



TESIS - TF185471

***DESIGN SOFT SENSOR UNTUK MENGESTIMASI
FORMULA PRODUK PUPUK NPK GRANULASI DI
UNIT NPK 2 GRANULASI PT. PETROKIMIA
GRESIK***

**DENNI FIRMANSYAH
NRP. 02311650010001**

**Dosen Pembimbing
Dr. Katherin Indriawati, ST., MT.**

**Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

DENNI FIRMANSYAH

NRP. 02311650010001

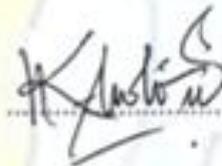
Tanggal Ujian : 16 Januari 2020

Periode Wisuda : Maret 2020

Disetujui oleh :

Pembimbing :

1. Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T.
NIP. 19761223 200501 1 001



Penguji :

2. Dr. Bambang L. Widjiantoro, S.T., M.T.
NIP. 19690507 199512 1 001



3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.
NIP. 19650309 199002 1 001



Kepala Departemen Teknik Fisika,
Fakultas Rekayasa Industri dan Rekayasa Sistem



Dr. Suyanto, S.T., M.T.

NIP. 19711113 199512 1 002

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya kita masih dapat menjalani hidup dengan bahagia sampai saat ini. Salawat serta salam semoga senantiasa terlimpahcurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, keluarga beserta para sahabat.

Tugas akhir yang berjudul “*Soft Sensor untuk Menentukan Formula Pupuk NPK Granulasi di Unit NPK 2 PT. Petrokimia Gresik*” akhirnya dapat peneliti selesaikan. Dalam penyelesaiannya tentu tidak mudah, banyak rintangan dan tantangan yang peneliti hadapi. Butuh waktu dan kerja keras dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tetapi peneliti mampu melaluinya. Apa yang menjadi motivasi peneliti dalam menyelesaikan studi adalah dorongan untuk memberi yang terbaik bagi keluarga, bangsa dan negara. Mudah – mudahan hasil penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi perusahaan umumnya bagi bangsa dan negara.

Tanpa dukungan dan doa dari orang – orang terdekat tentunya peneliti juga tidak dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu peneli ingin mengucapkan terima kasih kepada :

- Dr. Suyanto, S.T., M.T selaku Kepala Departemen Teknik Fisika Fakultas Rekayasa Industri dan Rekayasa Sistem.
- Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah., MT selaku dosen pembimbing akademik peneliti yang telah mengarahkan peneliti selama masa kuliah.
- Dr. Katherin Indriawati, ST.,MT selaku dosen pembimbing tesis yang sudah mencurahkan waktu membimbing peneliti menyelesaikan tugas akhir.
- Dr. Bambang L. Widjiantoro selaku dosen ketua penguji tesis yang sudah memberikan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir.

- Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku dosen penguji tesis yang sudah memberikan masukan dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir.
- Dosen – dosen S2 Teknik Fisika yang peneliti cintai atas ilmu yang telah diberikan kepada peneliti selama masa kuliah.
- Istri dan anak – anak tercinta, Hasbi dan Hamka yang telah mendoakan dan mendukung peneliti dalam menyelesaikan studi.
- Kedua orang tua atas doa dan pendidikan yang sangat berharga sehingga peneliti dapat menjadi seperti sekarang ini.
- Kedua mertua atas doa dan bimbingan yang penuh kasih sayang sehingga peneliti dan keluarga bisa bahagia seperti sekarang ini.
- Teman – teman kuliah S2 Teknik Fisika atas dukungan dan kerja samanya selama masa kuliah.

Sekian prakata dari penulis, terima kasih atas perhatiannya, semoga kebahagiaan dan kesuksesan senantiasa menyertai langkah kita semua.

Gresik, 5 Nopember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
ABSTRAK	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Dasar Teori	7
2.1.1. Proses NPK Granulasi <i>Solid Base</i>	7
2.1.2. <i>Soft Sensor</i>	16
2.1.3. <i>ARX (Auto Regressive Exogenous)</i>	17
2.1.4. Sistem Kontrol (DCS) di Unit NPK 2	19
2.2. Tinjauan Pustaka (<i>State of The Art</i>)	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1. Mengumpulkan Data.....	24
3.2. Menyeleksi Data	26
3.3. <i>Preprocessing</i> Data	27
3.4. Uji Korelasi.....	29
3.5. Menentukan Model (Struktur Model).....	29
3.6. Menentukan Parameter Model dan Validasi.....	32
3.7. Implementasi Model.....	38
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN	42
4.1. Hasil Model dengan Input <i>Flowrate Weight Feeder</i> dan <i>Product</i>	42

4.2. Hasil Model dengan input rasio <i>wheigt feeder</i> terhadap <i>product</i>	45
4.3. Hasil Model dengan Input Rasio <i>Weight Feeder</i> dan <i>Product</i> Terhadap Total <i>Weight Feeder</i>	48
4.4. Implementasi	51
4.5. Validasi Hasil Implementasi	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN A DATA WEIGHT INDICATOR & FORMULA BULAN JUNI 2017.....	57
LAMPIRAN B HASIL MODEL FLOWRATE WEIGHT FEEDER DAN PRODUCT.....	64
LAMPIRAN C HASIL MODEL RASIO WEIGHT FEEDER TERHADAP PRODUCT.....	69
LAMPIRAN D HASIL MODEL RASIO WEIGHT FEEDER DAN PRODUCT TERHADAP TOTAL WEIGH FEEDER.....	77
LAMPIRAN E FUNGSI SCRIPT PROGRAM ARX PADA MATLAB	86
LAMPIRAN F INSERT DATA INPUT DAN OUTPUT PADA MATLAB....	88
LAMPIRAN G TATA CARA EXPORT DATA FLOWRATE WEIGH FEEDER DAN PRODUCT DARI TREND.....	89
LAMPIRAN H TATA CARA BUAT PROGRAM MAPPING PADA UNITY PRO XL	93
LAMPIRAN I TATA CARA MEMBUAT PROGRAM SOFT SENSOR PADA UNITY PROXL	98
LAMPIRAN J TATA CARA PENAMBAHAN VARIABLE TAG PADA VIJEO CITECT.....	100
LAMPIRAN K DATA HASIL IMPLEMENTASI SOFT SENSOR	102

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. Diagram alur proses NPK 2 Granulasi	7
2. Gambar 2.2. Diagram alur proses <i>Raw Material System</i> Unit NPK 2 Granulasi	8
3. Gambar 2.3. Diagram alur proses <i>Feeding System</i> Unit NPK 2 Granulasi ..	9
4. Gambar 2.4. Pemasangan <i>load cell</i> dan <i>proximity</i> pada <i>conveyor</i>	10
5. Gambar 2.5. Diagram alur proses <i>Granulation System</i> Unit NPK 2 Granulasi	13
6. Gambar 2.6. Diagram alur proses <i>Cooling & Finishing System</i> Unit NPK 2 Granulasi	14
7. Gambar 2.7. Diagram alur proses <i>Scrubbing System</i> Unit NPK 2 Granulasi..	16
8. Gambar 2.8. Blok diagram ARX	17
9. Gambar 2.9. Konfigurasi DCS Unit NPK 2 Granulasi	20
10. Gambar 3.1. Diagram alur kegiatan penelitian	24
11. Gambar 3.2. Kurva proses interpolasi data komposisi / formula pupuk	26
12. Gambar 3.3. Kurva <i>flow rate weigh feeder</i> dan <i>final product</i>	27
13. Gambar 3.4. Model <i>soft sensor</i> dengan <i>variable input flowrate weigh feeder dan product</i>	30
14. Gambar 3.5. Model <i>soft sensor</i> dengan <i>variable input rasio weight feeder terhadap product</i>	31
15. Gambar 3.6. Model <i>soft sensor</i> dengan <i>variable input rasio weight feeder dan produk terhadap total weight feeder</i>	32
16. Gambar 4.1. Kurva hasil estimasi dan validasi variasi 1 model <i>flowrate weigh feeder dan product</i> sebagai input	44
17. Gambar 4.2. Kurva hasil estimasi dan validasi variasi 7 model rasio <i>weight feeder terhadap product</i> sebagai input	47
18. Gambar 4.3. Kurva hasil estimasi dan validasi variasi 7 model rasio <i>weigh feeder dan product terhadap total weigh feeder</i> sebagai input	51
19. Gambar F.1 <i>Insert data input pada Matlab</i>	88

20. Gambar F.2 <i>Insert</i> data output pada <i>Matlab</i>	88
21. Gambar G.1. Tombol untuk menampilkan halaman <i>Popup Trend</i>	89
22. Gambar G.2. Tombol <i>Select Trend Pen</i> untuk menampilkan halaman Trend Selection pada setiap <i>Pen</i>	89
23. Gambar G.3. Halaman <i>Trend Selection</i> untuk memanggil tag yang akan Ditampilkan pada halaman <i>Popup Trend</i>,.....	90
24. Gambar G.4. Halaman <i>Popup Trend</i> dengan <i>Pen</i> yang sudah diisi <i>variable</i> <i>Tag weight feeder</i> dan <i>final product</i>	90
25. Gambar G.5. <i>Display New Span Time</i>	91
26. Gambar G.6. Tombol <i>Display history mode</i> dan <i>save</i>	91
27. Gambar G.7. <i>Display save file trend</i>	92
28. Gambar G.8. Tampilan <i>export/save</i> dari <i>Trend</i>	92
29. Gambar H.1. Buat <i>function Mapping</i> untuk program <i>Mapping</i>	93
30. Gambar H.2. <i>Display</i> buat <i>section Timer</i>	93
31. Gambar H.3. Buat <i>function Mapping</i> untuk program <i>timer</i>	94
32. Gambar H.4. <i>Display</i> buat <i>section Mapping</i>	94
33. Gambar I.1. Buat <i>function Soft sensor</i> untuk program <i>Soft sensor</i>	98
34. Gambar I.2. Buat <i>function mapping</i> untuk program <i>Soft sensor</i>	98
35. Gambar I.3. Buat <i>function script calculation</i> untuk program <i>Soft sensor</i> ...	99
36. Gambar I.4. Buat <i>variable tag</i> untuk output <i>function soft sensor</i>	99
37. Gambar I.5. <i>Function Soft_Sensor</i> pada <i>section ARX</i>	99
38. Gambar J.1. <i>Toolbar Tags</i> untuk menampilkan <i>Variable Tags</i>	100
39. Gambar J.2. Tampilan halaman <i>Variable Tags</i> untuk mendaftarkan <i>Variable Tag</i>	100
40. Gambar J.3. <i>Toolbar Tags</i> untuk menampilkan <i>Trend Tags</i>	101
41. Gambar J.4. Tampilan halaman <i>Trend Tags</i> untuk mendaftarkan <i>Trend Tag</i>	101

DAFTAR TABEL

1. Tabel 1.1. Daftar Pabrik di PT. Petrokimia Gresik	2
2. Tabel 2.1. Kadar N, P dan K pada masing – masing bahan baku	11
3. Tabel 2.2. Spesifikasi <i>hardware</i> DCS Unit NPK 2	19
4. Tabel 3.1. Data hasil <i>export input variable</i> dari <i>trending</i>	23
5. Tabel 3.2. Data formula/komposisi N, P dan K hasil uji laboratorium.....	25
6. Tabel 3.3. Kategori nilai uji korelasi	29
7. Tabel 3.4. Model – model percobaan <i>soft sensor</i> dengan 6 input 3 output yang akan diuji	35
8. Tabel 3.5. Model – model percobaan <i>soft sensor</i> dengan 5 input 3 output yang akan diuji	36
9. Tabel 4.1. Hasil uji korelasi <i>flowrate Weigh Feeder</i> dan <i>Product</i> terhadap uji labolatorium	42
10. Tabel 4.2. Hasil estimasi dan validasi dengan nilai <i>fitness</i> terbaik pada model – model <i>soft sensor</i> dengan input <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i>	43
11. Tabel 4.3. Hasil uji korelasi rasio <i>weigh feeder</i> dengan <i>product</i> terhadap uji labolatorium	45
12. Tabel 4.4. Hasil estimasi dan validasi nilai <i>fitness</i> terbaik model – model <i>soft sensor</i> dengan input rasio <i>weigh feeder</i> terhadap <i>product</i>	46
13. Tabel 4.5. Hasil uji korelasi rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> dengan total <i>weight feeder</i> terhadap uji labolatorium	48
14. Tabel 4.6. Hasil estimasi dan validasi model – model percobaan <i>soft sensor</i> dengan nilai <i>fitness</i> terbaik	50
15. Tabel A.1 Data <i>weigh indicator</i> dan formula 3 - 10 Juli 2017	57
16. Tabel B.1. Data hasil percobaan variasi 1 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	65
17. Tabel B.2. Data hasil percobaan 2 variasi 1 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	65

18. Tabel B.3. Data hasil percobaan 1 variasi 2 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	66
19. Tabel B.4. Data hasil percobaan 2 variasi 2 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	66
20. Tabel B.5. Data hasil percobaan 1 variasi 3 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	67
21. Tabel B.6. Data hasil percobaan 2 variasi 3 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	67
22. Tabel B.7. Data hasil percobaan 1 variasi 4 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	68
23. Tabel B.8. Data hasil percobaan 2 variasi 4 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	68
24. Tabel B.9. Data hasil percobaan 1 variasi 5 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	69
25. Tabel B.10. Data hasil percobaan 2 variasi 5 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	69
26. Tabel B.11. Data hasil percobaan 1 variasi 6 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	70
27. Tabel B.12. Data hasil percobaan 2 variasi 6 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	70
28. Tabel B.13. Data hasil percobaan 1 variasi 7 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	71
29. Tabel B.14. Data hasil percobaan 2 variasi 7 model <i>flowrate weigh feeder</i> dan <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	71
30. Tabel C.1. Data hasil percobaan 1 variasi 1 model rasio <i>weigh feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	72
31. Tabel C.2. Data hasil percobaan 2 variasi 1 model rasio <i>weigh feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	72
32. Tabel C.3. Data hasil percobaan 1 variasi 2 model rasio <i>weigh feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	73
33. Tabel C.4. Data hasil percobaan 2 variasi 2 model rasio <i>weigh feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	73

34. Tabel C.5. Data hasil percobaan 1 variasi 3 model rasio <i>weight feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	74
35. Tabel C.6. Data hasil percobaan 2 variasi 3 model rasio <i>weight feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	74
36. Tabel C.7. Data hasil percobaan 1 variasi 4 model rasio <i>weight feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	75
37. Tabel C.8. Data hasil percobaan 2 variasi 4 model rasio <i>weight feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	75
38. Tabel C.9. Data hasil percobaan 1 variasi 5 model rasio <i>weight feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	76
39. Tabel C.10. Data hasil percobaan 2 variasi 5 model rasio <i>weight feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	76
40. Tabel C.11. Data hasil percobaan 1 variasi 6 model rasio <i>weigh feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	77
41. Tabel C.12. Data hasil percobaan 2 variasi 6 model rasio <i>weigh feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	77
42. Tabel C.13. Data hasil percobaan 1 variasi 7 model rasio <i>weigh feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	78
43. Tabel C.14. Data hasil percobaan 2 variasi 7 model rasio <i>weigh feeder</i> terhadap <i>product</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	78
44. Tabel D.1. Data hasil percobaan 1 variasi 1 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	79
45. Tabel D.2. Data hasil percobaan 2 variasi 1 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	79
46. Tabel D.3. Data hasil percobaan 1 variasi 2 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	80
47. Tabel D.4. Data hasil percobaan 2 variasi 2 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ...	80
48. Tabel D.5. Data hasil percobaan 1 variasi 3 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ...	81
49. Tabel D.6. Data hasil percobaan 2 variasi 3 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ...	81

50. Tabel D.7. Data hasil percobaan 1 variasi 4 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ...	82
51. Tabel D.8. Data hasil percobaan 2 variasi 4 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ...	82
52. Tabel D.9. Data hasil percobaan 1 variasi 5 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i>	83
53. Tabel D.10. Data hasil percobaan 2 variasi 5 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ..	83
54. Tabel D.11. Data hasil percobaan 1 variasi 6 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ..	84
55. Tabel D.12. Data hasil percobaan 2 variasi 6 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ..	84
56. Tabel D.13. Data hasil percobaan 1 variasi 7 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ..	85
57. Tabel D.14. Data hasil percobaan 2 variasi 7 model rasio <i>weigh feeder</i> dan <i>product</i> terhadap total <i>weigh feeder</i> sebagai input <i>soft sensor</i> ...	85
58. Tabel K.1. Tabel data hasil uji laboratorium, <i>soft sensor</i> dan <i>weigh indicator</i> Bulan November 2019.....	102

ABSTRAK

Judul : *Soft sensor* untuk mengestimasi komposisi produk pupuk NPK Granulasi di Unit NPK 2 PT. Petrokimia Gresik
Oleh : Denni Firmansyah (02311650010001)
Pembimbing : Dr. Katherin Indriawati,ST.,MT

PT. Petrokimia Gresik adalah perusahaan yang bergerak dibidang produksi pupuk dan bahan kimia. Berdasarkan prosesnya, produksi pupuk NPK Granulasi ini terbagi dalam dua proses, *solid base* dan *liquid base*. *Solid base* adalah proses produksi pupuk NPK Granulasi yang hanya melibatkan proses fisis (*mixing*) saja dengan bahan baku berbentuk solid saja. Permasalahan yang dihadapi adalah untuk mengetahui formula pupuk yang dihasilkan harus melalui uji laboratorium yang membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu 1,5 – 2 jam. Sementara pengambilan *sample* untuk uji laboratorium dilakukan setiap 4 jam sekali. Dengan demikian saat operator melakukan *adjustmen* (penyesuaian) pada *set point* dari masing – masing *conveyor* sesuai data yang diperoleh, *set point* mungkin sudah tidak sesuai dengan kondisi pada saat itu. Berangkat dari permasalahan tersebut, dibutuhkan suatu alat atau metode untuk mengukur formula (komposisi) pupuk NPK Granulasi yang murah dan mudah, yaitu dengan merancang *soft sensor* untuk menentukan komposisi produk secara *on line*.

