudian dari hasil *forecast* tersebut, dilakukan uji akurasi menggunakan metode MAD dan MSE. Hasil perhitungan akurasi untuk metode *Moving Average*, ditunjukkan pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19. Diperoleh nilai MAD dan MSE sebesar 4.82 dan 53.02 untuk *Moving Average* pada *cartridge* NPN 600-319-3550. Sedangkan untuk *cartridge* NPN 600-319-4540 diperoleh nilai MAD dan MSE sebesar 9.30 dan 234.68.

Setelah diperoleh hasil uji akurasi dari kedua model *demand forecast* menggunakan metode ANFIS dan *Moving Average*, selanjutnya akan dilakukan komparasi untuk mengetahui metode mana yang memiliki performansi terbaik. Performansi dari kedua metode tersebut, dapat dibandingkan dari hasil perolehan nilai *error* MAD dan MSE yang telah dirangkum pada Tabel 4.20. Dari tabel tersebut diketahui bahwa metode ANFIS untuk NPN 600-319-3550 memperoleh MAD sebesar 2.80 dan MSE 15.03, serta diperoleh MAD 7.24 dan MSE 87.04 untuk NPN 600-319-4540. Sedangkan dengan metode *Moving Average* diperoleh nilai MAD sebesar 4.82 dan MSE 53.02 untuk NPN 600-319-3550, serta diperoleh



MAD 9.30 dan MSE 234.68 untuk NPN 600-319-4540. Dari perolehan nilai MAD dan MSE tersebut dapat diketahui bahwa metode ANFIS memiliki nilai *error* yang lebih rendah daripada nilai *error* metode *Moving Average*. Berdasarkan interpretasi nilai MAD dan MSE oleh (Klimberg, Sillup, Boyle, & Tavva, 2010), diketahui bahwa semakin kecil nilai MAD dan MSE, maka semakin baik performansi dari suatu model prediksi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode ANFIS adalah metode *demand forecast* dengan performansi atau tingkat akurasi yang lebih baik daripada metode *Moving Average*. Namun untuk mengetahui apakah metode ANFIS yang telah dirancang sudah tergolong sistem prediksi yang baik, maka dapat dilihat pada grafik visualisasi perbandingan antara hasil *demand forecast* dan *demand* aktualnya.

Grafik hasil skenario terbaik *demand forecast* ANFIS yang disajikan Gambar 4.17 dan Gambar 4.18, menunjukkan bahwa pola *demand forecast* yang dihasilkan hampir serupa dengan pola *demand* aktualnya yang bersifat fluktuatif. Namun masih terdapat angka *demand forecast* yang belum tepat bersesuaian dengan angka *demand* aktual. Pada bulan-bulan tertentu diperoleh nilai *error* yang kecil, tetapi pada bulan-bulan lain diperoleh nilai *error* yang sedikit lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi karena adanya perbedaan pola data acuan yang digunakan untuk peramalan bulan berikutnya (Widodo, Yuliasuti, Rizki, & Mahmudy, 2020). Selain itu akurasi belum sepenuhnya sempurna dikarenakan minimnya dataset yang digunakan. Diketahui bahwa mengoptimalkan jumlah data *training* dan data *testing* adalah hal terpenting untuk mendapatkan prediksi yang akurat dengan metode ANFIS. Selain itu, penggunaan data yang telah ternormalisasi akan menghasilkan prediksi yang lebih akurat jika dibandingkan dengan penggunaan data *real* seperti pada penelitian ini (Akan & Keskin, 2019). Kemudian pada penelitian ini hanya digunakan variasi jumlah variabel input dan bentuk fungsi keanggotaan. Sedangkan menurut (Babanezhad, Masoumian, & Nakhjiri, 2020), jumlah *membership function* yang lebih tinggi akan menghasilkan peningkatan kecerdasan ANFIS. Dapat disimpulkan bahwa untuk meningkatkan akurasi pada suatu model *demand forecast* ANFIS, adalah dengan memperbanyak jumlah dataset yang telah ternormalisasi dan juga menaikkan jumlah *membership function*.

Pada penelitian ini yaitu perancangan *demand forecast* menggunakan metode ANFIS untuk suku cadang *cartridge excavator* menghasilkan performansi yang mengungguli *existing method* atau *Moving Average* (MA) di PT. XYZ. Jika ditinjau dari grafik perbandingan antara *demand* aktual dan hasil *demand forecast* pada metode ANFIS, masih terdapat *demand* yang belum sepenuhnya akurat. Namun diketahui bahwa sekecil apapun

peningkatan akurasi pada *demand forecast*, tetap memiliki dampak terhadap peningkatan keuntungan finansial bagi suatu perusahaan. Terdapat penelitian yang membuktikan bahwa ketika metode *demand forecast* dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi digunakan, maka akan dihasilkan penghematan biaya yang signifikan dibandingkan saat digunakannya metode dengan tingkat akurasi yang lebih rendah (Mobarakeh, Shahzad, Baboli, & Tonadre, 2017). Sehingga *demand forecast* menggunakan metode ANFIS yang telah dirancang pada penelitian ini direkomendasikan kepada PT. XYZ. Namun penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, akurasi dari *demand forecast* ANFIS masih dapat ditingkatkan. Selain itu, untuk mempermudah *user* di PT. XYZ dalam melakukan *forecasting*, maka model ANFIS yang telah dirancang dapat diterapkan pada *software* yang digunakan oleh PT. XYZ yaitu *Microsoft Excel*. Tampilan rancangan implementasi model ANFIS pada *Excel* dapat dilihat pada lampiran G. Implementasi model ANFIS yang dirancang menggunakan *software* Matlab R2021b pada *Excel* dilakukan menggunakan fitur *Add-ins* yang tersedia pada *Excel* (The MathWorks, 2022).

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji korelasi berupa nilai koefisien *spearman* untuk variabel harga jual sebesar -0.799 berkorelasi kuat, PDB sebesar 0.397 berkorelasi sedang, dan lama penyinaran matahari 0.222 berkorelasi lemah terhadap *demand* suku cadang *cartridge* NPN 600-319-3550. Nilai koefisien korelasi terhadap *cartridge* NPN 600-319-4540, diperoleh untuk variabel harga jual sebesar -0.625 berkorelasi kuat, PDB sebesar 0.437 berkorelasi kuat, dan lama penyinaran matahari 0.202 berkorelasi lemah.
2. Hasil perancangan *demand forecast* ANFIS untuk *cartridge* NPN 600-319-3550, diperoleh nilai *error* terkecil pada skenario 1 yaitu MAD sebesar 2.80 dan MSE 15.03. Sedangkan untuk *cartridge* NPN 600-319-4540 diperoleh nilai *error* terkecil pada skenario 5 yaitu MAD sebesar 7.24 dan MSE 87.04.
3. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa *demand forecast* ANFIS untuk NPN 600-319-3550 memiliki nilai *error* sebesar MAD 2.80 dan MSE 15.03, yang lebih rendah daripada nilai *error* yang diperoleh metode *Moving Average* yaitu MAD 4.82 dan MSE 53.02. *Demand forecast* ANFIS untuk NPN 600-319-4540 memiliki nilai *error* sebesar MAD 7.24 dan MSE 87.04, yang lebih rendah daripada nilai *error* yang diperoleh metode *Moving Average* yaitu MAD 9.30 dan MSE 234.68. Metode ANFIS adalah metode *demand forecast* dengan performansi atau tingkat akurasi yang lebih baik daripada metode *Moving Average*.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian perancangan *demand forecast* untuk suku cadang *cartridge* dapat mempertimbangkan variabel lain yang memengaruhi *demand* terhadap suku cadang *cartridge* seperti harga bahan bakar dan waktu penggunaan unit *excavator*.

2. Penelitian perancangan *demand forecast* untuk suku cadang *cartridge* selanjutnya dapat menggunakan metode *hybrid* seperti ANFIS-*Genetic Algorithm* dan PSO-ANFIS.
3. Penelitian perancangan *demand forecast* untuk suku cadang *cartridge* selanjutnya dapat memperbanyak jumlah dataset yang telah ternormalisasi dan juga menggunakan variasi jumlah *membership function* sehingga diharapkan dapat meningkatkan akurasi ANFIS.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akan, R., & Keskin, S. N. (2019). The effect of data size of ANFIS and MLR models on prediction of unconfined compression strength of clayey soils. *SN Applied Sciences Springer Nature Switzerland AG*. doi: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0883-8>
- Ali, M., Muhlasin, Nurohmah, H., Raikhani, A., Sopian, H., & Sutantra, N. (2018). Combined ANFIS method with FA, PSO, and ICA as Steering Control Optimization on Electric Car. *Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)*, 299-304.
- Anusha, S. L., Alok, S., & Shaik, A. (2014). Demand Forecasting for the Indian Pharmaceutical Retail: A Case Study. *Journal of Supply Chain Management Systems*.
- Arparts. (2020, May 7). *Cara Kerja Sistem Hidrolik pada Excavator*. Retrieved from Arparts Web site: <https://arparts.id/cara-kerja-sistem-hidrolik-pada-excavator/>
- Asrah, N. M., Nor, M. E., Rahim, S. A., & Leng, W. K. (2017). Time Series Forecasting of the Number of Malaysia Airlines and AirAsia Passengers. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Babanezhad, M., Masoumian, A., & Nakhjiri, A. T. (2020). Influence of number of membership functions on prediction of membrane systems using adaptive network based fuzzy inference system (ANFIS). *Scientific Reports*. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-020-73175-0>
- Badan Pusat Statistik. (2010). *Produk Domestik Bruto Indonesia Triwulanan 2006-2010*. Retrieved from Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/publication/2010/10/05/ddc7c20730b2b3c7b35aada1/produk-domestik-bruto-indonesia-triwulanan-2006-2010.html>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Beranda: Produk Domestik Bruto (Lapangan Usaha)*. Retrieved January 2, 2022, from <https://www.bps.go.id/subject/11/produk-domestik-bruto--lapangan-usaha-.html>
- Batuhan, Zafer, A., & Behlul. (2015). Demand Forecast, Up-to-date Models, and Suggestions for Improvement an Example of a Business. *Journal of Global Strategic Management*, 26-37.

- Benmouiza, K., & Cheknane, A. (2019). Clustered ANFIS network using fuzzy c-means, subtractive clustering, and grid partitioning for hourly solar radiation forecasting. *Theoretical and Applied Climatology*, 31-43. doi:<https://doi.org/10.1007/s00704-018-2576-4>
- BPIW. (2021). *Pembangunan Infrastruktur Prioritas Pemulihan Ekonomi Nasional Akibat Pandemi Covid-19*. Retrieved from <https://bpiw.pu.go.id/article/detail/pembangunan-infrastruktur-prioritas-pemulihan-ekonomi-nasional-akibat-pandemi-covid-19>
- Brühl, B. (2009). A Sales Forecast Model for the German Automobile Market Based on Time Series Analysis and Data Mining Methods.
- Chen, S., & Keys, L. K. (2009). A cost analysis model for heavy equipment. *Computers & Industrial Engineering*, 1276–1288.
- Chopra, Sunil, & Meindl, P. (2015). *Supply chain management: Strategy, planning, and operations* (6th ed.). USA: Pearson Education, Inc.
- Corder, G. W., & Foreman, D. I. (2009). *Nonparametric statistics for non-statisticians: A step-by-step approach*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Dancey, C., & Reidy, J. (2004). *Statistics without Maths for Psychology: using SPSS for Windows*. Pearson Prentice Hall.
- Dubé, & Pierre, J. (2004). Multiple Discreteness and Product Differentiation: Demand for Carbonated Soft Drinks. *Marketing Science*, 23, 66-81.
- Eviews. (2011, February). *EViews User Forum*. Retrieved from Eviews Web site: <https://forums.eviews.com/viewtopic.php?t=3799>
- Fantanzinni, D., & Toktamysova, Z. (2012). Forecasting German Car Sales Using Google Data. *American Journal of Operations Research*.
- Fildes, R., & Beard, C. (1992). Forecasting systems for production and inventory control. *International Journal of Operations and Production Management*.
- Fildes, R., & Ord, J. K. (2006). Forecasting competitions: Their role in improving forecasting practice and research. In *A Companion to Economic Forecasting* (pp. 322-353). Oxford: Blackwell.
- Gareth. (2011, September). *Frequency conversion - Low to High - Quadratic match method*. Retrieved from Eviews: <https://forums.eviews.com/viewtopic.php?t=5015>
- Gaspersz, V. (2008). *Production Planning And Inventory Control*.

- Gholamy, A., Kreinovich, V., & Kosheleva, O. (2018). *Why 70/30 or 80/20 Relation Between Training and Testing Sets: A Pedagogical Explanation*. University of Texas at El Paso.
- Guleryuz, D. (2021). Determination of industrial energy demand in Turkey using MLR, ANFIS and PSO-ANFIS. *Journal of Artificial Intelligence and Systems*, 16-34.
- Haga, M., Hiroshi, W., & Fujishima, K. (2001). Digging control system for hydraulic excavator. *Mechatronics*, 665-676.
- Hamdi, S. (2014). Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi. *Berita Dirgantara*, 7-16.
- Hermansyah, A., & Widodo, T. S. (2004). Penerapan ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) untuk prediksi fluktuasi indeks Dollar AS terhadap rupiah.
- Hribar, R., Potocnik, P., Silc, J., & Papa, G. (2018). A comparison of models for forecasting the residential natural gas demand of an urban area. *Energy*, 511-522.
- Ivanov, S., Ivanova, P., & Kuvshinkin, S. U. (2019). Weather conditions as a factor affecting the performance of modern powerful mining excavators. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Jang, J. R. (1993). ANFIS : Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, VOL. 23, No. 3, May/June 1993.
- Jang, J. S. (1996). Input selection for ANFIS learning. *Proceedings of IEEE 5th international fuzzy systems*, 1493-1499.
- Kaboli, S. A., Fallahpour, A., Selvaraj, J., & Rahim, N. A. (2017). Long-term electrical energy consumption formulating and forecasting via optimized gene expression programming. *Energy*, 144-164.
- Kanji, G. K. (2006). 100 Statistical tests 3rd Ed. *SAGE*. Retrieved from <http://117.3.71.125:8080/dspace/bitstream/DHKTND/6398/1/100%20statistical%20tests.5792.pdf>
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2021). *Pemerintah Terus Upayakan Pemulihan Ekonomi, namun Tetap Waspada terhadap Pandemi Covid*. Retrieved November 29, 2021, from <https://www.kemenkeu.go.id/publikasi/berita/pemerintah-terus-upayakan-pemulihan-ekonomi-namun-tetap-waspada-terhadap-pandemi-covid/>
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. (2018). *Analisis Pengembangan Model Forecasting*. Pusdatin Kemenperin.



- Kho, B. (2018). *Pengertian Moving Average (Rata-rata Bergerak) dan Rumus Moving Average*. Retrieved November 29, 2021, from <https://ilmumanajemenindustri.com/pengertian-moving-average-rata-rata-bergerak-rumus-moving-average/>
- Klikmro. (2020). *Article: Operation, Safety, and Security Equipment*. Retrieved January 30, 2022, from <https://blog.klikmro.com/jenis-bahaya-di-penambangan-terbuka-dan-langkah-pencegahannya-di-musim-hujan-ini/>
- Klimberg, R. K., Sillup, G. P., Boyle, K. J., & Tavva, V. (2010). Forecasting performance measures – what are their practical meaning. *Advances in Business and Management Forecasting*, 7, 137-147.
- Kumari, S. (2008). Multicollinearity: Estimation and elimination. *Journal of Contemporary research in Management*, 87-95.
- Law, R. (2000). Back-propagation learning in improving the accuracy of neural network-based tourism demand forecasting. *Tourism Management*, 331-340. doi:[https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(99\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(99)00067-9)
- Liu, Y., Zhang, Q., Fan, Z.-P., You, T.-H., & Wang, L.-X. (2019). Maintenance Spare Parts Demand Forecasting for Automobile 4S Shop Considering Weather Data. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 27, 943-955.
- Mack, A., & García, E. M. (2013, July). *A Cross-Country Quarterly Database of Real House Prices : A Methodological Note*. Retrieved from Federal Reserve Bank of Dallas: <https://www.dallasfed.org>
- Makridakis, S. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Erlangga.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: methods and applications*. John Wiley & Sons.
- Mobarakeh, N. A., Shahzad, M. K., Baboli, A., & Tonadre, R. (2017). Improved Forecasts for uncertain and unpredictable Spare Parts Demand in Business Aircraft's with Bootstrap Method. *International Federation of Automatic Control*, 15241–15246. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2379>
- Mokhtarzad, M., Eskandari, F., Vanjani, N., & Arabasadi, A. (2017). Drought forecasting by ANN, ANFIS, and SVM and comparison of the models. *Environ Earth Sci*.
- Nilawati, L. (2015). Perbandingan Akurasi Penerapan ANFIS dalam Penilaian Apartemen antara Manager dan Staff Marketing pada Perusahaan Konsultan Properti. *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, 126-132.

- Pandia, F. S., Sasmito, B., & Sukmono, A. (2019). Analisis Pengaruh Angin Monsun Terhadap Perubahan Curah Hujan Dengan Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Provinsi Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 278-287. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/22581>
- Priyatno, D. (2014). *SPSS 22 Pengolahan Data Terpraktis*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 21-33.
- Rostiyanti, S. F. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi – Edisi kedua*. Jakarta: Rineka Cipta.
- SAGE Research Methods. (2019). Learn to Use the Kolmogorov–Smirnov Test in SPSS With Data From the Opinions and Lifestyle Survey. *SAGE Research Methods Datasets*.
- Sahin, M., & Erol, R. (2017). A Comparative Study of Neural Networks and ANFIS for Forecasting Attendance Rate of Soccer Games. *Mathematical and Computational Applications*.
- Sahin, M., & Erol, R. (2018). Prediction of attendance demand in European football games: comparison of ANFIS, fuzzy logic, and ANN. *Computational intelligence and neuroscience*. doi:<https://doi.org/10.1155/2018/5714872>
- Sarwono, J., & Suhayati, E. (2010). Riset Akuntansi Menggunakan SPSS.
- Shrestha, N. (2020). Detecting multicollinearity in regression analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 39-42.
- Siegel, S. (1997). *Statistik Nonparametrik untuk Ilmu – Ilmu Sosial*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Suharsaputra, U. (2014). *Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif*. Bandung: Refika Aditama.
- Sutikno, T., Subrata, A. C., & Elkhateb, A. (2021). Evaluation of Fuzzy Membership Function Effects for Maximum Power Point Tracking Technique of Photovoltaic System. *IEEE Access*, 109157-109165.
- Tektaş, M. (2010). Weather Forecasting Using ANFIS and ARIMA Models. A Case Study for Istanbul. *Environmental Research, Engineering and Management*, 5-10.
- Vahabi, A., Hosseininia, S. S., & Alborzi, M. (2016). A Sales Forecasting Model in Automotive Industry Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (Anfis) and

Genetic Algorithm (GA). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 7.

Wang, F. K., Chang, K. K., & Tzeng, C. W. (2011). Using adaptive network-based fuzzy inference system to forecast automobile sales. *Expert Systems with Applications*.

Weisstein, E. W. (2021). *Spearman Rank Correlation Coefficient*. Retrieved from MathWorld--A Wolfram Web Resource: <https://mathworld.wolfram.com/SpearmanRankCorrelationCoefficient.html>

Widodo, A. W., Yuliasuti, G. E., Rizki, A. M., & Mahmudy, W. F. (2020). An efficient adaptive neuro fuzzy inference system for product demand forecasting. *Association for Computing Machinery*.

Widodo, P. P., & Trias, R. (2010). *Creating an Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Retrieved from <https://rahmadya.com/2010/11/15/creating-the-adaptive-neuro-fuzzy-inference-system-anfis/>

Wu, J. D., Hsu, C. C., & Chen, H. C. (2008). An expert system of price forecasting for used cars using adaptive neuro-fuzzy inference. *Expert Systems with Applications*.

Yang, Y., Chen, Y., Wang, Y., Li, C., & Li, L. (2016). Modelling a combined method based on ANFIS and neural network improved by DE algorithm: A case study for short-term electricity demand forecasting. *Applied Soft Computing*.

## LAMPIRAN

### A. Kumpulan Data ANFIS

**Tabel A1** Kumpulan Data ANFIS

YYYY-MM	Demand		PDB	Kec. Angin	Curah Hujan	Temperatur Rerata	Lama Penyinaran Matahari
	NPN 600-319-3550	NPN 600-319-4540					
2010-01	4	0	1619950	1.94	860.24	26.45	5.23
2010-02	0	0	1642386	2.61	640.56	27.05	6.51
2010-03	0	0	1664733	2.52	800.03	27.40	6.86
2010-04	0	0	1686992	2.37	8.96	27.23	6.13
2010-05	0	0	1709162	2.39	550.67	27.63	4.73
2010-06	0	0	1731243	2.93	617.23	27.02	7.11
2010-07	0	0	1768458	2.84	345.34	26.52	6.71
2010-08	0	0	1778945	3.00	0.00	27.17	7.55
2010-09	0	0	1777926	2.67	114.45	27.35	6.70
2010-10	0	0	1742835	2.29	698.30	27.50	6.17
2010-11	0	2	1735729	2.17	546.76	27.80	6.41
2010-12	2	2	1734042	2.39	860.73	26.39	3.80
2011-01	1	1	1736652	3.10	855.43	26.13	3.52
2011-02	1	5	1746645	2.93	771.23	26.24	3.75
2011-03	1	3	1762897	2.45	1140.30	26.16	5.00
2011-04	1	4	1794046	2.07	240.30	26.58	5.12
2011-05	1	4	1816341	2.39	0.01	26.37	6.68
2011-06	1	6	1838418	2.70	0.56	25.29	7.59
2011-07	1	3	1875788	2.84	0.04	25.28	7.48
2011-08	1	13	1885800	2.90	540.35	25.60	7.56
2011-09	0	3	1883961	3.03	0.67	27.01	7.57
2011-10	1	13	1846199	2.97	0.00	28.44	7.51
2011-11	0	5	1838717	2.10	547.32	27.54	6.04
2011-12	0	0	1837442	2.13	601.43	27.30	5.26
2012-01	0	19	1841961	2.84	349.80	26.38	3.97
2012-02	0	8	1853408	2.17	1222.40	26.46	5.44
2012-03	1	25	1871372	3.03	560.60	26.08	3.68
2012-04	0	16	1905847	2.10	765.40	26.97	7.57
2012-05	0	11	1929346	2.00	1.40	26.65	6.27
2012-06	0	15	1951864	2.70	289.40	25.69	7.26
2012-07	1	19	1988301	3.13	260.30	25.57	6.88
2012-08	0	19	1997684	3.16	0.00	25.51	7.73
2012-09	0	19	1994912	3.03	296.47	27.11	7.96
2012-10	0	14	1955731	3.06	0.00	28.24	7.53
2012-11	0	8	1946840	2.90	887.30	28.52	6.88
2012-12	0	17	1943985	1.71	1264.20	27.31	5.55
2013-01	0	14	1945010	3.39	587.82	26.43	3.54

Lanjutan Tabel A1 Kumpulan Data ANFIS

YYYY-MM	Demand		PDB	Kec. Angin	Curah Hujan	Temperatur Rerata	Lama Penyinaran Matahari
	NPN 600-319-3550	NPN 600-319-4540					
2013-02	0	12	1955844	3.07	1281.67	26.81	5.15
2013-03	0	15	1974332	2.55	1152.95	26.88	6.26
2013-04	6	6	2012401	2.30	299.59	27.33	6.36
2013-05	10	12	2037248	2.23	289.89	27.15	6.47
2013-06	3	12	2060801	2.23	4.63	26.76	6.14
2013-07	0	10	2098033	3.23	573.52	25.95	6.90
2013-08	0	8	2107772	3.16	0.00	25.82	7.67
2013-09	0	11	2104990	3.07	0.00	27.32	7.73
2013-10	0	11	2066057	3.03	0.16	28.39	7.71
2013-11	3	10	2055954	2.80	298.46	27.83	6.11
2013-12	5	15	2051052	2.42	581.06	26.91	4.38
2014-01	0	13	2046745	3.13	1155.07	26.41	4.22
2014-02	2	15	2055700	3.46	320.61	26.35	4.81
2014-03	0	7	2073311	3.03	875.15	26.08	3.57
2014-04	1	11	2112429	2.27	299.90	27.14	6.53
2014-05	0	16	2137713	2.48	287.13	27.51	7.46
2014-06	2	12	2162015	3.10	0.05	27.05	6.94
2014-07	0	13	2201172	2.87	287.33	25.97	6.65
2014-08	0	13	2211631	3.29	0.00	26.13	7.62
2014-09	0	11	2209228	3.03	0.00	26.73	7.96
2014-10	0	10	2170553	3.13	0.00	28.27	7.99
2014-11	0	16	2159987	2.90	596.17	28.74	7.13
2014-12	0	6	2154118	2.29	867.06	27.28	5.21
2015-01	1	7	2146740	1.76	1068.75	26.80	5.76
2015-02	0	1	2154922	1.79	1032.51	26.32	7.07
2015-03	4	6	2172457	1.77	665.98	26.72	7.39
2015-04	0	1	2212783	1.67	813.19	27.26	6.69
2015-05	0	1	2238946	1.67	355.52	27.26	5.21
2015-06	0	0	2264384	1.67	355.52	27.26	5.21
2015-07	0	1	2305027	1.67	355.52	27.26	5.21
2015-08	1	5	2317068	1.67	355.52	27.26	5.21
2015-09	0	0	2316436	2.70	355.52	26.82	10.17
2015-10	4	1	2281537	2.68	0.00	27.88	10.94
2015-11	15	3	2271755	2.40	1.62	28.90	10.14
2015-12	0	2	2265496	1.77	641.10	27.52	7.69
2016-01	1	12	2252800	2.00	328.28	27.59	7.82
2016-02	0	2	2261057	1.76	628.98	26.76	5.65
2016-03	0	12	2280306	1.71	618.37	27.47	7.18
2016-04	0	5	2327709	2.00	333.79	27.84	8.51
2016-05	8	24	2356071	2.00	357.13	28.20	8.65
2016-06	0	30	2382555	2.03	1029.68	27.33	8.13

Lanjutan Tabel A1 Kumpulan Data ANFIS

YYYY-MM	Demand		PDB	Kec. Angin	Curah Hujan	Temperatur Rerata	Lama Penyinaran Matahari
	NPN 600-319-3550	NPN 600-319-4540					
2016-07	8	7	2422120	2.32	1.95	26.90	8.38
2016-08	2	4	2433627	2.42	329.32	26.97	9.58
2016-09	2	12	2432034	2.27	307.99	27.77	9.65
2016-10	2	17	2394392	2.03	578.60	28.07	8.23
2016-11	9	12	2383815	2.00	301.31	28.32	7.93
2016-12	15	25	2377354	1.97	1157.55	27.08	3.96
2017-01	0	14	2365322	1.84	874.00	26.60	5.95
2017-02	3	19	2374354	2.39	645.99	26.48	5.82
2017-03	0	35	2394764	1.90	867.03	26.78	5.92
2017-04	20	29	2444181	1.97	6.75	27.01	7.54
2017-05	12	29	2474127	2.84	574.80	27.38	8.75
2017-06	1	13	2502231	2.80	594.18	26.62	8.20
2017-07	0	24	2544126	3.19	286.91	26.22	8.18
2017-08	6	30	2556819	3.26	0.00	26.76	9.69
2017-09	3	28	2555945	2.83	296.27	27.86	9.83
2017-10	4	32	2518517	2.71	575.71	28.73	9.64
2017-11	0	26	2507748	1.90	605.50	27.60	6.02
2017-12	1	30	2500651	1.87	867.25	27.12	5.35
2018-01	11	26	2485022	1.87	866.56	26.63	4.30
2018-02	0	28	2494422	1.86	961.75	26.30	6.89
2018-03	1	33	2516649	1.94	1152.29	26.52	7.65
2018-04	0	21	2572457	2.23	296.81	27.90	9.46
2018-05	0	20	2604767	3.00	0.01	27.70	9.94
2018-06	0	27	2634335	2.97	0.83	26.98	9.23
2018-07	17	42	2676149	3.03	0.04	26.50	9.80
2018-08	1	18	2688993	3.13	573.42	26.45	9.12
2018-09	3	7	2687855	2.93	0.63	27.76	9.70
2018-10	6	31	2649413	3.10	0.00	29.09	10.58
2018-11	0	33	2637800	2.37	597.85	28.61	8.53
2018-12	14	49	2629696	2.10	578.74	27.73	6.73
2019-01	1	15	2611403	2.16	301.15	26.53	5.55
2019-02	1	3	2620587	2.00	1280.03	26.79	7.13
2019-03	8	15	2643551	2.19	582.61	27.02	5.88
2019-04	5	15	2702645	2.27	889.19	27.42	7.71
2019-05	12	21	2736408	3.03	2.78	27.27	9.49
2019-06	1	5	2767189	3.13	296.27	26.46	9.49
2019-07	0	15	2810637	3.06	286.71	25.76	9.67
2019-08	6	17	2823719	3.10	0.00	26.14	10.04
2019-09	4	15	2822082	3.03	296.47	26.74	10.06
2019-10	5	22	2788718	2.87	0.00	28.18	10.69
2019-11	1	11	2770402	2.67	890.72	29.03	9.83
2019-12	3	11	2750125	2.13	1437.45	28.39	8.81