Variable input yang digunakan pada *soft sensor* adalah laju aliran *weigh feeder* (DAP, urea, KCl, clay, ZA) dan produk. Variable output yang diestimasi adalah persentase N, P dan K dari produk pupuk NPK Granulasi. Model *soft sensor* yang digunakan dalam penelitian ini adalah ARX (*Auto Regressive Exogenous*) dan metode yang digunakan untuk menentukan parameter model adalah LSM (*Least Square Method*). Untuk mengetahui tingkat pengaruh variable input terhadap variable output peneliti melakukan uji korelasi. Untuk mendapatkan model *soft sensor* yang memiliki nilai *fitness* / VAF (*Variance Accounted For*) terbaik peneliti membuat tiga struktur model *soft sensor* diantaranya adalah model laju aliran *weight feeder* dan *product* sebagai input, model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input dan model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input.

Berdasarkan hasil estimasi dan validasi model *soft sensor* yang memiliki nilai *fitness* terbaik adalah model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input. Dengan nilai kebenaran (*fitness*) terbaik yang dapat dicapai adalah 99,32 untuk N, 99,55 untuk P dan 99,62 untuk K.

Kata kunci : Pupuk NPK Granulasi, komposisi, *soft sensor*, ARX.

ABSTRACT

Judul : Soft sensor to estimate content NPK Granulation fertilizer product at NPK 2 Plant PT. Petrokimia Gresik
Oleh : Denni Firmansyah (02311650010001)
Pembimbing : Dr. Katherin Indriawati, ST., MT

PT. Petrokimia Gresik is company which produce fertilizer and chemistry material. Based on process, NPK Granulation fertilizer product is divided two processes, solid base process and liquid base process. Solid base process is NPK Granulation fertilizer production process which involve only phsical process (mixing) using solid raw material. The problem is to know fertilizer content through only laboratory test that needs long time, 1,5 – 2 hours. While sample taking for laboratory testing was done every 4 hours. So when operator did adjustment to set point each of feeding conveyer in accordance with obtained data, set point may uncorrect in accordance with current condition. Based on the problem, was needed an equipment or method to measure content of NPK Granulation fertilizer which is cheap and easy, one is to design soft sensor to estimate content of product on line.

Variables input that used in soft sensor are weigh feeder (DAP, urea, KCl, clay, ZA) and product. Variables output that estimated are N, P and K percentage of NPK Granulation fertilizer product. Soft sensor model that used in this research is ARX (Auto Regressive Exogenous) and method that used to estimate model parameter is LSM (Least Square Method). To know the impact level of variable input to variable output researcher do correlation testing. To get soft sensor model that has the best fitness / VAF (Variance Accounted For) value researcher create three soft sensor model structures they are model weight feeder and product flowrate as input, model ratio weight feeder to product, model ratio weight feeder and product to total weigh feeder as input.

Based on estimation and validation soft sensor which has the best fitness value is model ratio weight feeder and product to total weight feeder as input. The best fitness values that reached are 99,32 for N, 99,54 for P and 99,62 for K.

Kata kunci : Pupuk NPK Granulasi, composition, soft sensor, ARX.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Petrokimia Gresik adalah perusahaan yang bergerak dibidang produksi pupuk dan bahan kimia lainnya. Sebagai produsen pupuk terbesar dan terlengkap di Indonesia, PT. Petrokimia Gresik berkomitmen untuk meningkatkan efisiensi, kualitas dan kuantitas produksinya. Agar dapat meningkatkan efisiensi, kualitas dan kuantitas produk, setiap karyawan dituntut untuk melakukan inovasi di berbagai bidang khususnya teknologi.

Perusahaan yang berdiri pada tahun 1972 ini terbagi ke dalam 3 pabrik yaitu Pabrik 1, Pabrik 2 dan Pabrik 3. Pabrik 1 terdiri dari Unit Ammonia 1, pabrik Unit 1, Utilitas 1 (cooling tower dan GTG), Unit Ammonia 2 (dalam proses), Unit Urea 2 (dalam proses) dan Utilitas 2 (dalam proses). Pabrik 2 terdiri dari Unit NPK 1, NPK 2, NPK 3, NPK 4, Phonska 1, Phonska 2, Phonska 3, Phonska 4, PF 1, ZK 1, ZK 2 dan Utilitas (SP 36 dan Ammonia Storage Tank). Dan Pabrik 3 terdiri dari SA 1, SA 2, PA 1, PA 2, ZA 1, ZA 2, dan UBB. Lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Salah satu produk unggulan PT. Petrokimia Gresik adalah pupuk NPK Granulasi. Pupuk NPK Granulasi ini merupakan pupuk majemuk karena mengandung berbagai unsur yang dibutuhkan oleh tanaman seperti nitrogen, phosphate, kalium, sulfur dan lainnya. Berdasarkan komposisinya pupuk NPK Granulasi ini terbagi ke dalam dua jenis. Pertama adalah pupuk NPK Phonska (Granulasi) yang merupakan pupuk subsidi. Pupuk NPK Phonska memiliki formula/komposisi yang tetap yaitu 15-15-15 atau disebut juga *triple fifteen*. Kedua adalah pupuk NPK Kebomas (granulasi) yang memiliki formula/komposisi yang tidak tetap, tergantung pesanan. Pupuk ini merupakan pupuk nonsubsidi.

Tabel 1.1. Daftar Pabrik di PT. Petrokimia Gresik

No.	Pabrik	Unit	Produk	Kapasitas
1.	Pabrik 1	Ammonia 1	Ammonia	500.000 T/tahun
		Urea 1	Pupuk Urea	500.000 T/tahun
		Cooling Tower 1	Cold Water	
		GTG 1 (Gas Turbine Generator)	Daya (Power)	25 MW
		Ammonia 2	Ammonia	500.000 T/tahun
		Urea 2	Pupuk Urea	500.000 T/tahun
		Cooling Tower 2	Cold Water	
		GTG 2 (Gas Turbine Generator)	Daya (Power)	25 MW
2.	Pabrik 2	NPK 1	Pupuk NPK Kebomas	70.000 T/tahun
		NPK 2	Pupuk NPK Kebomas	100.000 T/tahun
		NPK 3	Pupuk NPK Kebomas	100.000 T/tahun
		NPK 4	Pupuk NPK Kebomas	100.000 T/tahun
		Phonska 1	Pupuk NPK Phonska	500.000 T/tahun
		Phonska 2	Pupuk NPK Phonska	600.000 T/tahun
		Phonska 3	Pupuk NPK Phonska	600.000 T/tahun
		Phonska 4	Pupuk NPK Phonska	600.000 T/tahun
		PF 1	Pupuk SP36	600.000 T/tahun
		TK701A	PA Storage Tank	5000 T
		TK701B	PA Storage Tank	5000 T
		TK701C	PA Storage Tank	5000 T
		TK701D	PA Storage Tank	5000 T
		06TK801	Ammonia Storage Tank	10.000 T
		11TK801	Ammonia Storage Tank	10.000 T
		25TK801	Ammonia Storage Tank	10.000 T
32TK801	Ammonia Storage Tank	20.000 T		
3.	Pabrik 3	PA 1	Asam Phosphate	500.000 T/tahun
		PA 2	Asam Phosphate	500.000 T/tahun
		SA 1	Asam Sulfat	500.000 T/tahun
		SA 2	Asam Sulfat	500.000 T/tahun
		ZA 1	Pupuk Ammonium Sulfat	500.000 T/tahun
		ZA 2	Pupuk Ammonium Sulfat	500.000 T/tahun
		UBB (Unit Batu Bara)	Daya (Power)	32 MW

Berdasarkan prosesnya, produksi pupuk NPK Granulasi ini terbagi kedalam dua proses, *solid base* dan *liquid base*. *Solid base* adalah proses produksi pupuk NPK Granulasi yang hanya melibatkan proses fisis (*mixing*) saja. Bahan baku yang digunakan pada proses *solid base* hanya berbentuk solid. Sementara pada *liquid base* melibatkan dua proses, proses fisis dan proses kimia (reaksi). Dan bahan baku yang digunakan tidak hanya berbentuk solid tetapi juga liquid.

Unit yang menggunakan proses *liquid base* adalah Phonska 1, Phonska 2, Phonska 3 dan Phonska 4. Unit – unit tersebut hanya memproduksi pupuk NPK Phonska yang merupakan pupuk subsidi dengan formula tetap (15-15-15). Kerumitan proses pada unit inilah yang membuat unit – unit tersebut kurang fleksibel dalam memproduksi pupuk NPK Kebomas dengan formula yang berbeda – beda. Sedangkan unit yang menggunakan *solid base* adalah unit NPK 1, NPK 2, NPK 3 dan NPK 4. Selain memproduksi pupuk NPK Phonska dengan formula 15-15-15, unit dengan *solid base* juga dapat memproduksi pupuk NPK Kebomas dengan formula yang variatif sesuai dengan pesanan.

Setiap formula pupuk NPK Kebomas memiliki tingkat kesulitan yang berbeda – beda. Produk pupuk NPK Granulasi dikatakan sukses apabila memiliki formula dan ukuran granul sesuai yang diinginkan. Salah satu dari parameter tersebut tidak terpenuhi, produk tersebut dikatakan gagal. Dalam proses *solid base* ada dua sistem yang menentukan kesuksesan produk, yaitu *feeding system* dan *granulation system*. *Feeding system* berperan penting dalam menentukan kesuksesan formula dan *granulation system* berperan penting dalam proses granulasi (pembutiran).

Saat ini, untuk mengetahui formula/komposisi pupuk yang dihasilkan harus melalui uji laboratorium yang membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu 1,5 – 2 jam. Sementara pengambilan *sample* untuk uji laboratorium dilakukan setiap 4 jam sekali. Hal inilah yang menyulitkan operator untuk memproduksi pupuk NPK Granulasi sesuai dengan formula yang diinginkan. Sehingga komposisi pupuk dalam rentang waktu 4 jam tidak diketahui.

Karena data formula yang diperoleh dari hasil uji laboratorium adalah formula produk yang dihasilkan 1,5 – 2 jam yang lalu. Dengan demikian ketika

operator melakukan *adjustmen* (penyesuaian) pada *set point* dari masing – masing *conveyor* sesuai data hasil laboratorium, nilai *set point* tersebut mungkin sudah tidak tepat lagi karena kondisi pada saat itu sudah berubah. Hal inilah yang mengakibatkan waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh produk pupuk NPK Granulasi sesuai formula (*operation mood*) yang diinginkan membutuhkan waktu yang lama (dapat mencapai 3 hari).

1.2. Permasalahan

Selama proses *adjustment* (penyesuaian) untuk memperoleh pupuk dengan formula yang diinginkan, perusahaan banyak mengalami *loses* (kehilangan) atau rugi. Kehilangan atau kerugian tersebut antara lain :

1) Kerugian waktu

Waktu yang dibutuhkan selama proses *adjustment* (penyesuaian) terbuang sia – sia. Karena selama itu produk yang dihasilkan tidak sesuai dan diproses kembali.

2) Kerugian energi

Untuk menjalankan unit dibutuhkan energi. Energi yang digunakan selama proses *adjustment* (penyesuaian) tidak efisien dibanding dengan produk yang dihasilkan.

3) Kerugian biaya

Biaya yang dikeluarkan selama proses *adjustment* (penyesuaian) meliputi biaya energi dan biaya produksi. Selain itu juga produk yang memiliki formula tidak sesuai dengan yang diinginkan akan dikembalikan oleh konsumen dan direproses (proses ulang).

Oleh karena itu pengukuran secara *on line* – menggantikan analisis laboratorium – terhadap komposisi produk yang dihasilkan sangat dibutuhkan. Saat ini telah ada sensor yang digunakan untuk mengukur formula (komposisi) dari produk pupuk NPK Granulasi secara *on line* yaitu menggunakan sinar gama yang merupakan sinar radioaktif. Namun demikian dibutuhkan biaya investasi yang besar untuk menerapkannya. Harga *hard sensor* dengan menggunakan sinar radioaktif (sinar gama) yang dapat mengukur secara *on line* ± 7 miliar rupiah

sedangkan yang *portable* ± 700 juta rupiah. Selain itu juga kurang *reliable* (handal) jika dipasang di lapangan karena kondisi lapangan yang berdebu.

Berangkat dari latar belakang di atas penelitian tesis ini mengangkat masalah pembuatan *soft sensor* yang digunakan untuk menentukan formula (komposisi) pupuk NPK Granulasi secara murah dan mudah.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun *soft sensor* untuk menentukan formula produk pupuk NPK Granulasi yang diintegrasikan dengan DCS sehingga dapat mempermudah operator dalam memproduksi pupuk NPK Granulasi.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian tidak terlalu meluas, peneliti memberikan batasan – batasan dalam penelitian ini, antara lain

- 1) Penelitian ini hanya meninjau kesetimbangan massa sehingga input *soft sensor* adalah hasil pengukuran *weigh indicator* pada masing – masing *feeding conveyor* dan *final product conveyor*.
- 2) Model yang digunakan pada penelitian ini adalah LARX (*linear autoregressive exogenous*).
- 3) Hasil uji laboratorium digunakan sebagai nilai benar dalam proses validasi *soft sensor*.
- 4) Sistem yang ditinjau adalah sistem *open loop* (terbuka) bukan sistem *close loop* (tertutup).

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat antara lain

- 1) Dapat meningkatkan peluang kesuksesan produk dengan memberikan informasi formula produk yang dihasilkan secara cepat dan kontinu.
- 2) Dapat meningkatkan efisiensi dengan mengurangi produk yang harus diproses kembali karena produk yang dihasilkan memiliki formula atau ukuran butir yang tidak sesuai dengan yang diinginkan.

- 3) Dapat mendorong kemajuan di bidang teknologi khususnya PAC/DCS yang digunakan untuk mengoperasikan dan memonitor unit produksi dalam menghasilkan produk yang berkualitas.
- 4) Dapat meningkatkan laba perusahaan dengan meningkatnya efisiensi.