**Lanjutan Tabel A1 Kumpulan Data ANFIS**

YYYY-MM	Demand		PDB	Kec. Angin	Curah Hujan	Temperatur Rerata	Lama Penyinaran Matahari
	NPN 600-319-3550	NPN 600-319-4540					
2020-01	0	0	2732165	2.42	1156.64	27.47	7.49
2020-02	4	19	2704756	2.21	619.00	27.02	7.18
2020-03	0	0	2672178	2.00	296.53	27.23	6.48
2020-04	0	7	2591397	2.27	920.32	27.68	8.58
2020-05	0	4	2580754	2.58	299.52	28.09	8.26
2020-06	0	4	2597216	3.03	296.29	27.19	9.52
2020-07	1	7	2697880	3.45	0.01	26.71	9.57
2020-08	1	7	2725731	2.97	0.03	26.99	9.89
2020-09	0	0	2737864	3.41	592.53	28.36	10.36
2020-10	2	7	2715515	2.94	1149.90	28.64	9.24
2020-11	0	0	2710289	2.67	2.51	28.72	8.61
2020-12	0	0	2703418	2.42	9.50	26.76	4.80
2021-01	0	15	2675784	2.32	867.70	26.60	4.51
2021-02	2	9	2679968	2.43	1284.75	26.40	5.10
2021-03	10	19	2696850	2.23	864.89	26.55	6.59
2021-04	14	75	2750146	2.33	1188.51	26.75	6.90
2021-05	25	21	2774636	2.68	0.55	27.39	8.27
2021-06	14	19	2794036	2.43	593.48	27.35	9.16
2021-07	22	24	2803477	3.29	0.00	26.84	9.17
2021-08	18	41	2816349	3.10	573.42	27.91	9.50
2021-09	18	27	2827783	3.10	891.52	28.31	7.70
2021-10	8	15	2837780	3.13	289.95	28.56	9.34
2021-11	8	22	2846338	1.93	603.73	27.24	5.78
2021-12	0	16	2853458	1.90	1443.25	27.09	6.12

B. Hasil Perhitungan Uji Korelasi (*Spearman Rank*)

**Tabel B1** Uji Korelasi Terhadap *Demand Cartridge* NPN 3550

Ranking							
YYYY-MM	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2010-01	7	1	28	111	21.5	25	112.5
2010-02	112	2	72	101	77	51	35.5
2010-03	112	3	100	108	74	60	35.5
2010-04	112	4	82	36	59.5	42	35.5
2010-05	112	5	110	77	62	13	35.5
2010-06	112	6	70	97	100.5	68	35.5
2010-07	112	13	34	66	91.5	58	35.5
2010-08	112	15	79	8	106.5	81	35.5
2010-09	112	14	97	38	78.5	57	35.5
2010-10	112	10	104	105	53.5	44	35.5
2010-11	112	8	116	75	41	48	35.5
2010-12	11	7	24	112	62	6	99.5
2011-01	20	9	14	110	123.5	1	83
2011-02	20	11	18	107	99	5	83
2011-03	20	12	16	130	72	16	83
2011-04	20	16	38	39	34	18	83
2011-05	20	17	22	16.5	62	55	83
2011-06	20	19	2	25	84	85	83
2011-07	20	25	1	20.5	91.5	76	83
2011-08	20	27	5	74	98	82	83
2011-09	112	26	67	27	115	83.5	35.5
2011-10	20	22	134	8	104.5	78	83
2011-11	112	20	107	76	36.5	39	35.5
2011-12	112	18	91	94	38.5	26	35.5
2012-01	112	21	23	67	91.5	8	35.5
2012-02	112	23	30	138	42	28	35.5
2012-03	20	24	11.5	78	110	4	83
2012-04	112	28	63	106	36.5	83.5	35.5
2012-05	112	29	43	29	28	46	35.5
2012-06	112	33	6	45	84	73	35.5
2012-07	20	37	4	40	130	62	83
2012-08	112	39	3	8	134.5	94	35.5
2012-09	112	38	75	51.5	115	97	35.5
2012-10	112	34	127	8	118.5	79	35.5
2012-11	112	32	135	121	96.5	61	35.5
2012-12	112	30	92	139	6.5	30	35.5
2013-01	112	31	27	88	141	2	35.5
2013-02	112	35	56	141	121	19	35.5
2013-03	112	36	59	133	75	45	35.5
2013-04	60	40	94	57	55	47	120.5



**Lanjutan Tabel B1 Uji Korelasi Terhadap Demand Cartridge NPN 3550**

<b>Ranking</b>							
<b>YYYY-MM</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>	<b>X6</b>	<b>Y</b>
2013-05	60	41	78	46	45.5	49	129.5
2013-06	60	46	49	34	47.5	43	106.5
2013-07	112	49	9	81	137	65	35.5
2013-08	112	51	8	8	134.5	88	35.5
2013-09	112	50	93	8	120	93	35.5
2013-10	112	47	133	23	110	92	35.5
2013-11	60	45	117	55	87.5	40	106.5
2013-12	60	43	61	86	67.5	11	117
2014-01	112	42	26	134	130	9	35.5
2014-02	60	44	21	62	144	15	99.5
2014-03	112	48	11.5	120	110	3	35.5
2014-04	60	52	77	58	50.5	52	83
2014-05	112	53	105	43	73	75	35.5
2014-06	1	58	71	22	126.5	66	99.5
2014-07	112	61	10	44	94.5	54	35.5
2014-08	112	63	13	8	139.5	86	35.5
2014-09	112	62	46	8	115	98	35.5
2014-10	112	59	128	8	130	99	35.5
2014-11	112	57	141	92	96.5	70	35.5
2014-12	112	55	90	116	53.5	20	35.5
2015-01	60	54	55	129	9	32	83
2015-02	112	56	20	128	12	67	35.5
2015-03	4	60	45	104	10.5	74	112.5
2015-04	112	64	86	109	3	56	35.5
2015-05	112	65	86	70	3	22.5	35.5
2015-06	112	68	86	70	3	22.5	35.5
2015-07	112	73	86	70	3	22.5	35.5
2015-08	2.5	75	86	70	3	22.5	83
2015-09	112	74	57	70	84	140	35.5
2015-10	2.5	72	120	8	81.5	144	112.5
2015-11	13	70	142	30	65	139	137.5
2015-12	112	69	106	102	10.5	89	35.5
2016-01	41	66	108	63	28	95	83
2016-02	112	67	50	100	8	31	35.5
2016-03	41	71	102	98	6.5	72	35.5
2016-04	41	76	118	65	28	107	35.5
2016-05	9.5	77	126	73	28	111	125
2016-06	9.5	81	95	127	33	100	35.5
2016-07	6	85	60	31	56.5	106	125
2016-08	43.5	87	62	64	67.5	126	99.5
2016-09	43.5	86	115	61	50.5	128	99.5
2016-10	12	83	123	84	32	103	99.5

**Lanjutan Tabel B1 Uji Korelasi Terhadap Demand Cartridge NPN 3550**

<b>Ranking</b>							
<b>YYYY-MM</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>	<b>X6</b>	<b>Y</b>
2016-11	27	82	130	60	28	96	128
2016-12	28	80	73	136	24	7	137.5
2017-01	112	78	39	119	13	37	35.5
2017-02	60	79	32	103	64	34	106.5
2017-03	112	84	53	115	18.5	36	35.5
2017-04	38	88	66	35	23	80	142
2017-05	14	89	98	82	91.5	112	132.5
2017-06	112	93	41	91	87.5	102	83
2017-07	112	97	17	42	136	101	35.5
2017-08	60	99	51.5	8	138	130	120.5
2017-09	60	98	119	49	89	134	106.5
2017-10	60	96	140	83	86	127	112.5
2017-11	112	94	109	96	17	38	35.5
2017-12	60	92	76	117	15.5	27	83
2018-01	5	90	42	114	15.5	10	131
2018-02	112	91	19	126	14	63	35.5
2018-03	60	95	35	132	21.5	87	83
2018-04	112	100	121	54	47.5	120	35.5
2018-05	112	104	112	16.5	106.5	136	35.5
2018-06	112	108	64	28	103	117	35.5
2018-07	8	114	33	20.5	110	132	139
2018-08	60	117	29	79.5	130	114	83
2018-09	60	116	114	26	100.5	131	106.5
2018-10	60	111	144	8	123.5	142	120.5
2018-11	112	109	137	93	59.5	108	35.5
2018-12	33	107	113	85	35	59	135
2019-01	60	105	36	59	40	29	83
2019-02	60	106	54	140	28	69	83
2019-03	60	110	68	87	43	35	125
2019-04	60	120	101	122	50.5	91	117
2019-05	33	127	89	33	110	122	132.5
2019-06	60	131	31	48	133	121	83
2019-07	112	137	7	41	118.5	129	35.5
2019-08	112	140	15	8	123.5	137	120.5
2019-09	60	139	47	51.5	115	138	112.5
2019-10	60	134	125	8	94.5	143	117
2019-11	60	132	143	123	78.5	133	83
2019-12	60	129	132	143	38.5	113	106.5
2020-01	76	126	103	135	67.5	77	35.5
2020-02	60	122	69	99	44	71	112.5
2020-03	112	112	81	53	28	50	35.5
2020-04	112	102	111	125	50.5	109	35.5
2020-05	112	101	124	56	76	104	35.5



**Tabel B2** Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge NPN 3550*

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2010-01	-66	-72	-45	39	-51	-48	40	4290	5112	1980	1482	2601	2256	1600	-2620	-2860	-1780	1540	-2040	-1900
2010-02	40	-71	-1	29	5	-22	-37	1560	4970	0	812	20	462	1369	-1462	2609	19	-1055	-167	796
2010-03	40	-70	28	36	2	-13	-37	1560	4830	756	1260	2	156	1369	-1462	2572	-1018	-1314	-56	463
2010-04	40	-69	10	-37	-13	-31	-37	1560	4692	90	1332	169	930	1369	-1462	2535	-352	1351	481	1129
2010-05	40	-68	38	5	-11	-60	-37	1560	4556	1406	20	110	3540	1369	-1462	2498	-1388	-167	389	2202
2010-06	40	-67	-3	25	28	-5	-37	1560	4422	6	600	784	20	1369	-1462	2461	93	-907	-1036	167
2010-07	40	-60	-39	-7	19	-15	-37	1560	3540	1482	42	361	210	1369	-1462	2202	1425	241	-703	537
2010-08	40	-58	7	-65	34	9	-37	1560	3306	42	4160	1156	72	1369	-1462	2128	-241	2387	-1258	-315
2010-09	40	-59	25	-35	6	-16	-37	1560	3422	600	1190	36	240	1369	-1462	2165	-907	1277	-222	574
2010-10	40	-63	32	33	-19	-29	-37	1560	3906	992	1056	361	812	1369	-1462	2313	-1166	-1203	703	1055
2010-11	40	-65	44	3	-32	-25	-37	1560	4160	1892	6	992	600	1369	-1462	2387	-1610	-93	1166	907
2010-12	-62	-66	-49	40	-11	-67	27	3782	4290	2352	1560	110	4422	729	-1661	-1769	-1310	1067	-284	-1796
2011-01	-53	-64	-59	38	51	-72	11	2756	4032	3422	1406	2601	5112	110	-551	-667	-614	394	536	-751
2011-02	-53	-62	-55	35	27	-68	11	2756	3782	2970	1190	702	4556	110	-551	-646	-572	362	278	-709
2011-03	-53	-61	-57	58	-1	-57	11	2756	3660	3192	3306	0	3192	110	-551	-635	-593	604	-5	-593
2011-04	-53	-57	-35	-34	-39	-55	11	2756	3192	1190	1122	1482	2970	110	-551	-593	-362	-352	-404	-572
2011-05	-53	-56	-51	-56	-11	-18	11	2756	3080	2550	3136	110	306	110	-551	-583	-530	-588	-110	-184

Lanjutan Tabel B2 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 3550

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2011-06	-53	-54	-71	-48	12	13	11	2756	2862	4970	2256	132	156	110	-551	-562	-740	-499	121	131
2011-07	-53	-48	-72	-52	19	4	11	2756	2256	5112	2704	361	12	110	-551	-499	-751	-546	200	37
2011-08	-53	-46	-68	2	26	10	11	2756	2070	4556	2	650	90	110	-551	-478	-709	16	268	100
2011-09	40	-47	-6	-46	43	11	-37	1560	2162	30	2070	1806	121	1369	-1462	1721	204	1684	-1573	-407
2011-10	-53	-51	62	-65	32	6	11	2756	2550	3782	4160	1024	30	110	-551	-530	646	-677	336	58
2011-11	40	-53	35	4	-36	-34	-37	1560	2756	1190	12	1296	1122	1369	-1462	1943	-1277	-130	1332	1240
2011-12	40	-55	19	22	-34	-47	-37	1560	2970	342	462	1156	2162	1369	-1462	2017	-685	-796	1258	1721
2012-01	40	-52	-50	-6	19	-65	-37	1560	2652	2450	30	361	4160	1369	-1462	1906	1832	204	-703	2387
2012-02	40	-50	-43	66	-31	-45	-37	1560	2450	1806	4290	930	1980	1369	-1462	1832	1573	-2424	1129	1647
2012-03	-53	-49	-61	6	38	-69	11	2756	2352	3721	30	1406	4692	110	-551	-509	-641	58	394	-719
2012-04	40	-45	-10	34	-36	11	-37	1560	1980	90	1122	1296	121	1369	-1462	1647	352	-1240	1332	-407
2012-05	40	-44	-30	-44	-45	-27	-37	1560	1892	870	1892	1980	702	1369	-1462	1610	1092	1610	1647	981
2012-06	40	-40	-67	-28	12	1	-37	1560	1560	4422	756	132	0	1369	-1462	1462	2461	1018	-426	-19
2012-07	-53	-36	-69	-33	58	-11	11	2756	1260	4692	1056	3306	110	110	-551	-373	-719	-341	604	-110
2012-08	40	-34	-70	-65	62	22	-37	1560	1122	4830	4160	3844	462	1369	-1462	1240	2572	2387	-2294	-796
2012-09	40	-35	3	-21	43	25	-37	1560	1190	6	441	1806	600	1369	-1462	1277	-93	777	-1573	-907
2012-10	40	-39	55	-65	46	7	-37	1560	1482	2970	4160	2116	42	1369	-1462	1425	-2017	2387	-1702	-241
2012-11	40	-41	63	49	24	-12	-37	1560	1640	3906	2352	576	132	1369	-1462	1499	-2313	-1795	-888	426
2012-12	40	-43	20	67	-66	-43	-37	1560	1806	380	4422	4356	1806	1369	-1462	1573	-722	-2461	2442	1573

Lanjutan Tabel B2 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 3550

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2013-01	40	-42	-46	16	69	-71	-37	1560	1722	2070	240	4692	4970	1369	-1462	1536	1684	-574	-2535	2609
2013-02	40	-38	-17	69	49	-54	-37	1560	1406	272	4692	2352	2862	1369	-1462	1388	611	-2535	-1795	1980
2013-03	40	-37	-14	61	3	-28	-37	1560	1332	182	3660	6	756	1369	-1462	1351	500	-2239	-93	1018
2013-04	-13	-33	22	-16	-18	-26	48	156	1056	462	240	306	650	2304	-600	-1560	1032	-744	-840	-1224
2013-05	-13	-32	6	-27	-27	-24	57	156	992	30	702	729	552	3249	-713	-1796	314	-1511	-1539	-1340
2013-06	-13	-27	-24	-39	-25	-30	34	156	702	552	1482	625	870	1156	-425	-901	-799	-1309	-850	-1003
2013-07	40	-24	-64	9	65	-8	-37	1560	552	4032	72	4160	56	1369	-1462	870	2350	-315	-2387	278
2013-08	40	-22	-65	-65	62	16	-37	1560	462	4160	4160	3844	240	1369	-1462	796	2387	2387	-2294	-574
2013-09	40	-23	21	-65	48	21	-37	1560	506	420	4160	2256	420	1369	-1462	833	-759	2387	-1758	-759
2013-10	40	-26	61	-50	38	20	-37	1560	650	3660	2450	1406	380	1369	-1462	944	-2239	1832	-1388	-722
2013-11	-13	-28	45	-18	15	-33	34	156	756	1980	306	225	1056	1156	-425	-935	1513	-595	510	-1105
2013-12	-13	-30	-12	14	-5	-62	45	156	870	132	182	25	3782	1980	-556	-1313	-512	601	-223	-2737
2014-01	40	-31	-47	62	58	-64	-37	1560	930	2162	3782	3306	4032	1369	-1462	1129	1721	-2276	-2128	2350
2014-02	-13	-29	-52	-11	72	-58	27	156	812	2652	110	5112	3306	729	-338	-770	-1391	-284	1931	-1553
2014-03	40	-25	-61	48	38	-70	-37	1560	600	3721	2256	1406	4830	1369	-1462	907	2257	-1758	-1388	2572
2014-04	-13	-21	5	-15	-22	-21	11	156	420	20	210	484	420	110	-131	-215	47	-152	-231	-215
2014-05	40	-20	33	-30	1	3	-37	1560	380	1056	870	0	6	1369	-1462	722	-1203	1092	-19	-93
2014-06	-72	-15	-2	-51	54	-7	27	5112	210	2	2550	2916	42	729	-1931	-392	-41	-1364	1458	-176
2014-07	40	-12	-63	-29	22	-19	-37	1560	132	3906	812	484	342	1369	-1462	426	2313	1055	-814	685

Lanjutan Tabel B2 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 3550

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2014-08	40	-10	-60	-65	67	14	-37	1560	90	3540	4160	4489	182	1369	-1462	352	2202	2387	-2479	-500
2014-09	40	-11	-27	-65	43	26	-37	1560	110	702	4160	1806	650	1369	-1462	389	981	2387	-1573	-944
2014-10	40	-14	56	-65	58	27	-37	1560	182	3080	4160	3306	702	1369	-1462	500	-2054	2387	-2128	-981
2014-11	40	-16	69	20	24	-3	-37	1560	240	4692	380	576	6	1369	-1462	574	-2535	-722	-888	93
2014-12	40	-18	18	44	-19	-53	-37	1560	306	306	1892	361	2756	1369	-1462	648	-648	-1610	703	1943
2015-01	-13	-19	-18	57	-64	-41	11	156	342	306	3192	4032	1640	110	-131	-194	-184	593	-667	-425
2015-02	40	-17	-53	56	-61	-6	-37	1560	272	2756	3080	3660	30	1369	-1462	611	1943	-2054	2239	204
2015-03	-69	-13	-28	32	-62	2	40	4692	156	756	992	3844	2	1600	-2740	-500	-1100	1260	-2480	60
2015-04	40	-9	14	37	-70	-17	-37	1560	72	182	1332	4830	272	1369	-1462	315	-500	-1351	2572	611
2015-05	40	-8	14	-3	-70	-50	-37	1560	56	182	6	4830	2500	1369	-1462	278	-500	93	2572	1850
2015-06	40	-5	14	-3	-70	-50	-37	1560	20	182	6	4830	2500	1369	-1462	167	-500	93	2572	1850
2015-07	40	1	14	-3	-70	-50	-37	1560	0	182	6	4830	2500	1369	-1462	-19	-500	93	2572	1850
2015-08	-70	3	14	-3	-70	-50	11	4900	6	182	6	4830	2500	110	-735	26	142	-26	-730	-525
2015-09	40	2	-16	-3	12	68	-37	1560	2	240	6	132	4556	1369	-1462	-56	574	93	-426	-2498
2015-10	-70	-1	48	-65	9	72	40	4900	0	2256	4160	81	5112	1600	-2800	-20	1900	-2580	360	2860
2015-11	-60	-3	70	-43	-8	67	65	3540	6	4830	1806	56	4422	4225	-3868	-163	4518	-2763	-488	4323
2015-12	40	-4	34	30	-62	17	-37	1560	12	1122	870	3844	272	1369	-1462	130	-1240	-1092	2294	-611
2016-01	-32	-7	36	-10	-45	23	11	992	42	1260	90	1980	506	110	-331	-68	373	-100	-467	236
2016-02	40	-6	-23	28	-65	-42	-37	1560	30	506	756	4160	1722	1369	-1462	204	833	-1018	2387	1536

Lanjutan Tabel B2 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik Demand Cartridge NPN 3550

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2016-03	-32	-2	30	26	-66	-1	-37	992	2	870	650	4356	0	1369	1166	56	-1092	-944	2442	19
2016-04	-32	4	46	-8	-45	35	-37	992	12	2070	56	1980	1190	1369	1166	-130	-1684	278	1647	-1277
2016-05	-63	5	54	1	-45	39	53	3969	20	2862	0	1980	1482	2756	-3308	236	2809	26	-2336	2021
2016-06	-63	9	23	55	-40	28	-37	3969	72	506	2970	1560	756	1369	2331	-315	-833	-2017	1462	-1018
2016-07	-67	13	-13	-42	-16	34	53	4422	156	156	1722	256	1122	2756	-3491	656	-656	-2179	-840	1759
2016-08	-29	15	-11	-9	-5	54	27	841	210	110	72	25	2862	729	-783	392	-284	-230	-135	1445
2016-09	-29	14	43	-12	-22	56	27	841	182	1806	132	484	3080	729	-783	365	1148	-311	-594	1499
2016-10	-61	11	51	12	-41	31	27	3660	110	2550	132	1640	930	729	-1634	284	1364	311	-1094	824
2016-11	-46	10	58	-13	-45	24	56	2070	90	3306	156	1980	552	3080	-2525	527	3191	-694	-2470	1304
2016-12	-45	8	1	64	-49	-66	65	1980	56	0	4032	2352	4290	4225	-2893	488	33	4128	-3153	-4258
2017-01	40	6	-34	47	-60	-36	-37	1560	30	1122	2162	3540	1260	1369	-1462	-204	1240	-1721	2202	1314
2017-02	-13	7	-41	31	-9	-39	34	156	42	1640	930	72	1482	1156	-425	221	-1377	1037	-289	-1309
2017-03	40	12	-20	43	-54	-37	-37	1560	132	380	1806	2916	1332	1369	-1462	-426	722	-1573	1998	1351
2017-04	-35	16	-7	-38	-50	8	70	1190	240	42	1406	2450	56	4830	-2398	1077	-452	-2606	-3440	521
2017-05	-59	17	26	10	19	40	60	3422	272	650	90	361	1560	3600	-3510	990	1530	570	1140	2370
2017-06	40	21	-32	19	15	30	11	1560	420	992	342	225	870	110	415	215	-331	194	158	310
2017-07	40	25	-56	-31	64	29	-37	1560	600	3080	930	4032	812	1369	-1462	-907	2054	1129	-2350	-1055
2017-08	-13	27	-21	-65	66	58	48	156	702	441	4160	4290	3306	2304	-600	1272	-1008	-3096	3144	2760
2017-09	-13	26	47	-24	17	62	34	156	650	2162	552	272	3782	1156	-425	867	1581	-799	561	2091



Lanjutan Tabel B2 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 3550

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2017-10	-13	24	68	11	14	55	40	156	552	4556	110	182	2970	1600	-500	940	2700	420	540	2180
2017-11	40	22	37	24	-56	-35	-37	1560	462	1332	552	3080	1190	1369	-1462	-796	-1351	-870	2054	1277
2017-12	-13	20	4	45	-57	-46	11	156	380	12	1980	3249	2070	110	-131	205	37	467	-599	-478
2018-01	-68	18	-31	42	-57	-63	59	4556	306	930	1722	3249	3906	3422	-3949	1024	-1784	2428	-3335	-3656
2018-02	40	19	-54	54	-59	-10	-37	1560	342	2862	2862	3422	90	1369	-1462	-685	1980	-1980	2165	352
2018-03	-13	23	-38	60	-51	15	11	156	506	1406	3540	2601	210	110	-131	236	-394	625	-536	152
2018-04	40	28	49	-19	-25	48	-37	1560	756	2352	342	625	2256	1369	-1462	-1018	-1795	685	925	-1758
2018-05	40	32	40	-56	34	64	-37	1560	992	1560	3136	1156	4032	1369	-1462	-1166	-1462	2072	-1258	-2350
2018-06	40	36	-9	-45	31	45	-37	1560	1260	72	1980	930	1980	1369	-1462	-1314	315	1647	-1129	-1647
2018-07	-65	42	-40	-52	38	60	67	4160	1722	1560	2704	1406	3540	4422	-4289	2760	-2627	-3458	2494	3957
2018-08	-13	45	-44	7	58	42	11	156	1980	1892	49	3306	1722	110	-131	467	-457	74	604	436
2018-09	-13	44	42	-47	28	59	34	156	1892	1722	2162	784	3422	1156	-425	1479	1411	-1581	952	1989
2018-10	-13	39	72	-65	51	70	48	156	1482	5112	4160	2601	4830	2304	-600	1848	3432	-3096	2448	3336
2018-11	40	37	65	21	-13	36	-37	1560	1332	4160	420	169	1260	1369	-1462	-1351	-2387	-759	481	-1314
2018-12	-40	35	41	13	-38	-14	63	1560	1190	1640	156	1406	182	3906	-2469	2156	2531	781	-2344	-844
2019-01	-13	33	-37	-14	-33	-44	11	156	1056	1332	182	1056	1892	110	-131	341	-383	-142	-341	-457
2019-02	-13	34	-19	68	-45	-4	11	156	1122	342	4556	1980	12	110	-131	352	-194	709	-467	-37
2019-03	-13	38	-5	15	-30	-38	53	156	1406	20	210	870	1406	2756	-656	1969	-236	761	-1549	-1969
2019-04	-13	48	29	50	-22	19	45	156	2256	812	2450	484	342	1980	-556	2114	1268	2203	-979	823

Lanjutan Tabel B2 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 3550

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2019-05	-40	55	17	-40	38	50	60	1560	2970	272	1560	1406	2450	3600	-2370	3270	990	-2370	2250	2970
2019-06	-13	59	-42	-25	61	49	11	156	3422	1722	600	3660	2352	110	-131	614	-436	-257	635	509
2019-07	40	65	-66	-32	46	57	-37	1560	4160	4290	992	2116	3192	1369	-1462	-2387	2424	1166	-1702	-2091
2019-08	40	68	-58	-65	51	65	48	1560	4556	3306	4160	2601	4160	2304	1896	3240	-2760	-3096	2448	3096
2019-09	-13	67	-26	-21	43	66	40	156	4422	650	441	1806	4290	1600	-500	2660	-1020	-840	1700	2620
2019-10	-13	62	53	-65	22	71	45	156	3782	2756	4160	484	4970	1980	-556	2737	2336	-2870	979	3137
2019-11	-13	60	71	51	6	61	11	156	3540	4970	2550	36	3660	110	-131	625	740	530	63	635
2019-12	-13	57	60	71	-34	41	34	156	3192	3540	4970	1156	1640	1156	-425	1921	2023	2397	-1156	1377
2020-01	4	54	31	63	-5	5	-37	12	2862	930	3906	25	20	1369	-130	-1980	-1129	-2313	185	-167
2020-02	-13	50	-4	27	-29	-2	40	156	2450	12	702	812	2	1600	-500	1980	-140	1060	-1140	-60
2020-03	40	40	9	-20	-45	-23	-37	1560	1560	72	380	1980	506	1369	-1462	-1462	-315	722	1647	833
2020-04	40	30	39	53	-22	37	-37	1560	870	1482	2756	484	1332	1369	-1462	-1092	-1425	-1943	814	-1351
2020-05	40	29	52	-17	4	32	-37	1560	812	2652	272	12	992	1369	-1462	-1055	-1906	611	-130	-1166
2020-06	40	31	8	-23	43	52	-37	1560	930	56	506	1806	2652	1369	-1462	-1129	-278	833	-1573	-1906
2020-07	-13	47	-29	-55	71	53	11	156	2162	812	2970	4970	2756	110	-131	488	-299	-572	740	551
2020-08	-13	53	-8	-54	32	63	11	156	2756	56	2862	1024	3906	110	-131	551	-79	-562	336	656
2020-09	40	56	59	17	70	69	-37	1560	3080	3422	272	4830	4692	1369	-1462	-2054	-2165	-611	-2572	-2535
2020-10	-13	52	66	59	30	46	27	156	2652	4290	3422	870	2070	729	-338	1391	1769	1580	797	1229
2020-11	7	51	67	-41	8	38	-37	42	2550	4422	1640	56	1406	1369	-241	-1869	-2461	1499	-278	-1388

**Lanjutan Tabel B2** Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 3550

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2020-12	5	49	-21	-36	-5	-59	-37	25	2352	441	1260	25	3422	1369	-185	-1795	777	1314	185	2165
2021-01	5	41	-33	46	-16	-61	-37	25	1640	1056	2070	256	3660	1369	-185	-1499	1203	-1684	592	2239
2021-02	-13	43	-48	70	-3	-56	27	156	1806	2256	4830	6	3080	729	-338	1148	-1283	1877	-68	-1499
2021-03	-40	46	-36	41	-27	-20	57	1560	2070	1260	1640	729	380	3249	-2252	2594	-2024	2309	-1539	-1112
2021-04	-40	58	-25	65	-15	-9	63	1560	3306	600	4160	210	72	3906	-2469	3594	-1531	4031	-906	-531
2021-05	-47	61	27	-49	9	33	72	2162	3660	702	2352	81	1056	5112	-3325	4326	1895	-3468	644	2324
2021-06	-40	63	24	18	-2	43	63	1560	3906	552	306	2	1806	3906	-2469	3906	1469	1094	-94	2656
2021-07	-34	64	-15	-65	67	44	71	1122	4032	210	4160	4489	1892	4970	-2362	4477	-1022	-4547	4724	3067
2021-08	-40	66	50	7	51	51	68	1560	4290	2450	49	2601	2550	4624	-2686	4454	3366	476	3468	3434
2021-09	-40	69	57	52	54	18	68	1560	4692	3192	2652	2916	306	4624	-2686	4658	3842	3502	3672	1190
2021-10	-40	70	64	-26	58	47	53	1560	4830	4032	650	3306	2162	2756	-2074	3649	3334	-1339	3019	2441
2021-11	-40	71	11	23	-53	-40	53	1560	4970	110	506	2756	1560	2756	-2074	3701	551	1181	-2756	-2074
2021-12	40	72	2	72	-54	-32	-37	1560	5112	2	5112	2916	992	1369	-1462	-2646	-56	-2646	1998	1166
<b>Sum</b>								<b>223286</b>	<b>248820</b>	<b>248809</b>	<b>248528</b>	<b>248716</b>	<b>248815</b>	<b>218845</b>	<b>-176729</b>	<b>92742</b>	<b>17602</b>	<b>-17902</b>	<b>3898</b>	<b>51704</b>