BAB II

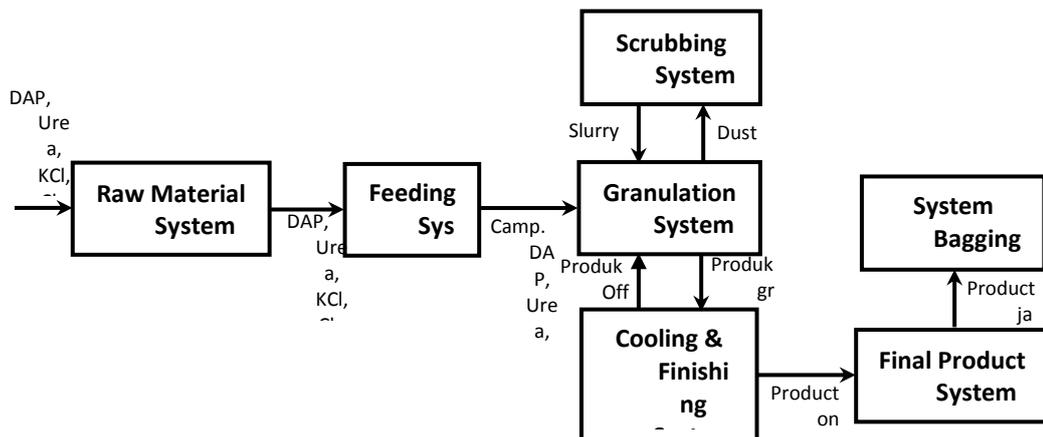
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Teori

2.1.1. Proses NPK 2 Granulasi *Solid Base*

NPK 2 Granulasi *Solid Base* adalah salah unit yang memproduksi pupuk majemuk NPK dalam bentuk granul (butir) yang menggunakan proses *solid base*. Dikatakan *solid base* karena bahan baku yang digunakan dalam proses produksi berbentuk solid semua. Bahan baku tersebut antara lain DAP (Dwiammonium Phosfat), Urea, KCl, Clay (tanah liat) dan ZA (Ammonium Sulfat).

Unit produksi ini terbagi ke dalam beberapa area diantaranya adalah *Raw Material System*, *Feeding System*, *Granulation System*, *Cooling and Finishing System*, *Scrubbing System*, *Final Product System* dan *Bagging System*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.

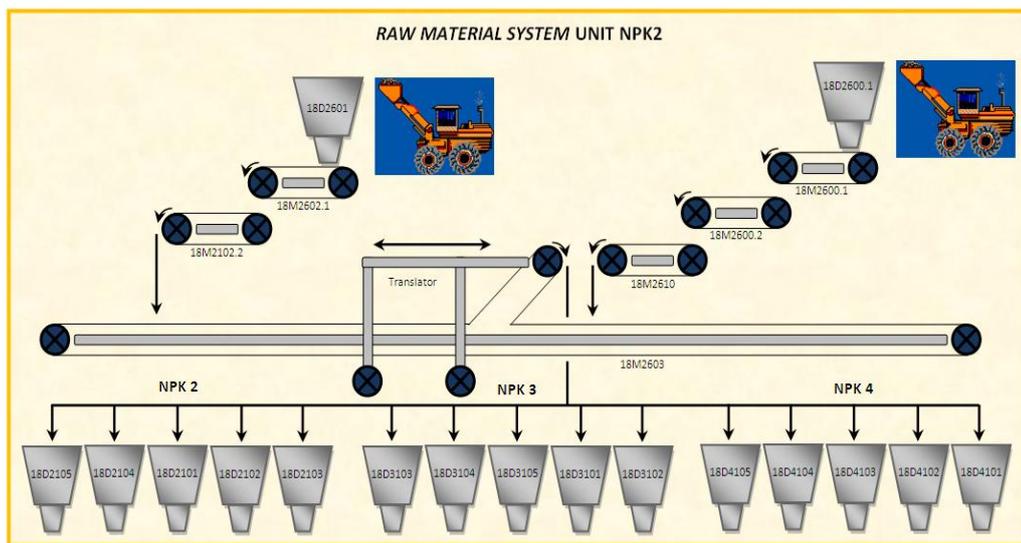


Gambar 2.1. Diagram alur proses NPK 2 Granulasi

Berikut akan dibahas masing – masing area pada Unit NPK 2 Granulasi secara terperinci.

A. Raw Material System

Raw material system adalah kumpulan peralatan yang berfungsi mentransfer bahan baku dari gudang *raw material* ke *feeding system*. *Raw material system* terbagi ke dalam dua bagian yang bersifat *redundancy* (bergantian) untuk pengisian bahan baku pada *feeding system*. Bagian pertama adalah material ditransfer melalui 18M2600.1, 18M2600.2, 18M2610 dan 18M2603. Bagian kedua material ditransfer melalui 18M2602.1, 18M2602.2 dan 18M2603. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram alir proses *Raw Material System* Unit NPK 2 Granulasi

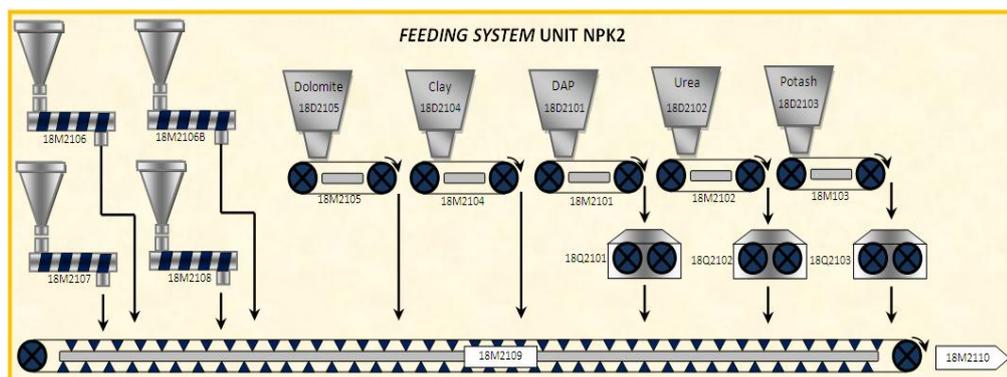
Pembagian tersebut bertujuan agar pada saat terjadi kerusakan *conveyor* pada salah satu sistem, proses pengisian bahan baku dapat tetap dilakukan melalui sistem yang lain. Sehingga proses produksi tidak mengalami *shut down* yang disebabkan tidak ada pasokan bahan baku. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3.2, *raw material system* ini juga tidak hanya mentransfer bahan baku untuk Unit NPK 2 Granulasi, tetapi juga Unit NPK 3 Granulasi dan Unit NPK 4 Granulasi. Artinya, *raw material system* memiliki peran yang sangat penting dalam menyokong berjalannya proses produksi.

Bahan baku seperti DAP, Urea, KCl, *Clay* dan ZA dari gudang bahan baku (*raw material*) ditransfer melalui *raw material system* secara bergantian. Pada

18M2603 terdapat translator yang berfungsi untuk mengarahkan material ke *hooper* yang dikehendaki. Pada saat *hooper* 18D2101 kosong, DAP akan ditransfer dari gudang *raw material* dan dimasukkan ke dalam *hooper* 18D2101 sampai terisi penuh. Setelah penuh, proses pengisian akan berhenti, translator akan diarahkan ke *hooper* lain yang masih kosong. Jenis bahan baku yang ditransfer dari gudang akan disesuaikan dengan *hooper* yang kosong.

B. Feeding System

Feeding system berperan penting dalam kesuksesan produk. Sebagaimana telah dijelaskan pada bab pertama, bahwa *feeding system* berperan penting dalam menentukan formula produk. *Feeding system* terdiri dari lima *conveyor* utama. Kelima *conveyor* tersebut antara lain 18M2101, 18M2102, 18M2103, 18M2104 dan 18M2105. Masing – masing *conveyor* ini dilengkapi dengan *weigh indicator* dan *close loop control system*. Sehingga operator dapat mengendalikan *feeding conveyor* secara otomatis dan manual dengan *set point* sesuai produk (formula) yang diinginkan.



Gambar 2.3. Diagram alir proses *Feeding System* Unit NPK 2 Granulasi

Bahan – bahan utama untuk membuat pupuk NPK Granulasi antara lain DAP (*diammonium phosphate*), Urea, Clay (tanah liat), KCl (*potash*), ZA (*dolomite*). Sebelum dimasukkan ke dalam proses (granulator) DAP, Urea dan Potash dimasukkan ke dalam *crusher* (penghancur) agar memiliki ukuran butir yang lebih halus. Tujuannya adalah untuk memudahkan pencampuran sehingga

produk yang dihasilkan lebih homogen. *Crusher* tersebut antara lain 18Q2101, 18Q2102 dan 18Q2103. Sementara dolomite dan *clay* (tanah liat) tidak melalui proses penghancuran karena sudah memiliki ukuran butir yang halus. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Weigh indicator berfungsi untuk mengukur jumlah bahan baku dari setiap *feeding conveyor* yang akan diproses menjadi pupuk. Akurasi dari *weigh indicator* pada setiap *conveyor* menentukan komposisi produk yang dihasilkan. Sensor yang digunakan pada *weigh indicator* adalah *load cell* dan *proximity*. *Load cell* digunakan untuk mengukur berat material pada *belt conveyor* dan *proximity* digunakan untuk mengukur kecepatan *conveyor*. Banyak faktor yang mempengaruhi akurasi *weigh indicator*, salah satunya tegangan *belt conveyor*. Bagaimana instalasi dari *proximity* dan *load cell* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Pemasangan *load cell* dan *proximity* pada *conveyor*

Adapun *screw* 18M2106, M2106B, M2107 dan M2108 digunakan untuk mengumpan (*feed*) bahan tambahan seperti *micronutrient*. *Screw* tersebut tidak mesti digunakan, tergantung pesanan dari konsumen. Masing – masing *motorscrew* dilengkapi dengan VSD (*variable speed drive*), sehingga kecepatan putarnya dapat diubah secara manual (*open loop control system*) sesuai yang diinginkan.

Bahan baku (DAP, Urea, KCl, *Clay* dan ZA) dan tambahan dimasukkan menjadi satu ke *drag conveyor* 18M2109. Berbentuk *drag* tujuannya untuk pencampuran setiap bahan baku agar produk yang dihasilkan lebih homogen. Jadi 18M2109 selain berfungsi untuk mentransfer juga berfungsi sebagai *mixer* (pencampur).

Untuk menentukan berapa jumlah (*set point*) masing – masing bahan baku agar sesuai dengan formula yang diinginkan, harus mengetahui kadar N, P dan K pada masing – masing bahan baku, lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kadar N, P dan K pada masing – masing bahan baku

No.	Jenis bahan baku	Rumus Kimia	Kadar (%)			
			N	P	K	S
1.	DAP	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	18	46	-	-
2.	Urea	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	46	-	-	-
3.	KCl	KCl	-	-	60	-
4.	Clay		-	-	-	-
5.	ZA	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21	-	-	24

Berikut ini adalah cara perhitungan untuk menentukan *set point* pada masing – masing *feeding conveyor* dengan formula dan *rate product* tertentu.

$$\dot{m}_{DAP} = \frac{F_P}{46} \times \dot{m}_{Produk} \quad (2.1)$$

$$\dot{m}_{ZA} = \frac{F_S}{24} \times \dot{m}_{produk} \quad (2.2)$$

$$\dot{m}_{Urea} = \left(\frac{F_N - \left(\frac{F_P}{46} \times 18 \right) - \left(\frac{F_S}{24} \times 21 \right)}{46} \right) \times \dot{m}_{produk} \quad (2.3)$$

$$\dot{m}_{KCl} = \frac{F_K}{60} \times \dot{m}_{produk} \quad (2.4)$$

$$\dot{m}_{Clay} = \left(1 - \frac{F_P}{46} - \frac{F_S}{24} - \left(\frac{F_N - \left(\frac{F_P}{46} \times 18 \right) - \left(\frac{F_S}{24} \times 21 \right)}{46} \right) - \frac{F_K}{60} \right) \times \dot{m}_{produk} \quad (2.5)$$

dengan

\dot{m}_{DAP} = laju aliran masa DAP atau 18WT2101 (ton/h)

\dot{m}_{Urea} = laju aliran masa Urea atau 18WT2102 (ton/h)

\dot{m}_{KCl} = laju aliran masa KCl atau 18WT2103 (ton/h)

\dot{m}_{Clay} = laju aliran masa Clay atau 18WT2104 (ton/h)

\dot{m}_{ZA} = laju aliran masa ZA atau 18WT2105 (ton/h)

\dot{m}_{Produk} = laju aliran masa produk (ton/h)

F_P = kadar P yang diinginkan pada produk (%)

F_S = kadar S yang diinginkan pada produk (%)

F_N = kadar N yang diinginkan pada produk (%)

F_K = kadar K yang diinginkan pada produk (%)

Pada saat awal proses produksi (pengisian), material yang masuk ke dalam 18M2109 hanya material dari *feeding conveyor* (18M2101, 18M2102, 18M2103, 18M2104 dan 18M2105). Tetapi pada saat proses produksi sudah menghasilkan produk, material yang masuk ke 18M2109 tidak hanya material dari *feeding conveyor* tetapi material produk yang memiliki ukuran butir tidak sesuai (*off size*) hasil penyaringan oleh *screen* 18F2101A dan 18F2101B. Sehingga total material yang melewati 18M2109 adalah

$$\dot{m}_{M2109} = \dot{m}_{DAP} + \dot{m}_{Urea} + \dot{m}_{KCl} + \dot{m}_{Clay} + \dot{m}_{ZA} + \dot{m}_{off\ size} \quad (2.6)$$

dengan

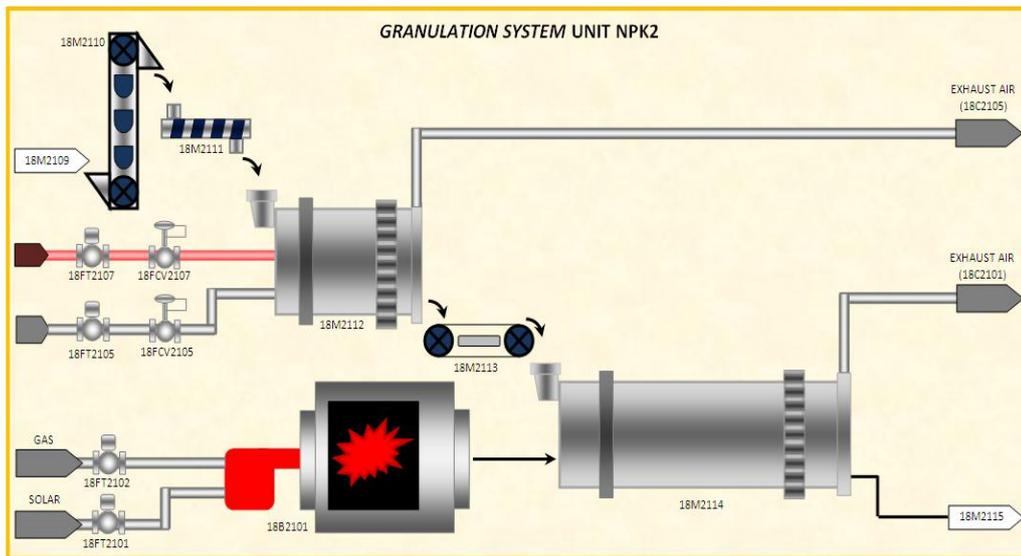
\dot{m}_{M2109} = total material pada 18M2109 (ton/h)

$\dot{m}_{off\ size}$ = laju aliran masa *off size* (ton/h)

C. Granulation System

Sistem kedua yang berperan penting dalam menentukan kesuksesan produk pada proses NPK Granulasi *solid base* adalah *granulation system*. *Granulation system* berperan dalam proses granulasi (pembutiran). Walaupun produk memiliki komposisi sesuai dengan yang diinginkan, dikatakan tidak berhasil apabila tidak memiliki ukuran butir sesuai dengan yang diinginkan (*over size*). Produk yang *over size* akan diproses kembali.