**Tabel B3** Uji Korelasi Terhadap *Demand Cartridge* NPN 4540

YYYY-MM	Ranking						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2010-01	137.5	1	28	111	21.5	25	9.5
2010-02	137.5	2	72	101	77	51	9.5
2010-03	137.5	3	100	108	74	60	9.5
2010-04	137.5	4	82	36	59.5	42	9.5
2010-05	137.5	5	110	77	62	13	9.5
2010-06	137.5	6	70	97	100.5	68	9.5
2010-07	137.5	13	34	66	91.5	58	9.5
2010-08	137.5	15	79	8	106.5	81	9.5
2010-09	137.5	14	97	38	78.5	57	9.5
2010-10	137.5	10	104	105	53.5	44	9.5
2010-11	126	8	116	75	41	48	26.5
2010-12	126	7	24	112	62	6	26.5
2011-01	126	9	14	110	123.5	1	21.5
2011-02	108.5	11	18	107	99	5	41
2011-03	108.5	12	16	130	72	16	31
2011-04	108.5	16	38	39	34	18	36
2011-05	108.5	17	22	16.5	62	55	36
2011-06	108.5	19	2	25	84	85	45.5
2011-07	108.5	25	1	20.5	91.5	76	31
2011-08	69.5	27	5	74	98	82	80.5
2011-09	108.5	26	67	27	115	83.5	31
2011-10	69.5	22	134	8	104.5	78	80.5
2011-11	108.5	20	107	76	36.5	39	41
2011-12	137.5	18	91	94	38.5	26	9.5
2012-01	69.5	21	23	67	91.5	8	109.5
2012-02	108.5	23	30	138	42	28	57
2012-03	32.5	24	11.5	78	110	4	123.5
2012-04	69.5	28	63	106	36.5	83.5	99.5
2012-05	69.5	29	43	29	28	46	66
2012-06	69.5	33	6	45	84	73	92
2012-07	69.5	37	4	40	130	62	109.5
2012-08	69.5	39	3	8	134.5	94	109.5
2012-09	69.5	38	75	51.5	115	97	109.5
2012-10	69.5	34	127	8	118.5	79	85
2012-11	108.5	32	135	121	96.5	61	57
2012-12	69.5	30	92	139	6.5	30	103
2013-01	69.5	31	27	88	141	2	85
2013-02	69.5	35	56	141	121	19	73.5
2013-03	69.5	36	59	133	75	45	92
2013-04	108.5	40	94	57	55	47	45.5

**Lanjutan Tabel B3 Uji Korelasi Terhadap Demand Cartridge NPN 4540**

YYYY-MM	Ranking						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2013-05	69.5	41	78	46	45.5	49	73.5
2013-06	69.5	46	49	34	47.5	43	73.5
2013-07	69.5	49	9	81	137	65	61
2013-08	108.5	51	8	8	134.5	88	57
2013-09	69.5	50	93	8	120	93	66
2013-10	69.5	47	133	23	110	92	66
2013-11	69.5	45	117	55	87.5	40	61
2013-12	69.5	43	61	86	67.5	11	92
2014-01	69.5	42	26	134	130	9	80.5
2014-02	69.5	44	21	62	144	15	92
2014-03	108.5	48	11.5	120	110	3	51.5
2014-04	69.5	52	77	58	50.5	52	66
2014-05	69.5	53	105	43	73	75	99.5
2014-06	69.5	58	71	22	126.5	66	73.5
2014-07	69.5	61	10	44	94.5	54	80.5
2014-08	69.5	63	13	8	139.5	86	80.5
2014-09	69.5	62	46	8	115	98	66
2014-10	69.5	59	128	8	130	99	61
2014-11	69.5	57	141	92	96.5	70	99.5
2014-12	108.5	55	90	116	53.5	20	45.5
2015-01	108.5	54	55	129	9	32	51.5
2015-02	126	56	20	128	12	67	21.5
2015-03	108.5	60	45	104	10.5	74	45.5
2015-04	126	64	86	109	3	56	21.5
2015-05	126	65	86	70	3	22.5	21.5
2015-06	137.5	68	86	70	3	22.5	9.5
2015-07	126	73	86	70	3	22.5	21.5
2015-08	108.5	75	86	70	3	22.5	41
2015-09	137.5	74	57	70	84	140	9.5
2015-10	126	72	120	8	81.5	144	21.5
2015-11	108.5	70	142	30	65	139	31
2015-12	108.5	69	106	102	10.5	89	26.5
2016-01	69.5	66	108	63	28	95	73.5
2016-02	108.5	67	50	100	8	31	26.5
2016-03	69.5	71	102	98	6.5	72	73.5
2016-04	108.5	76	118	65	28	107	41
2016-05	32.5	77	126	73	28	111	121
2016-06	32.5	81	95	127	33	100	134
2016-07	108.5	85	60	31	56.5	106	51.5
2016-08	108.5	87	62	64	67.5	126	36
2016-09	69.5	86	115	61	50.5	128	73.5
2016-10	69.5	83	123	84	32	103	103

**Lanjutan Tabel B3 Uji Korelasi Terhadap Demand Cartridge NPN 4540**

YYYY-MM	Ranking						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
2016-11	69.5	82	130	60	28	96	73.5
2016-12	32.5	80	73	136	24	7	123.5
2017-01	69.5	78	39	119	13	37	85
2017-02	69.5	79	32	103	64	34	109.5
2017-03	32.5	84	53	115	18.5	36	140
2017-04	32.5	88	66	35	23	80	131.5
2017-05	32.5	89	98	82	91.5	112	131.5
2017-06	69.5	93	41	91	87.5	102	80.5
2017-07	32.5	97	17	42	136	101	121
2017-08	32.5	99	51.5	8	138	130	134
2017-09	32.5	98	119	49	89	134	129.5
2017-10	15	96	140	83	86	127	137
2017-11	32.5	94	109	96	17	38	125.5
2017-12	32.5	92	76	117	15.5	27	134
2018-01	32.5	90	42	114	15.5	10	125.5
2018-02	32.5	91	19	126	14	63	129.5
2018-03	32.5	95	35	132	21.5	87	138.5
2018-04	32.5	100	121	54	47.5	120	116
2018-05	32.5	104	112	16.5	106.5	136	114
2018-06	32.5	108	64	28	103	117	127.5
2018-07	1.5	114	33	20.5	110	132	142
2018-08	9	117	29	79.5	130	114	105
2018-09	5	116	114	26	100.5	131	51.5
2018-10	6	111	144	8	123.5	142	136
2018-11	10	109	137	93	59.5	108	138.5
2018-12	3	107	113	85	35	59	143
2019-01	7	105	36	59	40	29	92
2019-02	11	106	54	140	28	69	31
2019-03	95	110	68	87	43	35	92
2019-04	20	120	101	122	50.5	91	92
2019-05	137.5	127	89	33	110	122	116
2019-06	4	131	31	48	133	121	41
2019-07	49	137	7	41	118.5	129	92
2019-08	90	140	15	8	123.5	137	103
2019-09	18	139	47	51.5	115	138	92
2019-10	22	134	125	8	94.5	143	118.5
2019-11	92	132	143	123	78.5	133	66
2019-12	8	129	132	143	38.5	113	66
2020-01	16	126	103	135	67.5	77	9.5
2020-02	17	122	69	99	44	71	109.5
2020-03	13	112	81	53	28	50	9.5
2020-04	69.5	102	111	125	50.5	109	51.5
2020-05	13	101	124	56	76	104	36



**Tabel B4** Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge NPN 4540*

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2010-01	65	-72	-45	39	-51	-48	-63	4225	5112	1980	1482	2601	2256	3969	-4095	4505	2804	-2426	3213	2993
2010-02	65	-71	-1	29	5	-22	-63	4225	4970	0	812	20	462	3969	-4095	4442	32	-1796	-284	1355
2010-03	65	-70	28	36	2	-13	-63	4225	4830	756	1260	2	156	3969	-4095	4379	-1733	-2237	-95	788
2010-04	65	-69	10	-37	-13	-31	-63	4225	4692	90	1332	169	930	3969	-4095	4316	-599	2300	819	1922
2010-05	65	-68	38	5	-11	-60	-63	4225	4556	1406	20	110	3540	3969	-4095	4253	-2363	-284	662	3749
2010-06	65	-67	-3	25	28	-5	-63	4225	4422	6	600	784	20	3969	-4095	4190	158	-1544	-1764	284
2010-07	65	-60	-39	-7	19	-15	-63	4225	3540	1482	42	361	210	3969	-4095	3749	2426	410	-1197	914
2010-08	65	-58	7	-65	34	9	-63	4225	3306	42	4160	1156	72	3969	-4095	3623	-410	4064	-2142	-536
2010-09	65	-59	25	-35	6	-16	-63	4225	3422	600	1190	36	240	3969	-4095	3686	-1544	2174	-378	977
2010-10	65	-63	32	33	-19	-29	-63	4225	3906	992	1056	361	812	3969	-4095	3938	-1985	-2048	1197	1796
2010-11	54	-65	44	3	-32	-25	-46	2862	4160	1892	6	992	600	2116	-2461	2967	-2001	-115	1449	1127
2010-12	54	-66	-49	40	-11	-67	-46	2862	4290	2352	1560	110	4422	2116	-2461	3013	2231	-1817	483	3059
2011-01	54	-64	-59	38	51	-72	-51	2862	4032	3422	1406	2601	5112	2601	-2729	3239	2984	-1913	-2601	3647
2011-02	36	-62	-55	35	27	-68	-32	1296	3782	2970	1190	702	4556	992	-1134	1937	1717	-1087	-835	2126
2011-03	36	-61	-57	58	-1	-57	-42	1296	3660	3192	3306	0	3192	1722	-1494	2511	2345	-2386	21	2345
2011-04	36	-57	-35	-34	-39	-55	-37	1296	3192	1190	1122	1482	2970	1332	-1314	2062	1259	1223	1405	1989
2011-05	36	-56	-51	-56	-11	-18	-37	1296	3080	2550	3136	110	306	1332	-1314	2026	1843	2044	383	639
2011-06	36	-54	-71	-48	12	13	-27	1296	2862	4970	2256	132	156	729	-972	1445	1904	1283	-311	-338



Lanjutan Tabel B4 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 4540

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2011-07	36	-48	-72	-52	19	4	-42	1296	2256	5112	2704	361	12	1722	-1494	1971	2967	2158	-789	-145
2011-08	-3	-46	-68	2	26	10	8	9	2070	4556	2	650	90	64	-24	-364	-540	12	204	76
2011-09	36	-47	-6	-46	43	11	-42	1296	2162	30	2070	1806	121	1722	-1494	1930	228	1888	-1764	-457
2011-10	-3	-51	62	-65	32	6	8	9	2550	3782	4160	1024	30	64	-24	-404	492	-516	256	44
2011-11	36	-53	35	4	-36	-34	-32	1296	2756	1190	12	1296	1122	992	-1134	1654	-1087	-110	1134	1055
2011-12	65	-55	19	22	-34	-47	-63	4225	2970	342	462	1156	2162	3969	-4095	3434	-1166	-1355	2142	2930
2012-01	-3	-52	-50	-6	19	-65	37	9	2652	2450	30	361	4160	1369	-111	-1906	-1832	-204	703	-2387
2012-02	36	-50	-43	66	-31	-45	-16	1296	2450	1806	4290	930	1980	240	-558	767	659	-1015	473	690
2012-03	-40	-49	-61	6	38	-69	51	1600	2352	3721	30	1406	4692	2601	-2040	-2474	-3111	281	1913	-3494
2012-04	-3	-45	-10	34	-36	11	27	9	1980	90	1122	1296	121	729	-81	-1202	-257	905	-972	297
2012-05	-3	-44	-30	-44	-45	-27	-7	9	1892	870	1892	1980	702	42	20	283	192	283	289	172
2012-06	-3	-40	-67	-28	12	1	20	9	1560	4422	756	132	0	380	-59	-770	-1297	-536	224	10
2012-07	-3	-36	-69	-33	58	-11	37	9	1260	4692	1056	3306	110	1369	-111	-1314	-2535	-1203	2128	-389
2012-08	-3	-34	-70	-65	62	22	37	9	1122	4830	4160	3844	462	1369	-111	-1240	-2572	-2387	2294	796
2012-09	-3	-35	3	-21	43	25	37	9	1190	6	441	1806	600	1369	-111	-1277	93	-777	1573	907
2012-10	-3	-39	55	-65	46	7	13	9	1482	2970	4160	2116	42	156	-38	-481	681	-806	575	81
2012-11	36	-41	63	49	24	-12	-16	1296	1640	3906	2352	576	132	240	-558	628	-969	-752	-372	178
2012-12	-3	-43	20	67	-66	-43	31	9	1806	380	4422	4356	1806	930	-92	-1296	595	2028	-2013	-1296
2013-01	-3	-42	-46	16	69	-71	13	9	1722	2070	240	4692	4970	156	-38	-519	-569	194	856	-881

**Lanjutan Tabel B4** Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 4540

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2013-02	-3	-38	-17	69	49	-54	1	9	1406	272	4692	2352	2862	1	-3	-38	-17	69	49	-54
2013-03	-3	-37	-14	61	3	-28	20	9	1332	182	3660	6	756	380	-59	-712	-263	1180	49	-536
2013-04	36	-33	22	-16	-18	-26	-27	1296	1056	462	240	306	650	729	-972	878	-581	419	473	689
2013-05	-3	-32	6	-27	-27	-24	1	9	992	30	702	729	552	1	-3	-32	6	-27	-27	-24
2013-06	-3	-27	-24	-39	-25	-30	1	9	702	552	1482	625	870	1	-3	-27	-24	-39	-25	-30
2013-07	-3	-24	-64	9	65	-8	-12	9	552	4032	72	4160	56	132	35	270	730	-98	-742	86
2013-08	36	-22	-65	-65	62	16	-16	1296	462	4160	4160	3844	240	240	-558	333	1000	1000	-961	-240
2013-09	-3	-23	21	-65	48	21	-7	9	506	420	4160	2256	420	42	20	146	-133	419	-309	-133
2013-10	-3	-26	61	-50	38	20	-7	9	650	3660	2450	1406	380	42	20	166	-393	322	-244	-127
2013-11	-3	-28	45	-18	15	-33	-12	9	756	1980	306	225	1056	132	35	316	-512	201	-173	374
2013-12	-3	-30	-12	14	-5	-62	20	9	870	132	182	25	3782	380	-59	-575	-224	263	-98	-1199
2014-01	-3	-31	-47	62	58	-64	8	9	930	2162	3782	3306	4032	64	-24	-244	-372	492	460	-508
2014-02	-3	-29	-52	-11	72	-58	20	9	812	2652	110	5112	3306	380	-59	-556	-1004	-205	1394	-1121
2014-03	36	-25	-61	48	38	-70	-21	1296	600	3721	2256	1406	4830	441	-756	515	1281	-998	-788	1460
2014-04	-3	-21	5	-15	-22	-21	-7	9	420	20	210	484	420	42	20	133	-29	94	143	133
2014-05	-3	-20	33	-30	1	3	27	9	380	1056	870	0	6	729	-81	-527	878	-797	14	68
2014-06	-3	-15	-2	-51	54	-7	1	9	210	2	2550	2916	42	1	-3	-15	-2	-51	54	-7
2014-07	-3	-12	-63	-29	22	-19	8	9	132	3906	812	484	342	64	-24	-92	-500	-228	176	-148
2014-08	-3	-10	-60	-65	67	14	8	9	90	3540	4160	4489	182	64	-24	-76	-476	-516	536	108