Granulator (18M2112) adalah ekuipmen yang digunakan untuk proses granulasi. Ada dua komponen yang berperan dalam kesuksesan granulasi pada granulator, yaitu *steam* (uap) dan *slurry*. Kedua komponen ini dilengkapi dengan *PID controller*, *flowmeter* dan *control valve*. Sehingga operator dapat mengendalikan laju aliran *steam* dan *slurry* secara otomatis atau manual. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Diagram alir proses *Granulation System Unit NPK 2* Granulasi

Dengan penambahan *steam* dan *slurry* pada granulator (18M2112) maka total laju aliran massa yang keluar dari granulator adalah

$$\dot{m}_{M2112} = \dot{m}_{Steam} + \dot{m}_{Slurry} + \dot{m}_{M2109} \quad (2.7)$$

dengan

$$\dot{m}_{M2112} = \text{total material pada 18M2112 (ton/h)}$$

$$\dot{m}_{Slurry} = \text{laju aliran masa Slurry (ton/h)}$$

$$\dot{m}_{Steam} = \text{laju aliran masa Steam (ton/h)}$$

Steam (uap panas) dihasilkan oleh *boiler* 02B901 dan 03B901 di area Utilitas. Sedangkan *slurry* merupakan debu (*dust*) yang terikat udara pada proses *granulation* (pembutiran), *drying* (pengeringan) dan *cooling* (pendinginan). Debu – debu tersebut di-*spray* pada Scrubber 18T2101 dengan menggunakan air. Debu yang tertangkap air akan larut menjadi *slurry*.

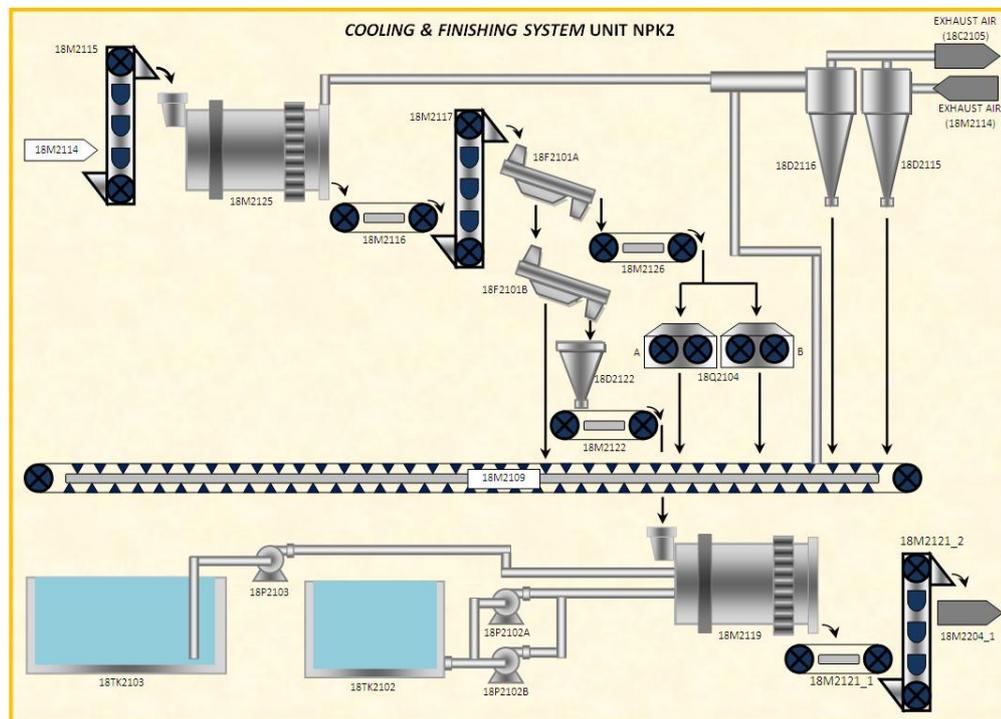
Jadi komponen – komponen yang terkandung dalam *slurry* adalah air, DAP, urea, KCl, *clay* dan ZA. Tetapi kadar/komposisi *slurry* tidak diukur. Sehingga kandungan DAP, urea, KCl, *clay* dan ZA pada *slurry* tidak diketahui. Selain itu juga penggunaan *slurry* ini sangat sedikit.

Setelah melalui proses granulasi, produk akan dikeringkan pada *dryer* (18M2114). Udara panas dan kering hasil pembakaran *furnace* (18B2101)

diumpankan ke dalam *dryer*. Udara ini akan mengikat air pada produk, kemudian dihisap oleh *blower* (18C2101) pada *scrubbing system*. Selain kondisi produk lebih kering, temperatur produk juga akan naik.

D. Cooling and Finishing System

Produk yang telah dikeringkan, didinginkan terlebih dahulu pada *cooler* (18M2125). Karena proses pengeringan (*drying*) menggunakan udara panas dan kering hasil pembakaran pada *furnace*, selain kering produk juga mengalami kenaikan *temperature*. Tujuannya adalah agar produk tidak bersifat *higroskopis* dan mudah *caking* (menggumpal) setelah dikemas. Udara yang digunakan untuk mendinginkan adalah udara lingkungan. Udara pada *cooler* dihisap oleh *blower* (18C2102) menuju *scrubbing system*.



Gambar 2.6. Diagram alir proses *Cooling & Finishing System* Unit NPK 2 Granulasi

Selanjutnya produk akan disaring (*screening*) oleh 18F2101A dan 18F2101B. Proses penyaringan produk ini melalui dua tahap. 18F2101A digunakan untuk menyaring produk yang *over size*. Produk yang ukuran butirnya

over size (melebihi ukuran) ini akan dihancurkan terlebih dahulu oleh *crusher* (18Q2104A dan 18Q2104B) baru masuk ke dalam 18M2109 untuk diproses kembali.

Produk yang lolos dari 18F2101A akan disaring lagi oleh 18F2101B. Produk yang ukuran butirnya *under size* (dibawah ukuran) langsung masuk ke 18M2109 untuk diproses kembali. Sementara produk yang ukuran butirnya *on size* (sesuai ukuran) langsung menjadi produk. Dalam *conveyor* 18M2121_1 terdapat *weigher* untuk mengukur berapa produk *on size* yang dihasilkan.

$$\dot{m}_{off\ size} = \dot{m}_{over\ size} + \dot{m}_{under\ size} \quad (2.8)$$

$$\dot{m}_{on\ size} = 18WT2121_1 \quad (2.9)$$

Untuk mengurangi peluang terjadinya *caking* (penggumpalan) pada produk *on size*, sebelum dikemas produk dilapisi *coating oil* pada *coater* (18M2119). Sehingga butiran – butiran yang telah terbentuk tidak menyatu dan membentuk gumpalan yang lebih besar. Jika terjadi penggumpalan akan menyulitkan konsumen pada saat menaburkan pupuk pada tanaman.

E. *Scrubbing System*

Debu – debu dari *granulator*, *dryer*, dan *cooler* dihisap oleh *blower* dan ditangkap oleh air yang di-*spray* pada *scrubbing system*. Air yang telah bercampur dengan debu – debu disebut *slurry*. *Slurry* ini tidak dibuang, tetapi diumpan kembali ke *granulator* untuk membantu proses granulasi (pembutiran) dengan menggunakan pompa (18P2105, 18P2101A dan 18P2101B).

Jadi jumlah *slurry* yang dihasilkan oleh *scrubbing system* adalah

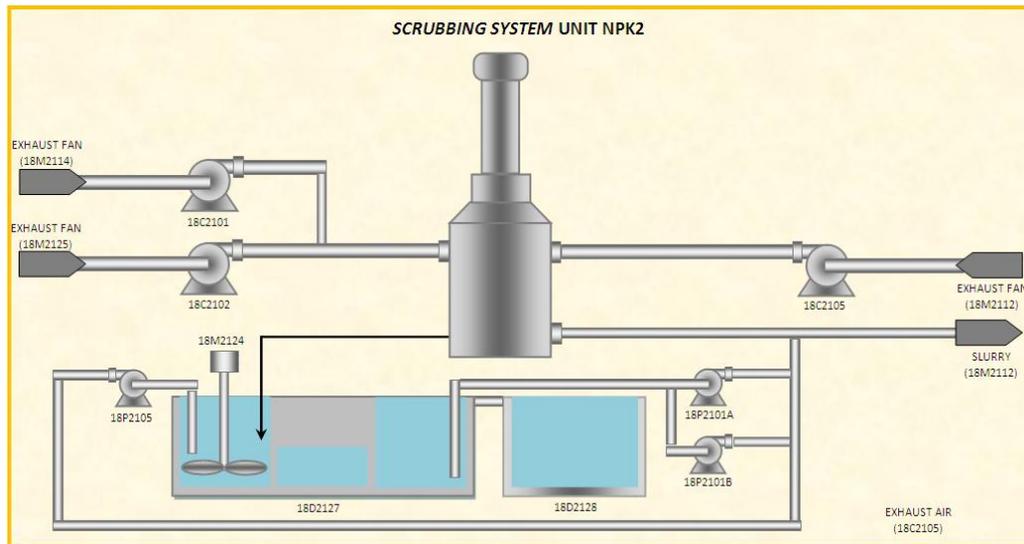
$$\dot{m}_{slurry} = \dot{m}_{debu} + \dot{m}_{air} \quad (2.10)$$

dengan

\dot{m}_{slurry} = laju aliran yang dihasilkan *scrubbing system*

\dot{m}_{debu} = laju aliran debu yang terikut dari *granulator*, *dryer* dan *cooler*

\dot{m}_{air} = laju aliran air yang di-*spray* pada *scrubbing system*



Gambar 2.7. Diagram alur proses *Scrubbing System* Unit NPK 2 Granulasi

F. *Final Product System*

Produk yang *on size* (sesuai ukuran) akan dikirim ke *bagging system* melalui *final product system*. Jadi *final product system* hanya berfungsi untuk mentransfer produk. Hal ini dikarenakan area *bagging system* terpisah dari proses produksi.

G. *Bagging System*

Tahapan terakhir dari proses produksi pupuk NPK Kebomas adalah *bagging* (pengemasan). Sistem kontrol *bagging* terpisah dari proses produksi. Produk pupuk dikemas dalam kantong dengan kapasitas 50 kg.

2.1.2. *Soft Sensor*

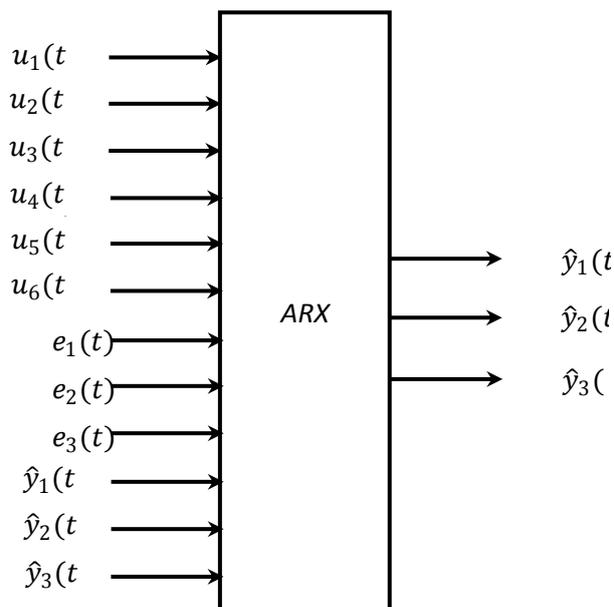
Soft sensor atau dikenal juga dengan istilah *virtual sensor* adalah suatu metode yang digunakan untuk memprediksi suatu besaran yang sulit atau tidak dapat diukur secara langsung dengan menggunakan konvensional sensor. Namun dalam implementasinya, *soft sensor* tetap membutuhkan data – data hasil pengukuran dari konvensional (*hard*) sensor. Metode ini disebut *soft sensor* karena berupa program untuk mengolah data baik untuk sistem SISO (*single input*

single output), MISO (multi input single output) dan MIMO (multi input multi output).

Dalam proses estimasinya, *soft sensor* dapat menggunakan persamaan fisika (*physical modelling*) yaitu persamaan yang berdasarkan pada hukum – hukum fisika. Selain menggunakan persamaan fisika, *soft sensor* juga dapat menggunakan persamaan statistika (*statistical modelling*) yang berdasarkan pada nilai data input dan data output. Model statistika ada banyak diantaranya MA (*moving average*), ARMA (*autoregressive moving average*), ARX (*autoregressive exogenous*) dan ARMAX (*autoregressive moving average exogenous*).

2.1.3. ARX (Autoregressive Exogenous)

ARX adalah suatu model yang digunakan untuk memprediksi suatu parameter dari parameter lain menggunakan persamaan linear. Karena menggunakan persamaan linear model ini cocok untuk sistem yang memiliki pendekatan persamaan linear. Model ini dapat diimplementasikan baik pada sistem SISO (*Single Input Single Output*), MISO (*Multy Input Single Output*), atau MIMO (*Multy Input Multy Output*).



Gambar 2.8. Blok diagram ARX

Model ARX dalam proses estimasi nilai output selain menggunakan nilai input sebelumnya dan menggunakan nilai output sebelumnya juga menggunakan nilai *error*. Tetapi *error* yang digunakan hanya satu nilai *error* saja. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Sistem MIMO persamaan ARX dapat dinyatakan dengan matriks sebagai berikut

$$\begin{bmatrix} \hat{y}_1(t) \\ \hat{y}_2(t) \\ \hat{y}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{111} & b_{112} & \dots & b_{116} \\ b_{121} & b_{122} & \dots & b_{126} \\ b_{131} & b_{132} & \dots & b_{136} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1(t - n_k) \\ u_2(t - n_k) \\ u_3(t - n_k) \\ u_4(t - n_k) \\ u_5(t - n_k) \\ u_6(t - n_k) \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} b_{n_b 11} & b_{n_b 12} & \dots & b_{n_b 16} \\ b_{n_b 21} & b_{n_b 22} & \dots & b_{n_b 26} \\ b_{n_b 31} & b_{n_b 32} & \dots & b_{n_b 36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1(t - n_k - n_b + 1) \\ u_2(t - n_k - n_b + 1) \\ u_3(t - n_k - n_b + 1) \\ u_4(t - n_k - n_b + 1) \\ u_5(t - n_k - n_b + 1) \\ u_6(t - n_k - n_b + 1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{111} & a_{112} & a_{113} \\ a_{121} & a_{122} & a_{123} \\ a_{131} & a_{132} & a_{133} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{y}_1(t - 1) \\ \hat{y}_2(t - 1) \\ \hat{y}_3(t - 1) \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} a_{n_a 11} & a_{n_a 12} & a_{n_a 13} \\ a_{n_a 21} & a_{n_a 22} & a_{n_a 23} \\ a_{n_a 31} & a_{n_a 32} & a_{n_a 33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{y}_1(t - n_a) \\ \hat{y}_2(t - n_a) \\ \hat{y}_3(t - n_a) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

dengan

$$u_1(t - n_b - k + 1) = \text{sinyal/data input satu}$$

$$u_2(t - n_b - k + 1) = \text{sinyal/data input dua}$$

$$u_3(t - n_b - k + 1) = \text{sinyal/data input tiga}$$

$$u_4(t - n_b - k + 1) = \text{sinyal/data input empat}$$

$$u_5(t - n_b - k + 1) = \text{sinyal/data input lima}$$

$$u_6(t - n_b - k + 1) = \text{sinyal/data input enam}$$

$$\hat{y}_1(t - n_a) = \text{sinyal/data output satu}$$

$$\hat{y}_2(t - n_a) = \text{sinyal/data output dua}$$

$$\hat{y}_3(t - n_a) = \text{sinyal/data output tiga}$$

$$e_1(t) = \text{error/noise satu}$$

$$e_2(t) = \text{error/noise dua}$$

$$e_3(t) = \text{error/noise tiga}$$

$n_b = 1,2,3, \dots$, bilangan orde yang menunjukkan nilai *history length* data input

$n_a = 1,2,3, \dots$, bilangan orde yang menunjukkan nilai *history length* data output

$n_k = \text{nilai delay (waktu tunda)}$

$b_{111}, \dots, b_{n_b 33} = \text{konstanta / parameter data input}$

a_{111}, \dots, a_{n33} = konstanta / parameter data output

Untuk mendapatkan nilai dari konstanta sinyal input dan sinyal output agar diperoleh persamaan dari suatu sistem, maka dilakukan estimasi dengan menggunakan data input dan data output. Proses estimasi model ARX ini dapat menggunakan beberapa metode, salah satunya metode *least-square analysis*.

2.1.4. Sistem Kontrol (PAC) di Unit NPK 2

Sistem PAC (*Process Automation Control*) yang digunakan di Unit NPK 2 PT. Petrokimia Gresik adalah dari manufaktur Schneider. Ada dua bagian utama dari PAC diantaranya adalah *hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak). Berikut peneliti uraikan satu persatu.

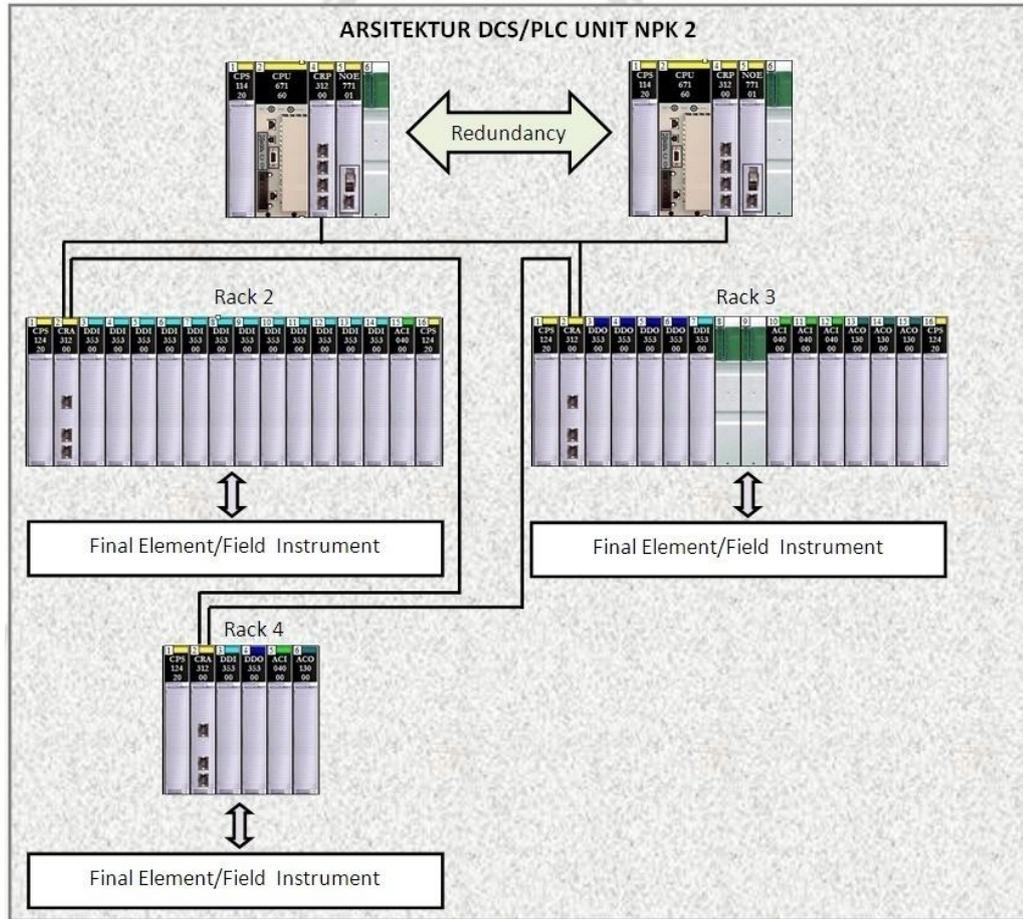
A. Konfigurasi *Hardware* (Perangkat Keras) PAC Unit NPK 2

Sistem *hardware* PAC dari produk Schneider ini menggunakan sistem rak (*Rack System*). Secara umum *hardware* PAC terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), *Power Supply Module*, *RIO (Remote Input Output) Module* dan *Input Output Module*. *Input Output Module* yang digunakan di Unit NPK 2 terdiri dari *Analog Current Input Module*, *Analog Current Output Module*, *Digital Output Module*, *Digital Input Module*. Spesifikasi *hardware* yang digunakan di Unit NPK 2 lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Spesifikasi *hardware* DCS Unit NPK 2

No.	Tipe <i>hardware</i>	Spesifikasi	Jumlah
1.	<i>CPU</i>	140 CPU 671 60	2
2.	<i>Communicator</i>	140 NOE 771 01	2
3.	<i>Power Supply Module</i>	140 CPS 114 20	2
		140 CPS 124 20	5
4.	<i>RIO (Remote Input Output) Module</i>	140 CRP 312 00	2
		140 CRA 312 00	2
5.	<i>Analog Input Module</i>	140 ACI 040 00	5
6.	<i>Analog Output Module</i>	140 ACO 130 00	4
7.	<i>Digital Input Module</i>	140 DDI 353 00	14
8.	<i>Digital Output Module</i>	140 DDO 353 00	5

Konfigurasi *hardware* DCS Unit NPK 2 lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Konfigurasi PACUnit NPK 2 Granulasi

B. Perangkat Lunak (*Software*) DCS Unit NPK 2

Software (perangkat lunak) DCS Unit NPK 2 terbagi kedalam dua yaitu, *engineering software* dan *operating software*. *Engineering software* adalah *software* yang digunakan untuk membuat program kontrol. *Operating software* atau dikenal dengan istilah SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) atau dikenal juga dengan istilah HMI (*Human Machine Interface*) adalah *software* yang digunakan untuk mengoperasikan unit. *Engineering software* yang digunakan di Unit NPK 2 adalah *Unity Pro 10.0*. Sedangkan *operating software* yang digunakan di Unit NPK 2 adalah *Vijeo Citect 7.5*.

2.2. Tinjauan Pustaka (*State of The Art*)

Sebelumnya telah dilakukan perancangan dan pengembangan *soft sensor* oleh beberapa peneliti di industri, salah satunya Yongfeng dkk (2007) melakukan penelitian dalam bidang *soft sensor*. MIMO *Soft sensor* yang dikembangkan oleh Yongfeng menggunakan PLS (*Partial Least Square*) untuk memprediksi formula/komposisi (nitrogen, posfat dan kalium) dari produk pupuk *compound*.

Model *partial least square* (PLS) juga digunakan oleh Wang (2010) dalam penelitiannya. Model *soft sensor* yang dikembangkan oleh Wang digunakan untuk memprediksi kualitas produk pada *Crude Destilation Unit* (CDU). Selain PLS peneliti juga menggunakan model NN (*neural network*) sebagai pembanding dalam penelitiannya. Dari hasil penelitiannya model NN lebih baik dibanding dengan PLS untuk memprediksi kualitas produk. Nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) terbaik yang dicapai dalam penelitian ini adalah $4,54 \times 10^{-3}$ untuk PLS dan $3,96 \times 10^{-3}$ untuk NN.

Penelitian *soft sensor* menggunakan model PLS (*parial least square*) terus dikembangkan oleh para peneliti. Tahun 2013, Barbosa melakukan penelitian perancangan *soft sensor* untuk memprediksi kualitas minyak (*oil*) yang dihasilkan oleh *Hydrocracker Unit*. *Soft sensor* yang dikembangkan Paula Barbosa menggunakan metode *Principal Component Analysis* dan *Partial Least Square Regression* untuk memperoleh model linier yang mampu memprediksi kualitas minyak yang dihasilkan oleh *Hydrocracker Unit*. Ada empat model yang peneliti buat dalam penelitiannya dengan hasil VAF (*Variance Accounted For*) terbaik 20,4 % untuk model A, 56,3 % untuk model B, 78,9 % untuk model C dan 70,9 % untuk model D.

Bolf (2007) melakukan penelitian *soft sensor* yang digunakan untuk memprediksi emisi gas H₂S dan SO₂ yang dihasilkan oleh *Sulfur Recovery Unit*. Dalam penelitiannya, peneliti menggunakan model LARX (*Linear Autoregressive Exogenous*), model NARX (*Nonlinear Autoregressive Exogenous*) dan model *Neuro – Fuzzy*. Kemudian peneliti membandingkan hasil yang diperoleh dari ketiga model tersebut. Nilai *fitness* terbaik yang diperoleh masing – masing model adalah 26,52 % untuk model LARX, 30,63 % untuk model NARX dan 34,02 % untuk model *Neuro – Fuzzy*. Kesimpulannya dari penelitian tersebut adalah *Neuro*

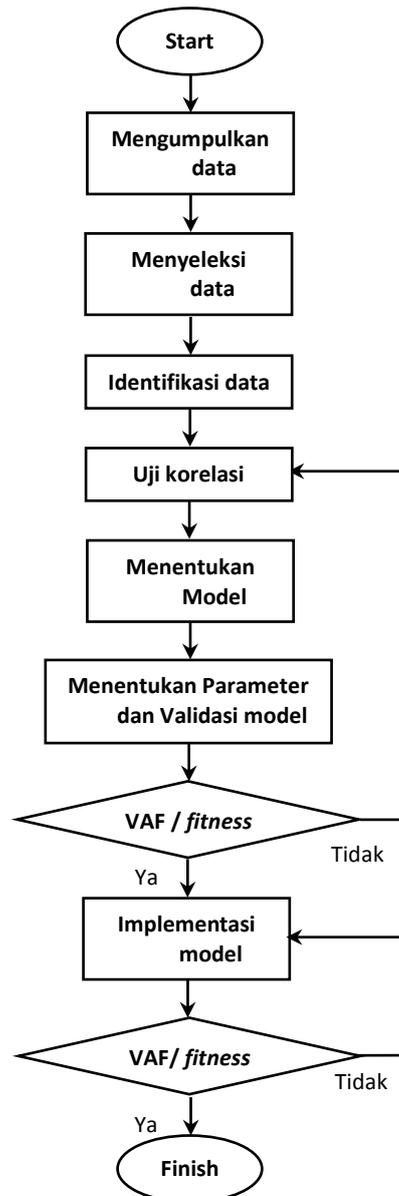
– *Fuzzy model* lebih cocok diimplementasikan pada *Sulfur Recovery Unit (SRU)* untuk memprediksi emisi gas H_2S dan SO_2 .

Pada tahun 2010, Nugraha melakukan penelitian dan pengembangan *soft sensor* pada *gas compressor petani gas plant* di PT. Chevron Pasific Indonesia. *Soft sensor* yang dikembangkan oleh Nugraha ini menggunakan model kombinasi antara jaringan syaraf tiruan (*Neural Network*) dan *ARX (Auto Regressive Exogenous)* atau dikenal dengan *NNARX (Neural Network Auto Reressive Exogenous)* untuk memprediksi *specific gravity* gas. Variable input yang digunakan untuk estimasi pada *soft sensor* adalah *temperature separator, pressure separator, laju aliran dalam compressor, temperature outgoing compressor* dan *pressure outgoing compressor*. Jadi sistem yang dikaji peneliti adalah sistem *MISO (Multy Input Single Output)*. Nilai *VAF (Variance Accounted For)* terbaik yang dapat dicapai dalam penelitian ini adalah 99,23 %.

BAB III

METODE PENELITIAN

Agar penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik, maka penelitian dilakukan dengan langkah – langkah yang terstruktur. *Flow chart* (diagram alur) langkah – langkah pelaksanaan kegiatan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alur kegiatan penelitian

Berikut peneliti jelaskan langkah – langkah penelitian secara detail sesuai diagram alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

3.1. Mengumpulkan Data

Langkah pertama dalam penelitian adalah mengumpulkan data. Data yang dikumpulkan terbagi kedalam dua bagian yaitu data input dan data output. Data yang merupakan input *soft sensor* adalah data hasil pengukuran *input variable (weight feeder)*. Selain ditampilkan dalam bentuk angka pada HMI DCS, data hasil pengukuran *flow rate* juga ditampilkan dalam bentuk *trending (kurva)* yang terekam (*record*) setiap waktu.

Tabel 3.1. Data hasil *export input variable* dari *trending*

Date	Time	WT2101	WT2102	WT2103	WT2104	WT2105	WT2121_1
01/06/2017	0:00:00	8,665	2,468	5,727	2,784	5,170	24,808
01/06/2017	0:02:24	8,656	2,471	5,734	2,788	5,176	24,820
01/06/2017	0:04:48	8,660	2,467	5,724	2,783	5,167	24,800
01/06/2017	0:07:01	8,654	2,471	5,733	2,787	5,175	24,818
01/06/2017	0:09:36	8,659	2,467	5,724	2,782	5,166	24,822
01/06/2017	0:12:00	8,667	2,469	5,728	2,785	5,171	24,776
01/06/2017	0:14:02	8,651	2,464	5,718	2,780	5,161	24,805
01/06/2017	0:16:04	8,663	2,468	5,726	2,784	5,168	24,825
01/06/2017	0:19:12	8,662	2,467	5,725	2,783	5,168	24,820
01/06/2017	0:21:36	8,656	2,466	5,722	2,781	5,165	24,799
01/06/2017	0:24:00	8,656	2,466	5,722	2,781	5,165	24,797
01/06/2017	0:26:24	8,650	2,470	5,731	2,786	5,173	24,815
01/06/2017	0:28:48	8,655	2,465	5,721	2,781	5,164	24,846
01/06/2017	0:31:12	8,665	2,468	5,727	2,784	5,170	24,800
01/06/2017	0:33:36	8,658	2,466	5,723	2,782	5,166	24,840
01/06/2017	0:36:00	8,667	2,469	5,729	2,785	5,171	24,798
01/06/2017	0:38:24	8,659	2,461	5,710	2,776	5,154	24,820
01/06/2017	0:40:48	8,670	2,464	5,717	2,779	5,160	24,775
01/06/2017	0:43:12	8,660	2,461	5,711	2,776	5,155	24,808
01/06/2017	0:45:36	8,668	2,463	5,716	2,779	5,159	24,805
01/06/2017	0:48:00	8,664	2,468	5,726	2,784	5,169	24,790
01/06/2017	0:50:24	8,657	2,472	5,735	2,788	5,177	24,830
01/06/2017	0:52:48	8,656	2,466	5,722	2,781	5,165	24,787
01/06/2017	0:55:12	8,650	2,470	5,731	2,786	5,173	24,815
....
02/06/2017	0:00:00	7,362	2,688	5,886	4,414	3,839	24,189

*Note : Data hasil *export data trend* tanggal 1 Juni 2017

Langkah – langkah pengambilan data (*export*) *flow indicator* dari trend pada *Vijeo Citect Runtime* dapat dilihat pada Lampiran I. Data *trend* yang di-*export* dalam rentang waktu tertentu akan dicacah menjadi 602 data. Rentang waktu data untuk satu kali *export* adalah satu hari. Dengan rentang waktu satu hari, jarak antara satu data dengan data yang lain (*time line*) adalah 2 menit 24 detik. Data *variable input* hasil *export* dari *trendingPAC* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Sementara data yang merupakan output *soft sensor* adalah data kandungan formula/komposisi (Nitrogen, Fosfat dan Kalium) pada produk dari hasil uji laboratorium yang dilakukan setiap ± 4 jam sekali. Uji laboratorium ini dilakukan setiap *shift* dua kali yaitu pada jam 08.00, 12.00, 16.00, 20.00, 00.00 dan 04.00. Namun dalam prakteknya, pengambilan *sampling* dilakukan tiga puluh menit sebelumnya. Sehingga hasil uji laboratorium adalah produk pupuk NPK granulasi yang dihasilkan pada jam 07.30, 11.30, 15.30, 19.30, 23.30 dan 03.30.

Data ini selalu dicatat pada *log book* oleh operator dan dijadikan sebagai acuan dalam menentukan nilai *set point* pada masing – masing *feeding conveyor*. Data input dan data output memiliki rentang waktu yang berbeda. Maka data input akanyang akan digunakan disesuaikan dengan rentang waktu data output yaitu sekitar ± 4 jam.