Lanjutan Tabel B4 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 4540

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2014-09	-3	-11	-27	-65	43	26	-7	9	110	702	4160	1806	650	42	20	68	172	419	-276	-166
2014-10	-3	-14	56	-65	58	27	-12	9	182	3080	4160	3306	702	132	35	155	-638	742	-661	-305
2014-11	-3	-16	69	20	24	-3	27	9	240	4692	380	576	6	729	-81	-419	1850	527	648	-68
2014-12	36	-18	18	44	-19	-53	-27	1296	306	306	1892	361	2756	729	-972	473	-473	-1175	513	1418
2015-01	36	-19	-18	57	-64	-41	-21	1296	342	306	3192	4032	1640	441	-756	389	368	-1187	1334	851
2015-02	54	-17	-53	56	-61	-6	-51	2862	272	2756	3080	3660	30	2601	-2729	842	2678	-2831	3086	281
2015-03	36	-13	-28	32	-62	2	-27	1296	156	756	992	3844	2	729	-972	338	743	-851	1674	-41
2015-04	54	-9	14	37	-70	-17	-51	2862	72	182	1332	4830	272	2601	-2729	434	-689	-1862	3545	842
2015-05	54	-8	14	-3	-70	-50	-51	2862	56	182	6	4830	2500	2601	-2729	383	-689	128	3545	2550
2015-06	65	-5	14	-3	-70	-50	-63	4225	20	182	6	4830	2500	3969	-4095	284	-851	158	4379	3150
2015-07	54	1	14	-3	-70	-50	-51	2862	0	182	6	4830	2500	2601	-2729	-26	-689	128	3545	2550
2015-08	36	3	14	-3	-70	-50	-32	1296	6	182	6	4830	2500	992	-1134	-79	-425	79	2189	1575
2015-09	65	2	-16	-3	12	68	-63	4225	2	240	6	132	4556	3969	-4095	-95	977	158	-725	-4253
2015-10	54	-1	48	-65	9	72	-51	2862	0	2256	4160	81	5112	2601	-2729	26	-2423	3290	-459	-3647
2015-11	36	-3	70	-43	-8	67	-42	1296	6	4830	1806	56	4422	1722	-1494	104	-2884	1764	311	-2760
2015-12	36	-4	34	30	-62	17	-46	1296	12	1122	870	3844	272	2116	-1656	161	-1541	-1357	2852	-759
2016-01	-3	-7	36	-10	-45	23	1	9	42	1260	90	1980	506	1	-3	-7	36	-10	-45	23
2016-02	36	-6	-23	28	-65	-42	-46	1296	30	506	756	4160	1722	2116	-1656	253	1035	-1265	2967	1909
2016-03	-3	-2	30	26	-66	-1	1	9	2	870	650	4356	0	1	-3	-2	30	26	-66	-1

Lanjutan Tabel B4 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge NPN 4540*

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2016-04	36	4	46	-8	-45	35	-32	1296	12	2070	56	1980	1190	992	-1134	-110	-1433	236	1402	-1087
2016-05	-40	5	54	1	-45	39	49	1600	20	2862	0	1980	1482	2352	-1940	218	2595	24	-2158	1867
2016-06	-40	9	23	55	-40	28	62	1600	72	506	2970	1560	756	3782	-2460	523	1384	3352	-2429	1691
2016-07	36	13	-13	-42	-16	34	-21	1296	156	156	1722	256	1122	441	-756	-263	263	872	336	-704
2016-08	36	15	-11	-9	-5	54	-37	1296	210	110	72	25	2862	1332	-1314	-529	383	310	183	-1953
2016-09	-3	14	43	-12	-22	56	1	9	182	1806	132	484	3080	1	-3	14	43	-12	-22	56
2016-10	-3	11	51	12	-41	31	31	9	110	2550	132	1640	930	930	-92	320	1540	351	-1235	930
2016-11	-3	10	58	-13	-45	24	1	9	90	3306	156	1980	552	1	-3	10	58	-13	-45	24
2016-12	-40	8	1	64	-49	-66	51	1600	56	0	4032	2352	4290	2601	-2040	383	26	3239	-2474	-3341
2017-01	-3	6	-34	47	-60	-36	13	9	30	1122	2162	3540	1260	156	-38	69	-419	581	-744	-444
2017-02	-3	7	-41	31	-9	-39	37	9	42	1640	930	72	1482	1369	-111	241	-1499	1129	-315	-1425
2017-03	-40	12	-20	43	-54	-37	68	1600	132	380	1806	2916	1332	4556	-2700	776	-1316	2869	-3645	-2464
2017-04	-40	16	-7	-38	-50	8	59	1600	240	42	1406	2450	56	3481	-2360	915	-384	-2213	-2921	443
2017-05	-40	17	26	10	19	40	59	1600	272	650	90	361	1560	3481	-2360	974	1505	561	1121	2331
2017-06	-3	21	-32	19	15	30	8	9	420	992	342	225	870	64	-24	164	-252	148	120	236
2017-07	-40	25	-56	-31	64	29	49	1600	600	3080	930	4032	812	2352	-1940	1188	-2692	-1479	3080	1382
2017-08	-40	27	-21	-65	66	58	62	1600	702	441	4160	4290	3306	3782	-2460	1630	-1292	-3967	4028	3536
2017-09	-40	26	47	-24	17	62	57	1600	650	2162	552	272	3782	3249	-2280	1454	2651	-1340	941	3506
2017-10	-58	24	68	11	14	55	65	3306	552	4556	110	182	2970	4160	-3709	1516	4354	677	871	3515

Lanjutan Tabel B4 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 4540

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2017-11	-40	22	37	24	-56	-35	53	1600	462	1332	552	3080	1190	2809	-2120	1140	1935	1246	-2942	-1829
2017-12	-40	20	4	45	-57	-46	62	1600	380	12	1980	3249	2070	3782	-2460	1199	215	2737	-3506	-2798
2018-01	-40	18	-31	42	-57	-63	53	1600	306	930	1722	3249	3906	2809	-2120	928	-1617	2200	-3021	-3313
2018-02	-40	19	-54	54	-59	-10	57	1600	342	2862	2862	3422	90	3249	-2280	1055	-3050	3050	-3335	-542
2018-03	-40	23	-38	60	-51	15	66	1600	506	1406	3540	2601	210	4356	-2640	1485	-2475	3927	-3366	957
2018-04	-40	28	49	-19	-25	48	44	1600	756	2352	342	625	2256	1892	-1740	1196	2110	-805	-1088	2066
2018-05	-40	32	40	-56	34	64	42	1600	992	1560	3136	1156	4032	1722	-1660	1307	1639	-2324	1411	2635
2018-06	-40	36	-9	-45	31	45	55	1600	1260	72	1980	930	1980	3025	-2200	1953	-468	-2448	1678	2448
2018-07	-71	42	-40	-52	38	60	70	5041	1722	1560	2704	1406	3540	4830	-4935	2884	-2745	-3614	2606	4135
2018-08	-64	45	-44	7	58	42	33	4032	1980	1892	49	3306	1722	1056	-2064	1446	-1414	228	1869	1349
2018-09	-68	44	42	-47	28	59	-21	4556	1892	1722	2162	784	3422	441	1418	-914	-872	977	-588	-1229
2018-10	-67	39	72	-65	51	70	64	4422	1482	5112	4160	2601	4830	4032	-4223	2445	4540	-4096	3239	4413
2018-11	-63	37	65	21	-13	36	66	3906	1332	4160	420	169	1260	4356	-4125	2409	4257	1353	-858	2343
2018-12	-70	35	41	13	-38	-14	71	4830	1190	1640	156	1406	182	4970	-4900	2432	2855	881	-2644	-952
2019-01	-66	33	-37	-14	-33	-44	20	4290	1056	1332	182	1056	1892	380	-1277	634	-712	-263	-634	-848
2019-02	-62	34	-19	68	-45	-4	-42	3782	1122	342	4556	1980	12	1722	2552	-1390	768	-2801	1847	145
2019-03	23	38	-5	15	-30	-38	20	506	1406	20	210	870	1406	380	439	731	-88	283	-575	-731
2019-04	-53	48	29	50	-22	19	20	2756	2256	812	2450	484	342	380	-1024	926	556	965	-429	361
2019-05	65	55	17	-40	38	50	44	4225	2970	272	1560	1406	2450	1892	2828	2371	718	-1718	1631	2153

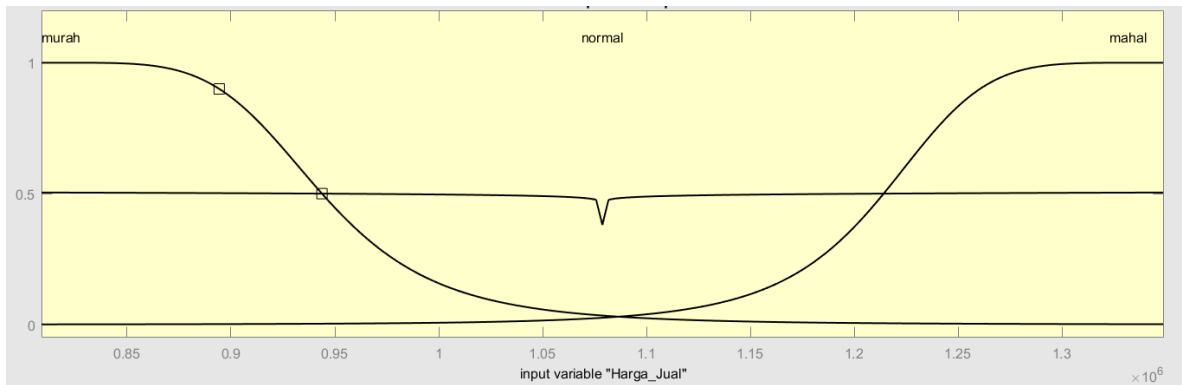
Lanjutan Tabel B4 Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge* NPN 4540

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2019-06	-69	59	-42	-25	61	49	-32	4692	3422	1722	600	3660	2352	992	2158	-1843	1307	772	-1906	-1528
2019-07	-24	65	-66	-32	46	57	20	552	4160	4290	992	2116	3192	380	-458	1258	-1277	-614	897	1102
2019-08	18	68	-58	-65	51	65	31	306	4556	3306	4160	2601	4160	930	534	2059	-1754	-1967	1556	1967
2019-09	-55	67	-26	-21	43	66	20	2970	4422	650	441	1806	4290	380	-1063	1297	-497	-410	829	1277
2019-10	-51	62	53	-65	22	71	46	2550	3782	2756	4160	484	4970	2116	-2323	2829	2415	-2967	1012	3243
2019-11	20	60	71	51	6	61	-7	380	3540	4970	2550	36	3660	42	-127	-387	-458	-328	-39	-393
2019-12	-65	57	60	71	-34	41	-7	4160	3192	3540	4970	1156	1640	42	419	-367	-387	-458	221	-263
2020-01	-57	54	31	63	-5	5	-63	3192	2862	930	3906	25	20	3969	3560	-3371	-1922	-3938	315	-284
2020-02	-56	50	-4	27	-29	-2	37	3080	2450	12	702	812	2	1369	-2054	1832	-130	981	-1055	-56
2020-03	-60	40	9	-20	-45	-23	-63	3540	1560	72	380	1980	506	3969	3749	-2489	-536	1229	2804	1418
2020-04	-3	30	39	53	-22	37	-21	9	870	1482	2756	484	1332	441	63	-620	-809	-1103	462	-767
2020-05	-60	29	52	-17	4	32	-37	3540	812	2652	272	12	992	1332	2172	-1040	-1880	602	-128	-1150
2020-06	19	31	8	-23	43	52	-37	342	930	56	506	1806	2652	1332	-675	-1113	-274	821	-1551	-1880
2020-07	-40	47	-29	-55	71	53	-21	1600	2162	812	2970	4970	2756	441	840	-977	599	1145	-1481	-1103
2020-08	22	53	-8	-54	32	63	-21	462	2756	56	2862	1024	3906	441	-452	-1103	158	1124	-672	-1313
2020-09	-40	56	59	17	70	69	-63	1600	3080	3422	272	4830	4692	3969	2520	-3497	-3686	-1040	-4379	-4316
2020-10	36	52	66	59	30	46	-21	1296	2652	4290	3422	870	2070	441	-756	-1082	-1376	-1229	-620	-956
2020-11	-30	51	67	-41	8	38	-63	870	2550	4422	1640	56	1406	3969	1859	-3182	-4190	2552	-473	-2363
2020-12	-26	49	-21	-36	-5	-59	-63	650	2352	441	1260	25	3422	3969	1607	-3056	1323	2237	315	3686
2021-01	-28	41	-33	46	-16	-61	20	756	1640	1056	2070	256	3660	380	-536	790	-634	887	-312	-1180

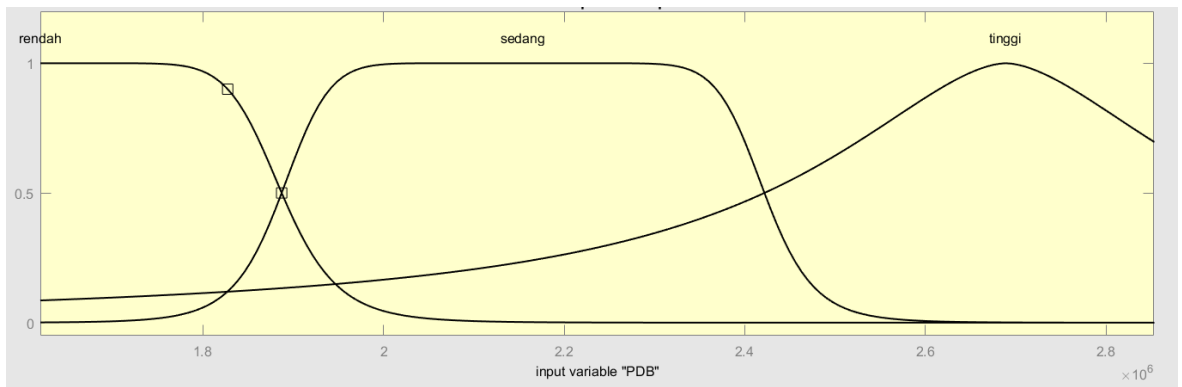
**Lanjutan Tabel B4** Perhitungan Nilai Diferensiasi Ranking Statistik *Demand Cartridge NPN 4540*