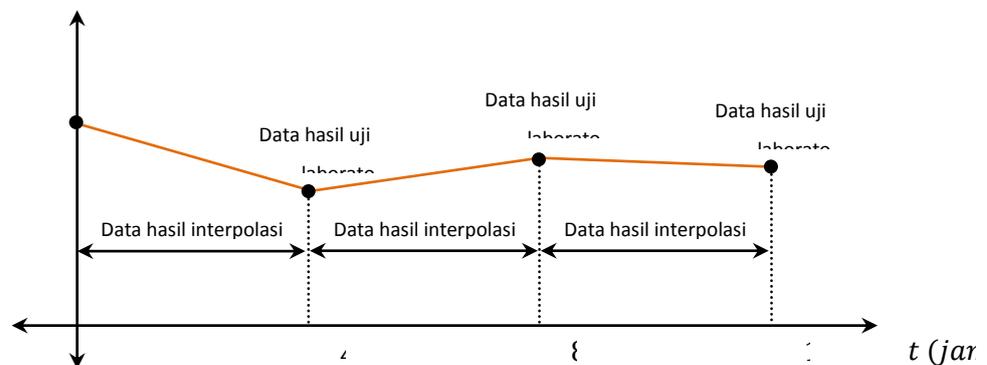
Tabel 3.2. Data formula/komposisi N, P dan K hasil uji laboratorium

Analisa	Waktu						Rata - rata
	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00	
H ₂ O	1,60	0,80	1,20	1,70	1,60	1,10	1,33
N	15,80	14,40	13,30	12,10	14,80	13,90	14,05
P ₂ O ₅	16,10	13,60	12,60	18,10	13,10	17,10	15,10
K ₂ O	13,80	17,20	18,50	20,40	18,10	16,50	17,42
MgO	-	-	-	-	-	-	-
CuO	-	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	-	-	-	-
B ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-
-4/18	0,70	3,50	5,80	5,20	3,70	4,00	3,82
-5/12	94,40	94,80	85,50	91,20	91,00	95,90	92,13
-5/18	4,90	1,70	8,70	3,60	5,30	0,10	3,88

*Note : Data uji laboratorium tanggal 1 Juni 2017

3.2. Menyeleksi Data

Sebelum melakukan estimasi parameter model dari data yang dikumpulkan, harus dilakukan seleksi data terlebih dahulu karena data input dan data output memiliki rentang waktu yang berbeda. Pengukuran *flow rate* pada setiap *feeding conveyor* dan *final product conveyor* dilakukan secara terus menerus setiap waktu (*real time*). Sementara uji laboratorium untuk mengetahui formula/komposisi produk dilakukan setiap ± 4 jam sekali. Berdasarkan proses pengaruh kondisi atau keadaan 4 jam lalu tidak mungkin mempengaruhi kondisi saat ini. Kondisi saat ini akan dipengaruhi oleh kondisi sebelumnya dalam interval waktu yang tidak jauh. Maka untuk mendapatkan data output (komposisi / formula pupuk) pada rentang 4 jam agar sesuai dengan data input, peneliti melakukan perhitungan interpolasi menggunakan *least square method* (LSM) pada data output.



Gambar 3.2. Kurva proses interpolasi data komposisi / formula pupuk

Selain itu juga karakteristik dari Unit NPK 2 yang mudah *start stop* sehingga data yang akan digunakan untuk proses estimasi dan validasi adalah data dimana kondisi Unit NPK 2 dalam kondisi terbaik. Yaitu kondisi dimana Unit NPK 2 berjalan cukup lama dan uji laboratorium pada rentang waktu tersebut lengkap. Dengan begitu kontinuitas proses menjadi lebih valid.

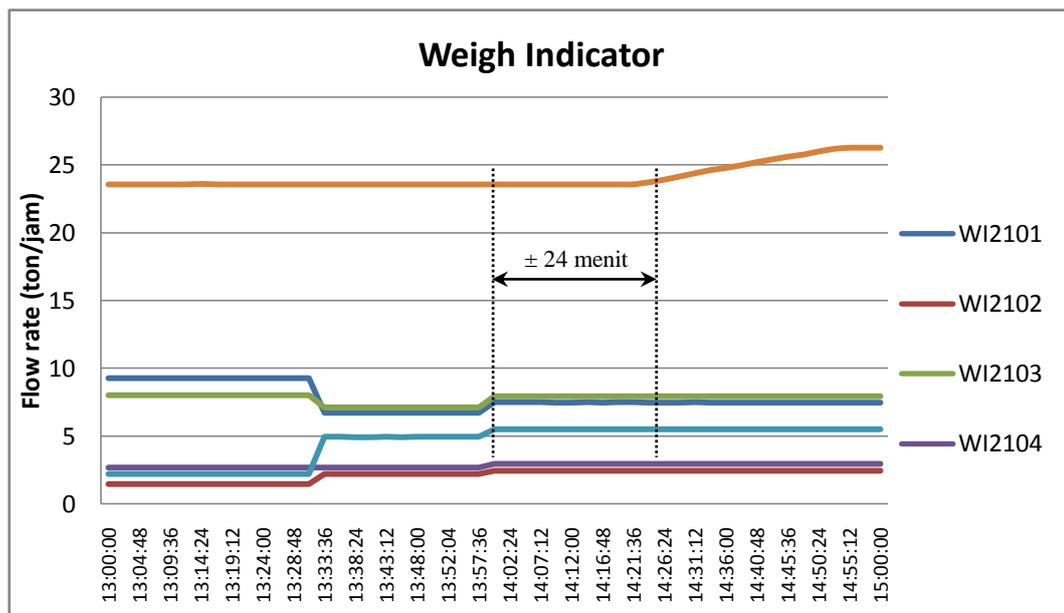
Data *weigh indicator* dan komposisi hasil uji laboratorium yang digunakan untuk proses estimasi dan validasi model adalah data yang diperoleh sampai Unit NPK 2 melaksanakan program *shut down cleaning* bulanan. Kegiatan *shut down*

cleaning bulanan adalah kegiatan *preventif maintenance* yang terdiri dari membersihkan semua material dalam setiap ekuipmen, pergantian ekuipmen yang rusak, pembersihan ekuipmen dan kalibrasi. Sehingga proses produksi sebelum kegiatan *shut down cleaning* bulanan terputus dengan proses produksi setelahnya.

Karena data formula / komposisi pupuk dalam rentang waktu 4 jam menggunakan data hasil interpolasi antara dua data hasil uji laboratorium, maka dalam satu hari jumlah data formula dan *weight feeder* adalah 602 data. Sehingga data yang digunakan untuk menentukan parameter dan validasi adalah mulaitanggal 3 sampai 10 Juli 2017 (Lampiran A).

3.3. Preprocessing Data

Untuk mengetahui pengaruh perubahan *set point* pada masing – masing *weight feeder conveyor* terhadap perubahan komposisi produk, maka dilakukan identifikasi pengaruh perubahan *set point* pada masing – masing *weight feeder conveyor* terhadap perubahan laju aliran produk pada WI2121_1. Berikut adalah kurva dari WI2101, WI2102, WI2103, WI2104, WI2105 dan WI2121_1.



Gambar 3.3. Kurva *flow rate weight feeder* dan *final product*

Berdasarkan kurva yang ditunjukkan pada Gambar 3.2, efek perubahan *set point* secara kuantitas terhadap perubahan *weight indicator* pada *final product*

terjadi setelah ± 24 menit. Maka peneliti menggunakan data *weight indicator* pada *final product* (WI2121_1) sesuai dengan waktu pengambilan *sampling* uji laboratorium dan untuk *weight indicator* pada *weigh feeder* 24 menit sebelumnya.

Mengacu Persamaan (2.11), maka persamaan untuk mengkalkulasi parameter model sesuai interval data output adalah

$$\begin{bmatrix} \hat{N}(t) \\ \hat{P}(t) \\ \hat{K}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{n_b 11} & b_{n_b 12} & b_{n_b 13} & b_{n_b 11} & b_{n_b 12} & b_{n_b 16} \\ b_{n_b 21} & b_{n_b 22} & b_{n_b 23} & b_{n_b 21} & b_{n_b 22} & b_{n_b 26} \\ b_{n_b 31} & b_{n_b 32} & b_{n_b 33} & b_{n_b 31} & b_{n_b 32} & b_{n_b 36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DAP(t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \\ Urea(t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \\ KCl(t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \\ Clay(t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \\ ZA(t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \\ Product(t - 2,4(n_b - 1)) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{n_a 11} & a_{n_a 12} & a_{n_a 13} \\ a_{n_a 21} & a_{n_a 22} & a_{n_a 23} \\ a_{n_a 31} & a_{n_a 32} & a_{n_a 33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t - 2,4n_a) \\ \hat{P}(t - 2,4n_a) \\ \hat{K}(t - 2,4n_a) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

dengan

\hat{N} = data persentase N (%)

\hat{P} = data persentase P (%)

\hat{K} = data persentase K (%)

DAP = data laju aliran (*flow rate*) *DAP* (ton/jam)

Urea = data laju aliran (*flow rate*) *Urea* (ton/jam)

KCl = data laju aliran (*flow rate*) *KCl* (ton/jam)

Clay = data laju aliran (*flow rate*) *Clay* (ton/jam)

ZA = data laju aliran (*flow rate*) *ZA* (ton/jam)

Product = data laju aliran (*flow rate*) *Product* (ton/jam)

t = waktu dengan basis menit

$n_b = 1,2,3, \dots$ bilangan orde yang menunjukkan nilai *history length* data input

$n_a = 1,2,3, \dots$ bilangan orde yang menunjukkan nilai *history length* data output

$n_k = 24$ menit, waktu tunda (*delay time*)

Nilai 24 pada Persamaan (3.1) menunjukkan data input (*weigh feeder*) yang digunakan untuk mengkalkulasi parameter model adalah data input 24 menit yang lalu. Sedangkan nilai 2,40 pada Persamaan (3.1) menunjukkan interval data

yang mengacu pada interval data input hasil *esport trending weight feeder* dan *product* yaitu 2 menit 24 detik (Lampiran A).

3.4. Uji Korelasi

Untuk mengetahui pengaruh dari masing – masing *variable input* terhadap *variable output*, peneliti melakukan uji korelasi. Selain untuk mengetahui pengaruh masing – masing *variable input* (*weigh feeder & product*) terhadap setiap *variable output*, uji korelasi juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh *variable output* terhadap *variable output* lainnya.

Karena *variable input* dari masing – masing model berbeda, dengan uji korelasi kita akan mengetahui *variable input* dari model mana yang paling mempengaruhi *variable output*. Apakah *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai *variable input* yang memiliki pengaruh yang kuat terhadap *variable output* (persentase N, P dan K) atau rasio *weight feeder* terhadap *product* atau bahkan rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder*.

Nilai hasil uji korelasi dibagi menjadi lima kategori (tingkatan), berikut adalah tabel kategori nilai uji korelasi.

Tabel 3.3. Kategori nilai uji korelasi

No.	Nilai (\pm)	Kategori
1.	0,000 – 0,199	Sangat lemah
2.	0,200 – 0,399	Lemah
3.	0,400 – 0,599	Sedang
4.	0,600 – 0,799	Kuat
5.	0,800 – 1,000	Sangat kuat

3.5. Menentukan Model (Struktur Model)

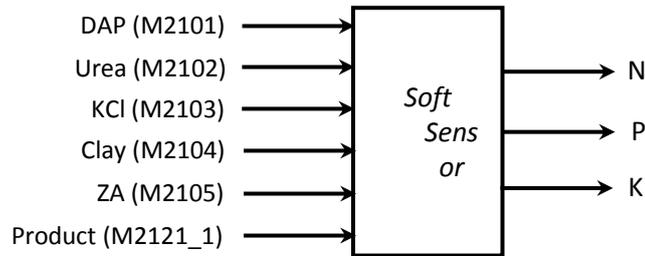
Model yang akan digunakan pada perancangan *soft sensor* adalah ARX (*Auto Regressive Exogenous*). Variable hipotesis model terdiri dari enam *variable input* dan tiga *variable output*. *Variable input* tersebut diantaranya adalah 18WT2101 (DAP), 18WT2102 (urea), 18WT2103 (KCl), 18WT2104 (*clay*), 18WT2105 (ZA) dan 18WT2121_1. *Variable output* dari *soft sensor* adalah persentase N, persentase P dan perentase K.

Untuk mendapatkan model dengan nilai *fitness* atau VAR (*Variance Accounted For*) sesuai standar ($\geq 80\%$) peneliti merancang beberapa model, diantaranya.

A. Model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input

Dari penjelasan proses produksi NPK *solid base* pada Bab 2, laju aliran (*flowrate*) dari masing – masing bahan baku (*weight feeder*) menentukan nilai komposisi/formula N, P dan K. Berdasarkan rumus kimia pada masing – masing bahan baku, yang menentukan nilai persentase N pada produk adalah DAP, urea dan ZA. Bahan baku yang menentukan persentase P pada produk adalah DAP dan bahan baku yang menentukan persentase K adalah KCl. Maka peneliti mencoba merancang *soft sensor* dengan *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai *variable input* dalam proses estimasinya.

Berikut adalah blok diagram dari *soft sensor* dengan *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai *variable input*.



Gambar 3.4. Model *soft sensor* dengan *variable input flowrate weight feeder* dan *product*

B. Model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input

Jika nilai *fitness* / VAF pada model dengan *flowrate weight feeder* dan *product* yang dihasilkan belum mencapai standar ($\geq 80\%$), peneliti menggunakan data rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai data input dan data hasil uji laboratorium sebagai data output. Semua *weight feeder* dibagi dengan *product*.

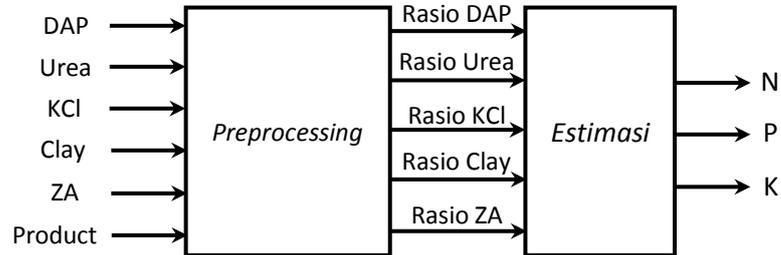
$$\text{rasio DAP} = \frac{\text{DAP}}{\text{Product}} \quad (3.2)$$

$$\text{rasio Urea} = \frac{\text{Urea}}{\text{Product}} \quad (3.3)$$

$$\text{rasio KCl} = \frac{\text{KCl}}{\text{Product}} \quad (3.4)$$

$$\text{rasio Clay} = \frac{\text{Clay}}{\text{Product}} \quad (3.5)$$

$$\text{rasio ZA} = \frac{\text{ZA}}{\text{Product}} \quad (3.6)$$



Gambar 3.5. Model *soft sensor* dengan *variable input* rasio *weight feeder* terhadap *product*

Karena *variable input soft sensor* diubah dari *flow rate* menjadi rasio, maka model *soft sensor* yang awalnya menggunakan enam *variable input* berubah menjadi lima *varibale input* dalam proses estimasinya. Perubahan dari *flow rate* menjadi rasio dikenal dengan *preprocessing*. Sehingga model *soft sensor*-nya dapat dilihat pada Gambar 3.4.

C. Model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder*

Pada percobaan ketiga, peneliti menggunakan data rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai data input dan data hasil uji laboratorium sebagai data output. Semua *weight feeder* dan *product* dibagi dengan total *weight feeder*.

$$\text{total weight feeder} = \text{DAP} + \text{urea} + \text{KCl} + \text{clay} + \text{ZA} \quad (3.7)$$

$$\text{rasio DAP} = \frac{\text{DAP}}{\text{total weight feeder}} \quad (3.8)$$

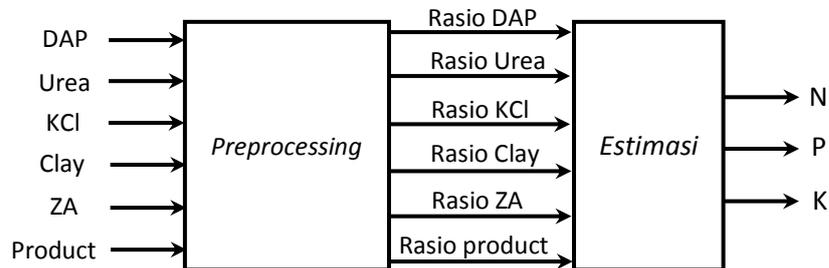
$$\text{rasio Urea} = \frac{\text{Urea}}{\text{total weight feeder}} \quad (3.9)$$

$$\text{rasio KCl} = \frac{\text{KCl}}{\text{total weight feeder}} \quad (3.10)$$

$$\text{rasio Clay} = \frac{\text{Clay}}{\text{total weight feeder}} \quad (3.11)$$

$$\text{rasio ZA} = \frac{\text{ZA}}{\text{total weight feeder}} \quad (3.12)$$

$$\text{rasio Product} = \frac{\text{Product}}{\text{total weight feeder}} \quad (3.13)$$



Gambar 3.6. Model *soft sensor* dengan *variable input* rasio *weight feeder* dan produk terhadap total *weight feeder*

Model *soft sensor* pada percobaan ketiga ini pada prinsipnya sama dengan pada percobaan kedua. Tetapi karena yang membagi *flow rate weight feeder* dan *product* adalah total *flow rate weight feeder*, maka jumlah *variable input* yang diestimasi adalah enam. Untuk lebih jelasnya model *soft sensor* pada percobaan ketiga dapat dilihat pada Gambar 3.6.