YYYY-MM	d							d <sup>2</sup>							dXi*dY					
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y	dX1*dY	dX2*dY	dX3*dY	dX4*dY	dX5*dY	dX6*dY
2021-02	-60	43	-48	70	-3	-56	-14	3540	1806	2256	4830	6	3080	182	803	-574	641	-938	34	749
2021-03	-27	46	-36	41	-27	-20	37	702	2070	1260	1640	729	380	1369	-981	1684	-1314	1499	-999	-722
2021-04	-71	58	-25	65	-15	-9	72	5041	3306	600	4160	210	72	5112	-5077	4111	-1752	4612	-1037	-608
2021-05	21	61	27	-49	9	33	44	420	3660	702	2352	81	1056	1892	892	2632	1153	-2110	392	1414
2021-06	49	63	24	18	-2	43	37	2352	3906	552	306	2	1806	1369	1795	2313	870	648	-56	1573
2021-07	24	64	-15	-65	67	44	49	552	4032	210	4160	4489	1892	2352	1140	3080	-703	-3128	3250	2110
2021-08	54	66	50	7	51	51	69	2862	4290	2450	49	2601	2550	4692	3665	4487	3391	480	3494	3459
2021-09	-52	69	57	52	54	18	55	2652	4692	3192	2652	2916	306	3025	-2833	3768	3108	2833	2970	963
2021-10	-25	70	64	-26	58	47	20	600	4830	4032	650	3306	2162	380	-478	1355	1238	-497	1121	907
2021-11	-29	71	11	23	-53	-40	46	812	4970	110	506	2756	1560	2116	-1311	3243	483	1035	-2415	-1817
2021-12	-54	72	2	72	-54	-32	27	2862	5112	2	5112	2916	992	729	-1445	1931	41	1931	-1458	-851
<b>Sum</b>								<b>241385</b>	<b>248820</b>	<b>248809</b>	<b>248528</b>	<b>248716</b>	<b>248815</b>	<b>247974</b>	<b>-153032</b>	<b>108538</b>	<b>-189</b>	<b>2074</b>	<b>25698</b>	<b>50147</b>

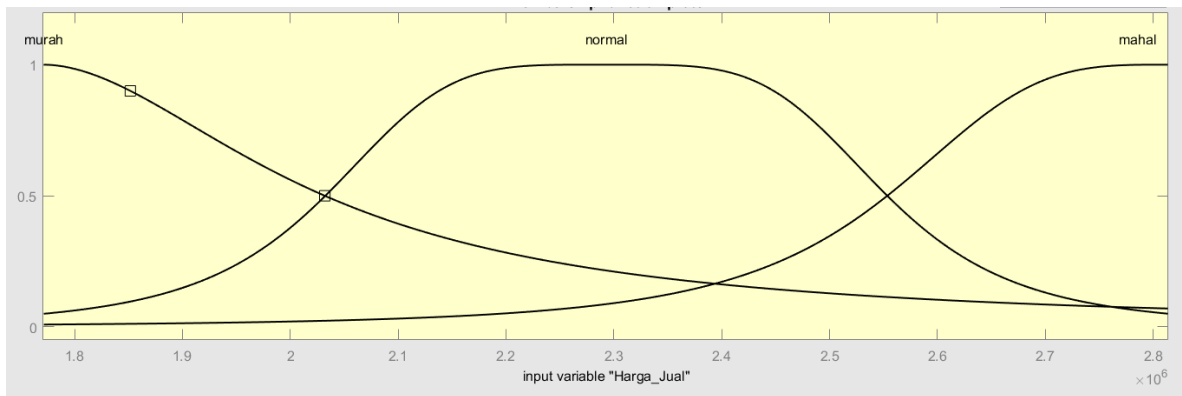
C. Hasil Perancangan ANFIS



**Gambar C1** Fungsi Keanggotaan Variabel Harga Jual NPN 3550

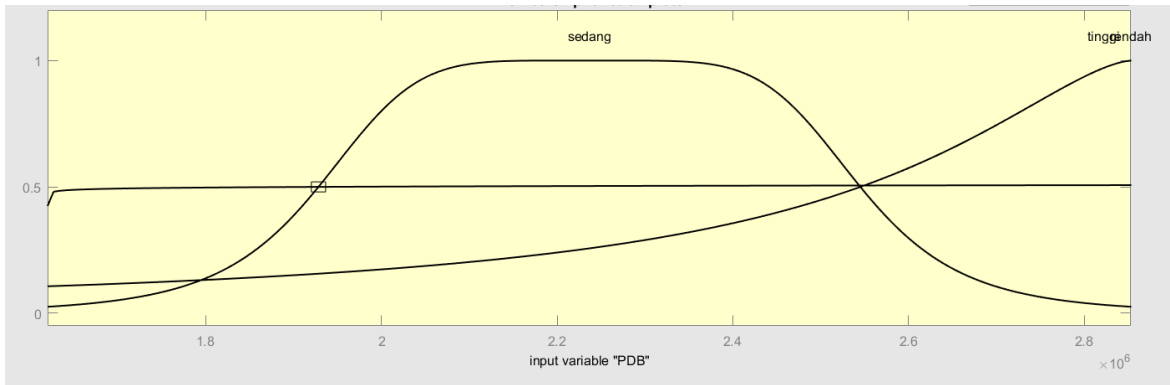


**Gambar C2** Fungsi Keanggotaan Variabel PDB NPN 3550

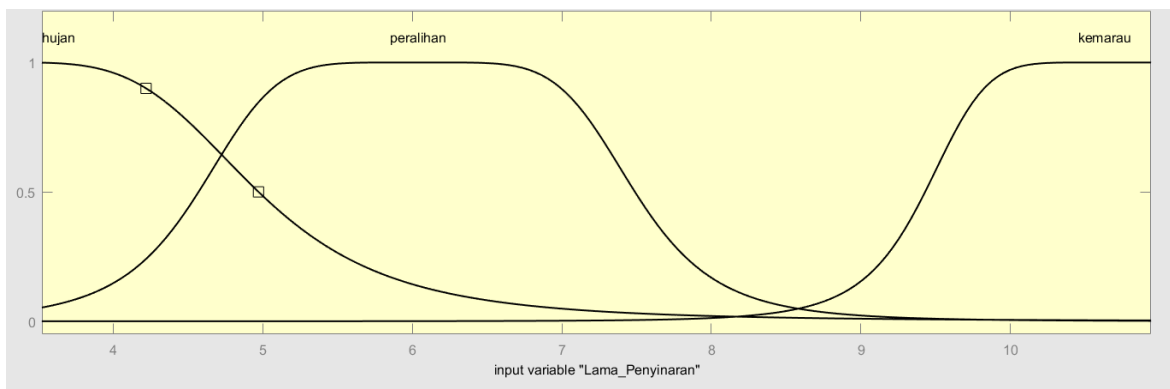


**Gambar C3** Fungsi Keanggotaan Variabel Harga Jual NPN 4540





**Gambar C4** Fungsi Keanggotaan Variabel PDB NPN 4540



**Gambar C5** Fungsi Keanggotaan Variabel Lama Penyinaran Matahari NPN 4540

#### Kode Matlab

```
clear
clc
```

```
dataTrain = readtable('Data
ANFIS.xlsx', 'Format', 'auto', 'Sheet', 1, 'Range', 'B1:E116', 'VariableNamingRule', 'p
reserve');
train = table2array(dataTrain);
```

```
dataTest = readtable('Data
ANFIS.xlsx', 'Format', 'auto', 'Sheet', 1, 'Range', 'B116:E145', 'VariableNamingRule',
'preserve');
test = table2array(dataTest);
```

```
data_eval = readtable('Data
ANFIS.xlsx', 'Format', 'auto', 'Sheet', 1, 'Range', 'B1:D145', 'VariableNamingRule', 'p
reserve');
eval = table2array(data_eval);
evalfis(anfis ,eval)
```

D. Hasil Perhitungan *Moving Average***Tabel D1** Perhitungan *Moving Average*

YYYY-MM	MA NPN 600-319-3550					MA NPN 600-319-4540				
	Aktual	Forecast	Error	MAD	MSE	Aktual	Forecast	Error	MAD	MSE
2011-01	1	1	0.50	0.50	0.25	1	0	0.67	0.67	0.44
2011-02	1	0	0.75	0.75	0.56	5	0	4.58	4.58	21.01
2011-03	1	0	0.67	0.67	0.44	3	1	2.17	2.17	4.69
2011-04	1	0	0.58	0.58	0.34	4	1	2.92	2.92	8.51
2011-05	1	1	0.50	0.50	0.25	4	1	2.58	2.58	6.67
2011-06	1	1	0.42	0.42	0.17	6	2	4.25	4.25	18.06
2011-07	1	1	0.33	0.33	0.11	3	2	0.75	0.75	0.56
2011-08	1	1	0.25	0.25	0.06	13	3	10.50	10.50	110.25
2011-09	0	1	-0.83	0.83	0.69	3	4	-0.58	0.58	0.34
2011-10	1	1	0.17	0.17	0.03	13	4	9.17	9.17	84.03
2011-11	0	1	-0.92	0.92	0.84	5	5	0.08	0.08	0.01
2011-12	0	1	-0.92	0.92	0.84	0	5	-5.17	5.17	26.69
2012-01	0	1	-0.75	0.75	0.56	19	5	14.00	14.00	196.00
2012-02	0	1	-0.67	0.67	0.44	8	7	1.50	1.50	2.25
2012-03	1	1	0.42	0.42	0.17	25	7	18.25	18.25	333.06
2012-04	0	1	-0.58	0.58	0.34	16	9	7.42	7.42	55.01
2012-05	0	1	-0.50	0.50	0.25	11	10	1.42	1.42	2.01
2012-06	0	0	-0.42	0.42	0.17	15	10	4.83	4.83	23.36
2012-07	1	0	0.67	0.67	0.44	19	11	8.08	8.08	65.34
2012-08	0	0	-0.33	0.33	0.11	19	12	6.75	6.75	45.56
2012-09	0	0	-0.25	0.25	0.06	19	13	6.25	6.25	39.06
2012-10	0	0	-0.25	0.25	0.06	14	14	-0.08	0.08	0.01
2012-11	0	0	-0.17	0.17	0.03	8	14	-6.17	6.17	38.03

**Lanjutan Tabel D1** Perhitungan *Moving Average*

YYYY-MM	MA NPN 600-319-3550					MA NPN 600-319-4540				
	Aktual	<i>Forecast</i>	<i>Error</i>	MAD	MSE	Aktual	<i>Forecast</i>	<i>Error</i>	MAD	MSE
2012-12	0	0	-0.17	0.17	0.03	17	14	2.58	2.58	6.67
2013-01	0	0	-0.17	0.17	0.03	14	16	-1.83	1.83	3.36
2013-02	0	0	-0.17	0.17	0.03	12	15	-3.42	3.42	11.67
2013-03	0	0	-0.17	0.17	0.03	15	16	-0.75	0.75	0.56
2013-04	6	0	5.92	5.92	35.01	6	15	-8.92	8.92	79.51
2013-05	10	1	9.42	9.42	88.67	12	14	-2.08	2.08	4.34
2013-06	3	1	1.58	1.58	2.51	12	14	-2.17	2.17	4.69
2013-07	0	2	-1.67	1.67	2.78	10	14	-3.92	3.92	15.34
2013-08	0	2	-1.58	1.58	2.51	8	13	-5.17	5.17	26.69
2013-09	0	2	-1.58	1.58	2.51	11	12	-1.25	1.25	1.56
2013-10	0	2	-1.58	1.58	2.51	11	12	-0.58	0.58	0.34
2013-11	3	2	1.42	1.42	2.01	10	11	-1.33	1.33	1.78
2013-12	5	2	3.17	3.17	10.03	15	12	3.50	3.50	12.25
2014-01	0	2	-2.25	2.25	5.06	13	11	1.67	1.67	2.78
2014-02	2	2	-0.25	0.25	0.06	15	11	3.75	3.75	14.06
2014-03	0	2	-2.42	2.42	5.84	7	12	-4.50	4.50	20.25
2014-04	1	2	-1.42	1.42	2.01	11	11	0.17	0.17	0.03
2014-05	0	2	-2.00	2.00	4.00	16	11	4.75	4.75	22.56
2014-06	2	1	0.83	0.83	0.69	12	12	0.42	0.42	0.17
2014-07	0	1	-1.08	1.08	1.17	13	12	1.42	1.42	2.01
2014-08	0	1	-1.08	1.08	1.17	13	12	1.17	1.17	1.36
2014-09	0	1	-1.08	1.08	1.17	11	12	-1.25	1.25	1.56
2014-10	0	1	-1.08	1.08	1.17	10	12	-2.25	2.25	5.06
2014-11	0	1	-1.08	1.08	1.17	16	12	3.83	3.83	14.69

**Lanjutan Tabel D1** Perhitungan *Moving Average*

YYYY-MM	MA NPN 600-319-3550					MA NPN 600-319-4540				
	Aktual	<i>Forecast</i>	<i>Error</i>	MAD	MSE	Aktual	<i>Forecast</i>	<i>Error</i>	MAD	MSE
2014-12	0	1	-0.83	0.83	0.69	6	13	-6.67	6.67	44.44
2015-01	1	0	0.58	0.58	0.34	7	12	-4.92	4.92	24.17
2015-02	0	1	-0.50	0.50	0.25	1	11	-10.42	10.42	108.51
2015-03	4	0	3.67	3.67	13.44	6	10	-4.25	4.25	18.06
2015-04	0	1	-0.67	0.67	0.44	1	10	-9.17	9.17	84.03
2015-05	0	1	-0.58	0.58	0.34	1	9	-8.33	8.33	69.44
2015-06	0	1	-0.58	0.58	0.34	0	8	-8.08	8.08	65.34
2015-07	0	0	-0.42	0.42	0.17	1	7	-6.08	6.08	37.01
2015-08	1	0	0.58	0.58	0.34	5	6	-1.08	1.08	1.17
2015-09	0	1	-0.50	0.50	0.25	0	5	-5.42	5.42	29.34
2015-10	4	1	3.50	3.50	12.25	1	5	-3.50	3.50	12.25
2015-11	15	1	14.17	14.17	200.69	3	4	-0.75	0.75	0.56
2015-12	0	2	-2.08	2.08	4.34	2	3	-0.67	0.67	0.44
2016-01	1	2	-1.08	1.08	1.17	12	2	9.67	9.67	93.44
2016-02	0	2	-2.08	2.08	4.34	2	3	-0.75	0.75	0.56
2016-03	0	2	-2.08	2.08	4.34	12	3	9.17	9.17	84.03
2016-04	0	2	-1.75	1.75	3.06	5	3	1.67	1.67	2.78
2016-05	8	2	6.25	6.25	39.06	24	4	20.33	20.33	413.44
2016-06	0	2	-2.42	2.42	5.84	30	6	24.42	24.42	596.17
2016-07	8	2	5.58	5.58	31.17	7	8	-1.08	1.08	1.17
2016-08	2	3	-1.08	1.08	1.17	4	9	-4.58	4.58	21.01
2016-09	2	3	-1.17	1.17	1.36	12	9	3.50	3.50	12.25
2016-10	2	3	-1.33	1.33	1.78	17	10	7.50	7.50	56.25
2016-11	9	3	5.83	5.83	34.03	12	11	1.17	1.17	1.36
2016-12	15	3	12.33	12.33	152.11	25	12	13.42	13.42	180.01