3.6. Menentukan Parameter Model dan Validasi

Untuk memperoleh persamaan dari masing – masing model yang menyatakan hubungan antara data input dan output dilakukan estimasi. Estimasi dan validasi model menggunakan *software* Matlab versi 12b tahun 2012. Proses estimasi model ARX pada *software* Matlab versi 12b tahun 2012 ini menggunakan metode *least – square analysis*. Data yang digunakan untuk proses estimasi parameter dan validasi adalah data formula / komposisi produk dan *weight indicator* padatanggal 3 – 6 Juli 2017 (Lampiran A).

Sedangkan data input yang digunakan untuk proses validasi adalah data *weight indicator* padatanggal 7 – 10 Juli 2017. Begitu juga data output yang digunakan untuk validasi adalah data komposisi produk hasil uji laboratorium pada 7– 10Juli 2017 (Lampiran A).

Karena fungsi *struc* pada Matlab yang digunakan untuk mencari nilai *history length* agar mendapatkan nilai *fitness* terbaik hanya dapat digunakan pada

sistem SISO (*Single Input Single Output*) dan MISO (*Multi Input Single Output*), tidak dapat digunakan pada sistem MIMO (*Multi Input Multi Output*), maka peneliti melakukan percobaan dengan mengacu pada hasil uji korelasi dan model fisis.

Sistem MIMO (*Multy Input Multy Output*), model *flowrate weigh feeder* dan *product* dan model rasio *weigh feeder* dan *product* terhadap total *weigh feeder* terdiri dari 6 input 3 output pada proses estimasi dan validasi. Sehingga matrik L dan M untuk menentukan panjang *history length* output dan input pada Matlab adalah

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

dengan

l_{11} = jumlah data persentase N sebelumnya yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang).

l_{12} = jumlah data persentase P sebelumnya yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang).

l_{13} = jumlah data persentase K sebelumnya yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang).

l_{21} = jumlah data persentase N sebelumnya yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang).

l_{22} = jumlah data persentase P sebelumnya yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang).

l_{23} = jumlah data persentase K sebelumnya yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang).

l_{31} = jumlah data persentase N sebelumnya yang mempengaruhi nilai persentase K saat ini (sekarang).

l_{32} = jumlah data persentase P sebelumnya yang mempengaruhi nilai persentase K saat ini (sekarang).

l_{33} = jumlah data persentase K sebelumnya yang mempengaruhi nilai persentase K saat ini (sekarang).

- m_{11} = jumlah data laju aliran (*flow rate*)DAP(24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)
- m_{12} = jumlah data laju aliran (*flow rate*)Urea(24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)
- m_{13} = jumlah data laju aliran (*flow rate*)KCl (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)
- m_{14} = jumlah data laju aliran (*flow rate*) Clay (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)
- m_{15} = jumlah data laju aliran (*flow rate*) ZA (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)
- m_{16} = jumlah data laju aliran (*flow rate*) product (saat itu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)
- m_{21} = jumlah data laju aliran (*flow rate*)DAP (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)
- m_{22} = jumlah data laju aliran (*flow rate*)Urea (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)
- m_{23} = jumlah data laju aliran (*flow rate*)KCl (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)
- m_{24} = jumlah data laju aliran (*flow rate*) Clay (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)
- m_{25} = jumlah data laju aliran (*flow rate*) ZA (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)
- m_{26} = jumlah data laju aliran (*flow rate*) product (saat ini dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)
- m_{31} = jumlah data laju aliran (*flow rate*)DAP (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase K saat ini (sekarang)
- m_{32} = jumlah data laju aliran (*flow rate*)Urea (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase K saat ini (sekarang)
- m_{33} = jumlah data laju aliran (*flow rate*)KCl (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase K saat ini (sekarang)
- m_{34} = jumlah data laju aliran (*flow rate*) Clay (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase K saat ini (sekarang)
- m_{35} = jumlah data laju aliran (*flow rate*) ZA (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase K saat ini (sekarang)

m_{36} = jumlah data laju aliran (*flow rate*) product (saat ini dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase K saat ini (sekarang)

Untuk mendapatkan model dengan nilai *fitness* / VAF sesuai standar, peneliti membuat variasi pada matrik *L* dan *M* yang dapat dilihat pada Tabel 3.4. Peneliti menentukan nilai *history length* pada matrik *L* dan *M* dari masing – masing variasi model untuk mendapatkan nilai parameter dan *fitness* (kebenaran) terbaik menggunakan metode *trial and error*. Proses kalkulasi / estimasi nilai parameter dan *fitness* (kebenaran) dengan menggunakan *software* Matlab.

Dalam penelitian ini peneliti membatasi nilai maksimum untuk nilai *history length* pada masing – masing variasi model yaitu 20. Peneliti akan memilih nilai *history length* pada masing – masing model yang memiliki nilai *fitness* terbaik.

Tabel 3.4. Model – model percobaan *soft sensor* dengan 6 input 3 output yang akan diuji

Model	Matrik <i>L</i>	Matrik <i>M</i>
1	$\begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{23} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & 0 & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & 0 & 0 & m_{36} \end{bmatrix}$
2	$\begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{23} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & m_{24} & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & m_{34} & 0 & m_{36} \end{bmatrix}$
3	$\begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{23} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} \end{bmatrix}$
4	$\begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & 0 & m_{15} & m_{16} \\ m_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & 0 & 0 & m_{36} \end{bmatrix}$
5	$\begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ n_b & 0 & 0 & m_{24} & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & m_{34} & 0 & m_{36} \end{bmatrix}$
6	$\begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} \end{bmatrix}$

Sedangkan model rasio *weight feeder* terhadap *product* terdiri dari 5 input dan 3 output pada proses estimasi parameter dan validasi model. Dengan mengacu

pada Persamaan (2.11), maka persamaan untuk mengkalkulasi parameter model sesuai interval data output dapat dilihat pada Persamaan (3.16).

Untuk mendapatkan model dengan nilai *fitness* / VAF sesuai standar, peneliti membuat variasi pada matrik *O* dan *P* sebagai berikut

Tabel 3.5. Model – model percobaan *soft sensor* dengan 5 input 3 output yang akan diuji

Model	Matrik <i>L</i>	Matrik <i>O</i>
1	$\begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{23} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & 0 & p_{15} \\ p_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & 0 & 0 \end{bmatrix}$
2	$\begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{23} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & p_{14} & p_{15} \\ p_{21} & 0 & 0 & p_{24} & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & p_{34} & 0 \end{bmatrix}$
3	$\begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{23} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} o_{11} & o_{12} & o_{13} & o_{14} & o_{15} \\ o_{12} & o_{22} & o_{23} & o_{24} & o_{25} \\ o_{13} & o_{32} & o_{33} & o_{34} & o_{35} \end{bmatrix}$
4	$\begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} o_{11} & o_{12} & 0 & 0 & o_{15} \\ o_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & o_{33} & 0 & 0 \end{bmatrix}$
5	$\begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} o_{11} & o_{12} & 0 & o_{14} & o_{15} \\ o_{21} & 0 & 0 & o_{24} & 0 \\ 0 & 0 & o_{33} & o_{34} & 0 \end{bmatrix}$
6	$\begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} o_{11} & o_{12} & o_{13} & o_{14} & o_{15} \\ o_{12} & o_{22} & o_{23} & o_{24} & o_{25} \\ o_{13} & o_{32} & o_{33} & o_{34} & o_{35} \end{bmatrix}$

$$\begin{bmatrix} \hat{N}(t) \\ \hat{P}(t) \\ \hat{K}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{n_b 11} & b_{n_b 12} & b_{n_b 13} & b_{n_b 14} & b_{n_b 15} \\ b_{n_b 21} & b_{n_b 22} & b_{n_b 23} & b_{n_b 24} & b_{n_b 25} \\ b_{n_b 31} & b_{n_b 32} & b_{n_b 33} & b_{n_b 34} & b_{n_b 35} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{rasio DAP} (t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \\ \text{rasio Urea} (t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \\ \text{rasio KCl} (t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \\ \text{rasio Clay} (t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \\ \text{rasio ZA} (t - 24 - 2,4(n_b - 1)) \end{bmatrix} +$$

$$\begin{bmatrix} a_{n_a 11} & a_{n_a 12} & a_{n_a 13} \\ a_{n_a 21} & a_{n_a 22} & a_{n_a 23} \\ a_{n_a 31} & a_{n_a 32} & a_{n_a 33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t - 2,4n_a) \\ \hat{P}(t - 2,4n_a) \\ \hat{K}(t - 2,4n_a) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}$$

(3.16)

dengan

rasio DAP = data rasio DAP terhadap *product*

rasio Urea = data rasio Urea terhadap *product*

rasio KCl = data rasio KCl terhadap *product*

$rasio\ Clay = data\ rasio\ Clay\ terhadap\ product$

$rasio\ ZA = data\ rasio\ ZA\ terhadap\ product$

$t = waktu\ dengan\ basis\ menit$

$n_b = 1,2,3, \dots$ bilangan orde yang menunjukkan nilai *history length* data input

$n_a = 1,2,3, \dots$ bilangan orde yang menunjukkan nilai *history length* data output

$n_k = 24$ menit, waktu tunda (*delay time*)

Maka bentuk matrik P untuk menentukan nilai *history length* input pada model rasio *weight feeder* terhadap *product* adalah sebagai berikut

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} & p_{25} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} & p_{35} \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

dengan

p_{11} = jumlah data rasio DAP terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

p_{12} = jumlah data rasio Urea terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

p_{13} = jumlah data rasio KCl terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

p_{14} = jumlah data rasio Clay terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

p_{15} = jumlah data rasio ZA terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

p_{21} = jumlah data rasio DAP terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)

p_{22} = jumlah data rasio Urea terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)

p_{23} = jumlah data rasio KCl terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)

p_{24} = jumlah data rasio Clay terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)

p_{25} = jumlah data rasio ZA terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase P saat ini (sekarang)

p_{31} = jumlah data rasio DAP terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

p_{32} = jumlah data rasio Urea terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

p_{33} = jumlah data rasio KCl terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

p_{34} = jumlah data rasio Clay terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

p_{35} = jumlah data rasio ZA terhadap *product* (24 menit yang lalu dan sebelumnya) yang mempengaruhi nilai persentase N saat ini (sekarang)

3.7. Implementasi Model

Hasil validasi dari masing – masing model dibandingkan. Model yang mana yang paling mendekati hasil uji laboratorium atau memiliki nilai kebenaran (*fitness*) yang paling baik. Model *soft sensor* mana yang akan diterapkan / diimplementasikan pada *Unity Pro 10.0* ditentukan dengan dua pertimbangan yaitu kompleksitas dan nilai kebenaran (*fitness*). *Soft sensor* yang memiliki model nilai *fitness* sesuai standar yang akan diimplementasikan.

Interval data pada saat estimasi parameter dan validasi model adalah 2,4menit (144 detik) sesuai dengan interval data input (data hasil *export trending wight feeder*). Dalam implementasinya perhitungan / kalkulasi prediksi komposisi pupuk adalah 1 detik. Sehingga persamaan model *soft sensor* yang diimplementasikan adalah sebagai berikut

$$\begin{bmatrix} \hat{N}(t) \\ \hat{P}(t) \\ \hat{K}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{n_b 11} & b_{n_b 12} & b_{n_b 13} & b_{n_b 11} & b_{n_b 12} & b_{n_b 16} \\ b_{n_b 21} & b_{n_b 22} & b_{n_b 23} & b_{n_b 21} & b_{n_b 22} & b_{n_b 26} \\ b_{n_b 31} & b_{n_b 32} & b_{n_b 33} & b_{n_b 31} & b_{n_b 32} & b_{n_b 36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DAP(t - 1440 - 144(n_b - 1)) \\ Urea(t - 1440 - 144(n_b - 1)) \\ KCl(t - 1440 - 144(n_b - 1)) \\ Clay(t - 1440 - 144(n_b - 1)) \\ ZA(t - 1440 - 144(n_b - 1)) \\ Product(t - 144(n_b - 1)) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{n_a 11} & a_{n_a 12} & a_{n_a 13} \\ a_{n_a 21} & a_{n_a 22} & a_{n_a 23} \\ a_{n_a 31} & a_{n_a 32} & a_{n_a 33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t - 144n_a) \\ \hat{P}(t - 144n_a) \\ \hat{K}(t - 144n_a) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

dengan

\hat{N} = data persentase N (%)

\hat{P} = data persentase P (%)

\hat{K} = data persentase K (%)

DAP = data DAP (*flow rate* atau rasio)

Urea = data Urea (*flow rate* atau rasio)

KCl = data KCl (*flow rate* atau rasio)

Clay = data Clay (*flow rate* atau rasio)

ZA = data ZA (*flow rate* atau rasio)

Product = data *Product* (*flow rate* atau rasio)

t = waktu dengan basis detik

$n_b = 1,2,3, \dots$ bilangan orde yang menunjukkan nilai *history length* data input (detik)

$n_a = 1,2,3, \dots$ bilangan orde yang menunjukkan nilai *history length* data output (detik)

Langkah – langkah pembuatan program *soft sensor* pada Unity Pro 10.0 adalah sebagai berikut

A. Membuat FBD (*Function Block Diagram*) program *mapping*

Pembuatan program *mapping* (pemetaan) tujuannya adalah untuk menyimpan dan memunculkan data di masa lalu. Karena data input (WT2101, WT2102, WT2103, WT2104, dan WT2105) yang digunakan dalam proses kalkulasi *soft sensor* adalah data 24 menit yang lalu, maka data input 24 menit yang lalu akan disimpan dan digunakan untuk memprediksi nilai output (N, P dan K) pada saat ini.

Fungsi yang digunakan untuk membuat program *mapping* adalah %S6 dan FBD CTU (*Counter Up*). Fungsi %S6 adalah untuk melakukan *trigger* atau *pulse* setiap satu detik sekali. Sedangkan fungsi CTU adalah untuk menghitung jumlah *pulse* yang sudah dilakukan oleh %S6. Ada 2 fungsi CTU yang digunakan, pertama untuk mengkalkulasi detik dan kedua untuk menit.

Masing – masing output dari fungsi CTU (*Counter Up*) digunakan untuk memetakan (*mapping*) data 24 menit yang lalu. Pembuatan program *mapping* menggunakan fungsi IF, THEN dan END_IF. Ketika suatu kondisi tercapai, nilai

input pada saat itu akan disimpan dan nilai input 24 menit yang lalu akan dikeluarkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran J.

B. Membuat FBD (*Function Block Diagram*) program *soft sensor*

Data input yang digunakan untuk memprediksi formula/komposisi produk adalah data input 24 menit yang lalu. Sehingga sebelum data input dimasukkan ke dalam persamaan algoritma *soft sensor* dimasukkan dulu ke dalam FBD *mapping* yang telah dibuat. Data input 24 menit yang lalu tersebut adalah WI2101, WI2102, WI2103, WI2104 dan WI2105. Sementara WI2121_1 adalah data pada saat itu karena merupakan *flow indicator product*.

C. Membuat *variable tag* untuk indikasi persentase N, P dan K

Agar hasil kalkulasi dari FBD *soft sensor* dapat ditampilkan pada HMI (*Human Machine Interface*) harus dibuatkan *variable tag* baru sebagai output dari *soft sensor*. *Persen_N* adalah *variable tag* untuk indikasi persentase N pada produk. *Persen_P* adalah *variable tag* untuk indikasi persentase P pada produk. Dan *Persen_K* adalah *variable tag* untuk indikasi persentase K pada produk. Agar *variable tag* tersebut dapat diidentifikasi oleh HMI, *variable tag* tersebut diberi *address* (alamat).

Masukkan *variable – variable tag* ke dalam output FBD *soft sensor*. *Persen_N* dimasukkan ke dalam output *Out_N* FBD *soft sensor*. *Persen_P* dimasukkan ke dalam output *Out_P* FBD *soft sensor*. Dan *Persen_K* dimasukkan ke dalam output *Out_P* FBD *soft sensor*. Begitu juga dengan *variable – variable tag* indikasi *flow rate* pada *weigh feeder* dan *final product* dimasukkan ke dalam input FBD *soft sensor*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar K.5.