**Lanjutan Tabel D1** Perhitungan *Moving Average*

YYYY-MM	MA NPN 600-319-3550					MA NPN 600-319-4540				
	Aktual	<i>Forecast</i>	<i>Error</i>	MAD	MSE	Aktual	<i>Forecast</i>	<i>Error</i>	MAD	MSE
2017-01	0	4	-3.92	3.92	15.34	14	14	0.50	0.50	0.25
2017-02	3	4	-0.83	0.83	0.69	19	14	5.33	5.33	28.44
2017-03	0	4	-4.08	4.08	16.67	35	15	19.92	19.92	396.67
2017-04	20	4	15.92	15.92	253.34	29	17	12.00	12.00	144.00
2017-05	12	6	6.25	6.25	39.06	29	19	10.00	10.00	100.00
2017-06	1	6	-5.08	5.08	25.84	13	19	-6.42	6.42	41.17
2017-07	0	6	-6.17	6.17	38.03	24	18	6.00	6.00	36.00
2017-08	6	6	0.50	0.50	0.25	30	19	10.58	10.58	112.01
2017-09	3	6	-2.83	2.83	8.03	28	22	6.42	6.42	41.17
2017-10	4	6	-1.92	1.92	3.67	32	23	9.08	9.08	82.51
2017-11	0	6	-6.08	6.08	37.01	26	24	1.83	1.83	3.36
2017-12	1	5	-4.33	4.33	18.78	30	25	4.67	4.67	21.78
2018-01	11	4	6.83	6.83	46.69	26	26	0.25	0.25	0.06
2018-02	0	5	-5.08	5.08	25.84	28	27	1.25	1.25	1.56
2018-03	1	5	-3.83	3.83	14.69	33	28	5.50	5.50	30.25
2018-04	0	5	-4.92	4.92	24.17	21	27	-6.33	6.33	40.11
2018-05	0	3	-3.25	3.25	10.56	20	27	-6.67	6.67	44.44
2018-06	0	2	-2.25	2.25	5.06	27	26	1.08	1.08	1.17
2018-07	17	2	14.83	14.83	220.03	42	27	14.92	14.92	222.51
2018-08	1	4	-2.58	2.58	6.67	18	29	-10.58	10.58	112.01
2018-09	3	3	-0.17	0.17	0.03	7	28	-20.58	20.58	423.67
2018-10	6	3	2.83	2.83	8.03	31	26	5.17	5.17	26.69
2018-11	0	3	-3.33	3.33	11.11	33	26	7.25	7.25	52.56
2018-12	14	3	10.67	10.67	113.78	49	26	22.67	22.67	513.78
2019-01	1	4	-3.42	3.42	11.67	15	28	-12.92	12.92	166.84

**Lanjutan Tabel D1** Perhitungan *Moving Average*

YYYY-MM	MA NPN 600-319-3550					MA NPN 600-319-4540				
	Aktual	Forecast	Error	MAD	MSE	Aktual	Forecast	Error	MAD	MSE
2019-02	1	4	-2.58	2.58	6.67	3	27	-24.00	24.00	576.00
2019-03	8	4	4.33	4.33	18.78	15	25	-9.92	9.92	98.34
2019-04	5	4	0.75	0.75	0.56	15	23	-8.42	8.42	70.84
2019-05	12	5	7.33	7.33	53.78	21	23	-1.92	1.92	3.67
2019-06	1	6	-4.67	4.67	21.78	5	23	-18.00	18.00	324.00
2019-07	0	6	-5.75	5.75	33.06	15	21	-6.17	6.17	38.03
2019-08	6	4	1.67	1.67	2.78	17	19	-1.92	1.92	3.67
2019-09	4	5	-0.75	0.75	0.56	15	19	-3.83	3.83	14.69
2019-10	5	5	0.17	0.17	0.03	22	20	2.50	2.50	6.25
2019-11	1	5	-3.75	3.75	14.06	11	19	-7.75	7.75	60.06
2019-12	3	5	-1.83	1.83	3.36	11	17	-5.92	5.92	35.01
2020-01	0	4	-3.92	3.92	15.34	0	14	-13.75	13.75	189.06
2020-02	4	4	0.17	0.17	0.03	19	13	6.50	6.50	42.25
2020-03	0	4	-4.08	4.08	16.67	0	14	-13.83	13.83	191.36
2020-04	0	3	-3.42	3.42	11.67	7	13	-5.58	5.58	31.17
2020-05	0	3	-3.00	3.00	9.00	4	12	-7.92	7.92	62.67
2020-06	0	2	-2.00	2.00	4.00	4	11	-6.50	6.50	42.25
2020-07	1	2	-0.92	0.92	0.84	7	10	-3.42	3.42	11.67
2020-08	1	2	-1.00	1.00	1.00	7	10	-2.75	2.75	7.56
2020-09	0	2	-1.58	1.58	2.51	0	9	-8.92	8.92	79.51
2020-10	2	1	0.75	0.75	0.56	7	8	-0.67	0.67	0.44
2020-11	0	1	-1.00	1.00	1.00	0	6	-6.42	6.42	41.17
2020-12	0	1	-0.92	0.92	0.84	0	6	-5.50	5.50	30.25
2021-01	0	1	-0.67	0.67	0.44	15	5	10.42	10.42	108.51
2021-02	2	1	1.33	1.33	1.78	9	6	3.17	3.17	10.03

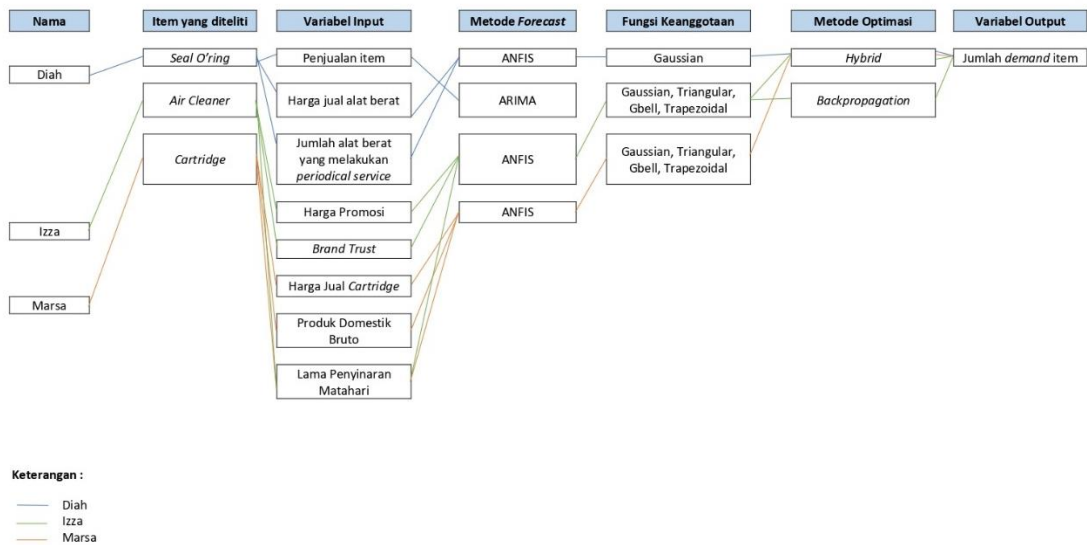
**Lanjutan Tabel D1** Perhitungan *Moving Average*

YYYY-MM	MA NPN 600-319-3550					MA NPN 600-319-4540				
	Aktual	<i>Forecast</i>	<i>Error</i>	MAD	MSE	Aktual	<i>Forecast</i>	<i>Error</i>	MAD	MSE
2021-03	10	1	9.50	9.50	90.25	19	5	14.00	14.00	196.00
2021-04	14	1	12.67	12.67	160.44	75	7	68.42	68.42	4680.84
2021-05	25	3	22.50	22.50	506.25	21	12	8.75	8.75	76.56
2021-06	14	5	9.42	9.42	88.67	19	14	5.33	5.33	28.44
2021-07	22	6	16.25	16.25	264.06	24	15	9.08	9.08	82.51
2021-08	18	8	10.50	10.50	110.25	41	16	24.67	24.67	608.44
2021-09	18	9	9.08	9.08	82.51	27	19	7.83	7.83	61.36
2021-10	8	10	-2.42	2.42	5.84	15	21	-6.42	6.42	41.17
2021-11	8	11	-2.92	2.92	8.51	22	22	-0.08	0.08	0.01
2021-12	0	12	-11.58	11.58	134.17	16	24	-7.92	7.92	62.67

E. Narasumber Perusahaan

1. Nama : Ronald Prio Martono  
 Jabatan : *Head of Parts Department*  
 Lama menjabat : 3 tahun
2. Nama : Hari Putra Raharjo  
 Jabatan : *Parts Analyst*  
 Lama menjabat : 11 tahun
3. Nama : Iwan Kurniawan  
 Jabatan : *Yard Officer*  
 Lama menjabat : 11 tahun
4. Nama : Mochamad Ilyas  
 Jabatan : *Leader Mechanic*  
 Lama menjabat : 10 tahun

F. Peta Riset



Gambar F1 Peta Riset



### G. Implementasi ANFIS pada *Microsoft Excel*

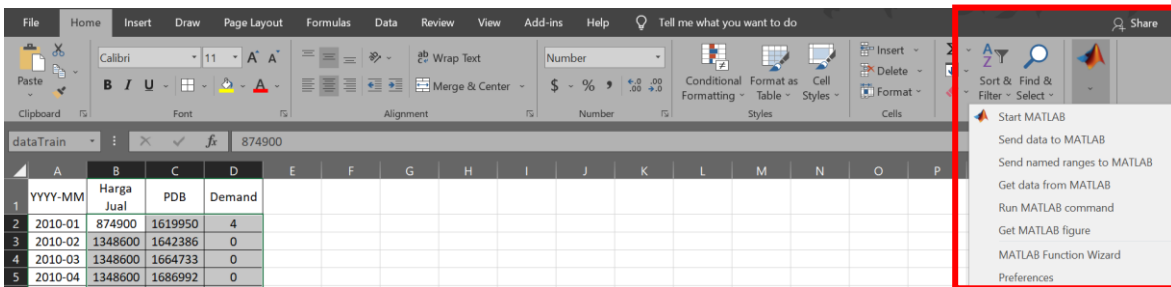
Hasil perancangan model *demand forecast* ANFIS dengan skenario terbaik untuk suku cadang cartridge NPN 600-319-3550 pada software MATLAB R2021b tersedia melalui link berikut ini.

**<https://bit.ly/modelANFIS>**

Pada software Microsoft Excel, untuk menghubungkan dengan software MATLAB maka dapat dilakukan setup Add-In dengan mengikuti langkah-langkah sesuai penjelasan *help center* MATLAB pada link berikut ini.

**<https://www.mathworks.com/help/exlink/add-in-setup-1.html>**

Setelah dilakukan setup maka MATLAB akan muncul pada menu tab home sebagai berikut.



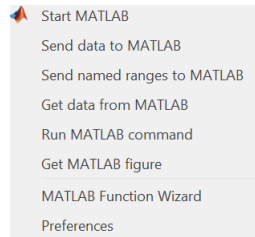
**Gambar G1** Tampilan *Spreadsheet Link 3.4.6 for use with MATLAB and Excel*

Siapkan data yang akan digunakan sebagai data input yang kemudian diberi *name ranges* sesuai pembagian data Training dan data Testing.

1	YYYY-MM	Harga Jual	PDB	Demand
2	2010-01	874900	1619950	4
3	2010-02	1348600	1642386	0
4	2010-03	1348600	1664733	0
5	2010-04	1348600	1686992	0
6	2010-05	1348600	1709162	0
7	2010-06	1348600	1731243	0
8	2010-07	1348600	1768458	0
9	2010-08	1348600	1778945	0
10	2010-09	1348600	1777926	0
11	2010-10	1348600	1742835	0
12	2010-11	1348600	1735729	0
13	2010-12	894900	1734042	2
14	2011-01	970600	1736652	1
15	2011-02	970600	1746645	1
16	2011-03	970600	1762897	1
17	2011-04	970600	1794046	1
18	2011-05	970600	1816341	1
19	2011-06	970600	1838418	1
20	2011-07	970600	1875788	1
21	2011-08	970600	1885800	1
22	2011-09	1348600	1883961	0
23	2011-10	874900	1866300	1

**Gambar G2** Kumpulan Data Input

Kemudian untuk mengirimkan data pada Excel menuju MATLAB, maka dipilih “send named ranges to MATLAB” pada *Add-In* MATLAB.

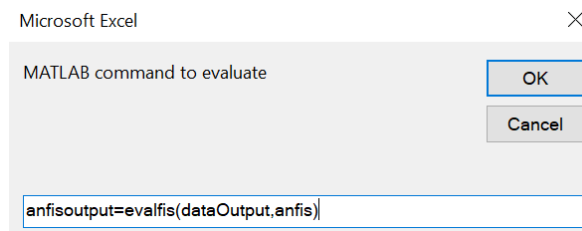


**Gambar G3** *Add-In Matlab*

Setelah data input terkirim pada MATLAB, maka selanjutnya dilakukan *demand forecast* menggunakan model ANFIS terbaik. Hasil perancangan model demand forecast ANFIS dengan skenario terbaik untuk suku cadang cartridge NPN 600-319-3550 pada software MATLAB R2021b tersedia melalui link berikut ini.

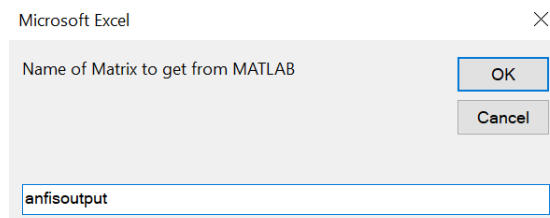
**<https://bit.ly/modelANFIS>**

Selanjutnya pada dilakukan run MATLAB *command* dengan mengetikkan *code* sebagai berikut.



**Gambar G4** *Run Matlab command*

Langkah terakhir yaitu untuk memperoleh hasil *demand forecast* selanjutnya pilih “get data from MATLAB” pada pilihan *Add-In* MATLAB dengan mengetikkan nama matrix “anfisoutput”.



**Gambar G5** *Get data from Matlab*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis yaitu Marsa Adyaninggar Kelasworo, dilahirkan di Surabaya pada 20 April 2000. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari ayah bernama Rinoso Budi dan ibu bernama Hevi Rahmawati, dan memiliki adik bernama Mahendra Wirayudha. Penulis bertempat tinggal di Kota Surabaya, Jawa Timur. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Yasporbi I Pancoran Jakarta Selatan pada tahun 2012, SMPI Al-Azhar Kelapa Gading Surabaya pada tahun 2015, dan SMA Negeri 5 Surabaya pada tahun 2018. Setelah lulus jenjang SMA penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem (FTIRS), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Selama menempuh jenjang sarjana, penulis aktif dalam berbagai macam kegiatan kemahasiswaan dan organisasi intra kampus seperti Asisten Laboratorium Instrumentasi, Kontrol, dan Optimisasi, HMTF ITS, BEM FTI ITS, dan ITS EXPO. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email berikut [marsaadyaninggar20@gmail.com](mailto:marsaadyaninggar20@gmail.com).