D. Input Variable Tag dan Trend Tag pada Vijeo Citect

Agar *variabel tag* *Persen_N*, *Persen_P* dan *Persen_K* dapat di-*record* maka harus didaftarkan terlebih dahulu. Buka *software Vijeo Citect Explorer* maka akan tampil 3 *software* yaitu *Vijeo Citect Editor*, *Vijeo Citect Explorer* dan *Vijeo Citect Builder*. Untuk mendaftarkan *variable tag* pada *Vijeo Citect* yang

telah dibuat pada *Unity Pro* dengan cara klik *toolbar* Tags pada *Vijeo Citect Editor*, kemudian pilih menu *Variable Tags* (Lampiran J).

Agar *variable tag* *Persen_N*, *Persen_P* dan *Persen_K* dapat ditampilkan dalam bentuk trend / kurva, maka *variable – variable tag* tersebut harus didaftarkan terlebih dahulu pada menu *Trend Tags*. Klik *toolbar* Tags kemudian pilih menu *Trend Tag*.

Apabila hasil dari implementasi tidak sesuai dengan hasil pada estimasi dan validasi model, evaluasi program implementasi pada *Software Unity Pro XL* dan lakukan modifikasi program, sampai hasil implementasi sesuai dengan hasil estimasi dan validasi.

BAB IV

PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Model dengan Input *Flowrate Weight Feeder* dan *Product*

Pada percobaan pertama, peneliti menggunakan data *weightt feeder* dan *product* sebagai data input dan data hasil uji labolatorium sebagai data output. Untuk mengetahui pengaruh masing – masing *variable input* terhadap *variable output*, peneliti melakukan uji korelasi. Hasil uji korelasi percobaan pertama dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Uji Korelasi *flowrate Weight Feeder* dan *Product* terhadap Uji Labolatorium

Variable	N	P	K
DAP (WI2101)	0.239	0.754	-0.629
Urea (WI2102)	0.330	-0.527	0.196
KCl (WI2103)	-0.344	-0.587	0.657
Clay (WI2104)	0.017	-0.265	-0.144
ZA (WI2105)	0.067	-0.060	-0.098
Produk (WI2121_1)	0.030	0.005	-0.117
N	-	0.347	-0.547
P	0.347	-	-0.761
K	-0.547	-0.761	-

Berdasarkan hasil uji korelasi, *variable input* yang berpengaruh terhadap persentase N dengan kategori lemah adalah DAP (WT2102), urea (WI2102) dan KCl (WI2103). Sedangkan *variable input* lainnya (WI2104, WI2105 dan WI2121_1) memiliki pengaruh dengan kategori sangat lemah terhadap persentase N. *Variable input* yang berpengaruh kuat terhadap persentase P adalah DAP (WI2101) dan yang berpengaruh sedang adalah urea (WI2102) dan KCl (WT2103). Sedangkan *clay* (WI2104) berpengaruh lemah, ZA (WI2105) dan produk (WI2121_1) berpengaruh sangat lemah terhadap persentase P.

Untuk persentase K *variable input* yang berpengaruh kuat adalah DAP (WT2101) dan KCl (WI2103). *Variable input* yang berpengaruh sangat lemah

terhadap persentase K adalah urea (WT2101), *clay* (WI2104), ZA (WT2105 dan *product* (WT2121_1).

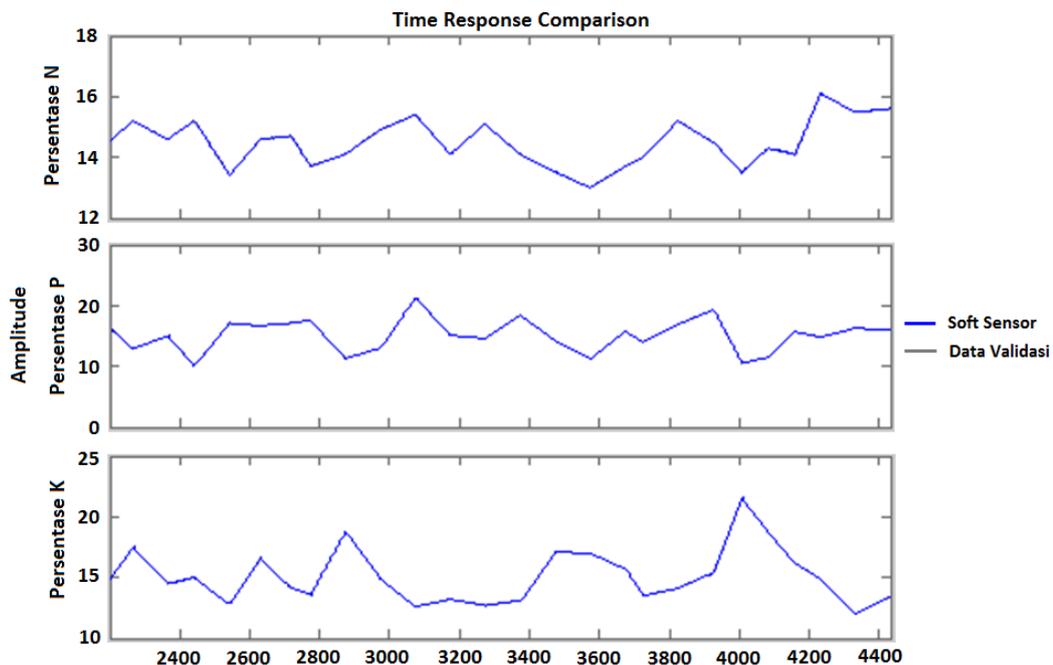
Hubungan korelasi antara *variable output* dengan *variable output* lainnya yang memiliki kategori kuat adalah persentase P dengan persentase K, hubungan dengan kategori sedang adalah persentase N dengan persentase K. Sedangkan persentase N dengan persentase P memiliki hubungan dengan kategori lemah.

Sebelumnya peneliti telah membuat enam variasi model pada Tabel 3.4 untuk mendapatkan model *soft sensor* dengan nilai *fitness* terbaik sesuai standar berdasarkan model fisis. Berbeda dengan model fisis dimana persentase N dipengaruhi oleh *flowrate* DAP, urea dan ZA, hasil uji korelasi justru menunjukkan persentase N lebih dipengaruhi oleh *flowrate* DAP, urea dan KCl. Oleh karena itu peneliti menambahkan satu variasi model. Hasil *fitness* terbaik dari masing – masing variasi model dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil estimasi dan validasi dengan nilai *fitness* terbaik pada model – model *soft sensor* dengan input *flowrate weight feeder* dan *product*

Variasi	Matrik A	Matrik B	Fitness (%)
1	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,54 K = 99,62
2	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,54 K = 99,62
3	$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,54 K = 99,62
4	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,29 P = 99,54 K = 99,62
5	$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,29 P = 99,54 K = 99,62
6	$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,29 P = 99,54 K = 99,62
7	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 1 \\ 0 & 11 & 1 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,54 K = 99,62

Dari Tabel 4.2 dapat kita lihat, tidak ada perbedaan nilai *fitness* yang signifikan dari masing – masing variasi model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai *variable input soft sensor*. Begitu juga pada variasi 7 model *flowrate weight feeder* dan *product* yang menggunakan model sesuai dengan hasil uji korelasi diperoleh *fitness* 99,32 untuk persentase N, 99,54 % untuk persentase P dan 99,62 % untuk persentase K yang sama dengan variasi 1, 2 dan 3. Untuk mengetahui perbandingan formula hasil estimasi *soft sensor* dengan hasil uji laboratorium dan interpolasi, maka peneliti menampilkan dalam bentuk kurva sebagai berikut.



Gambar 4.1. Kurva hasil estimasi dan validasi variasi 1 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input

Dari Gambar 4.1 dapat kita lihat, hasil estimasi/prediksi *soft sensor* sangat mendekati data validasi (data uji laboratorium dan interpolasi). Data yang peneliti gunakan untuk estimasi parameter dan validasi model pada tanggal 3 – 10 Juli 2017 *flowrate* (laju aliran) produk cenderung stabil (19 – 27 ton/jam). Oleh karena itulah mengapa hasil estimasi *soft sensor* dengan model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input memiliki nilai *fitness* yang tinggi. Akan berbeda hasilnya ketika *flowrate* (laju aliran) produk cenderung fluktuatif (8 – 27 ton/jam).

Untuk mengatasi permasalahan ini peneliti melanjutkan percobaan dengan menggunakan model rasio sebagai alternatif ketika *flowrate* (laju aliran) produk fluktuatif sehingga sulit mendapatkan nilai *fitness* yang tinggi mengingat karakter proses Unit NPK Granulasi *Solid Base* yang fleksibel dan sering *start stop* tergantung produk pupuk yang dihasilkan.

4.2. Hasil Model dengan input rasio *weight feeder* terhadap *product*

Berdasarkan percobaan 1 yang belum dapat menghasilkan model dengan nilai *fitnees* sesuai standar, maka peneliti mencoba dengan model yang berbeda. Model yang kedua ini menggunakan rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input pada proses estimasi.

Untuk mengetahui pengaruh masing – masing *variable input* terhadap *variable output*, peneliti melakukan uji korelasi. Hasil uji korelasi percobaan pertama dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Uji Korelasi rasio *Weight Feeder* dengan *Product* terhadap Uji Labolatorium

Variable	N	P	K
Rasio DAP	0.275	0.876	-0.669
Rasio Urea	0.363	-0.604	0.285
Rasio KCl	-0.454	-0.700	0.893
Rasio Clay	0.026	-0.286	-0.132
Rasio ZA	0.109	-0.144	0.049
N	-	0.347	-0.547
P	0.347	-	-0.761
K	-0.547	-0.761	-

Berdasarkan hasil uji korelasi, *variable input* yang berpengaruh terhadap persentase N dengan kategori sangat lemah adalah rasio DAP (2101) dan rasio clay (WI2104). *Variable input* yang berpengaruh terhadap persentase N dengan kategori lemah adalah rasio ZA (WI2105), sedangkan *variable input* dengan kategori sedang adalah rasio urea (WI2102) dan rasio KCl (WI2103).

Untuk persentase P, *variable input* yang berpengaruh dengan kategori sangat kuat adalah rasio DAP (WI2101) dan yang berpengaruh kuat adalah rasio

urea (WI2102). *Variable input* yang memiliki pengaruh dengan kategori sedang terhadap persentase P adalah rasio KCl (WI2103) dan kategori lemah adalah rasio clay (WI2104) dan rasio ZA (WI2105).

Untuk persentase K *variable input* yang berpengaruh sangat kuat adalah rasio KCl (WI2103). *Variable input* yang berpengaruh sedang terhadap persentase K adalah rasio DAP (WI2101). Sementara *variable input* yang berpengaruh lemah terhadap persentase K adalah rasio clay (WI2104) dan yang memiliki pengaruh sangat lemah terhadap persentase K rasio urea (WI2102) dan rasio ZA (WI2105).

Hubungan korelasi antara *variable output* dengan *variable output* lainnya yang memiliki kategori sedang adalah persentase P dengan persentase K dan persentase N dengan persentase K. Sedangkan persentase N dengan persentase P memiliki hubungan dengan kategori lemah.

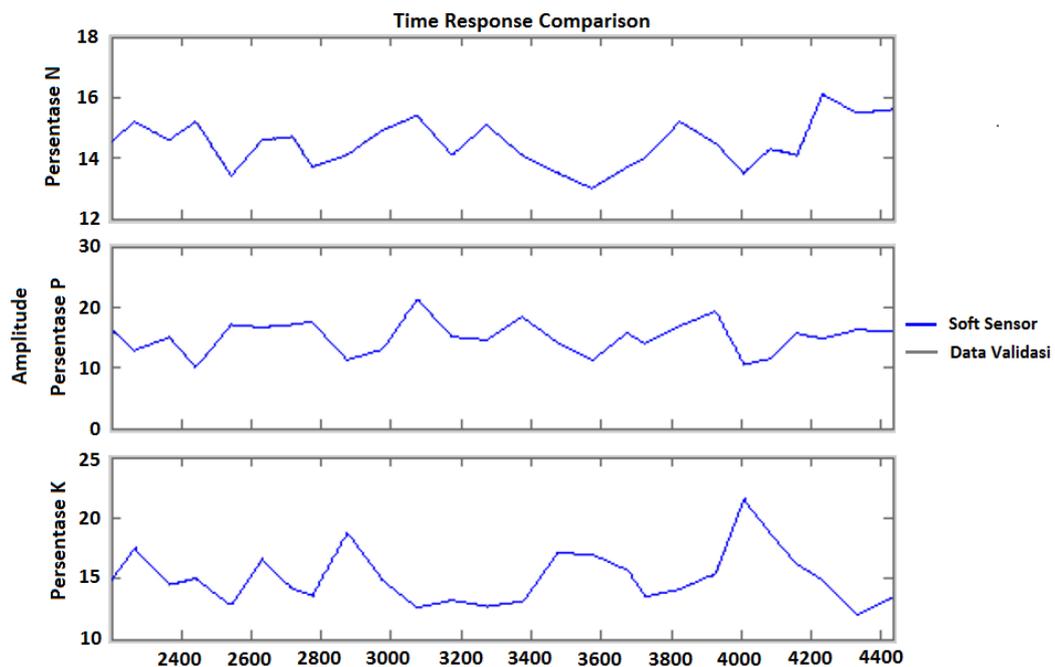
Tabel 4.4. Hasil estimasi dan validasi nilai *fitness* terbaik model – model *soft sensor* dengan input rasio *weight feeder* terhadap *product*

Variasi	Matrik A	Matrik B	Fitness (%)
1	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,54 K = 99,62
2	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,54 K = 99,62
3	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,54 K = 99,62
4	$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 1 \\ 1 & 16 & 8 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	N = 99,30 P = 99,55 K = 99,62
5	$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 11 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	N = 99,29 P = 99,54 K = 99,61
6	$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,29 P = 99,54 K = 99,62
7	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 1 \\ 0 & 12 & 3 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,55 K = 99,62

Hasil uji korelasi model *soft sensor* dengan input rasio *weight feeder* terhadap *product* menunjukkan persentase N lebih dipengaruhi oleh rasio DAP,

urea dan KCl terhadap *product*, berbeda dengan model fisis yang menunjukkan jika persentase N dipengaruhi oleh rasio DAP, urea dan ZA. Sebelumnya peneliti telah membuat enam variasi model pada Tabel 3.5 untuk mendapatkan model *soft sensor* dengan nilai *fitness* terbaik sesuai standar berdasarkan model fisis. Oleh karena itu peneliti menambahkan satu variasi model. Hasil *fitness* terbaik dari masing – masing variasi model dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Dari Tabel 4.4 dapat kita lihat, tidak ada perbedaan nilai *fitness* yang signifikan dari masing – masing variasi model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai *variable input soft sensor*. Begitu juga pada variasi 7 model rasio *weight feeder* terhadap *product* yang menggunakan model sesuai dengan hasil uji korelasi diperoleh *fitness* 99,32 untuk persentase N, 99,55 % untuk persentase P dan 99,62 % untuk persentase K yang hampir sama dengan variasi 1, 2 dan 3. Dibanding dengan hasil *fitness* yang diperoleh dari model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input, hasil *fitness* yang diperoleh dari model rasio *weight feeder* terhadap *product* tidak jauh berbeda. Untuk mengetahui perbandingan formula hasil estimasi *soft sensor* dengan hasil uji laboratorium dan interpolasi, maka peneliti menampilkan dalam bentuk kurva sebagai berikut.



Gambar 4.2. Kurva hasil estimasi dan validasi variasi 7 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input

Dari Gambar 4.2 dapat kita lihat, hasil estimasi/prediksi *soft sensor* model rasio *weight feeder* terhadap *product* sangat mendekati data validasi (data uji laboratorium dan interpolasi) dan hampir sama dengan hasil estimasi/prediksi *soft sensor* model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input. Sehingga *soft sensor* model rasio *weight feeder* terhadap *product* dapat dijadikan sebagai alternatif yang digunakan untuk memprediksi formula produk pupuk.

Selain itu, berdasarkan penjelasan teoritik persentase N dipengaruhi oleh banyak *variable* diantaranya DAP, urea dan ZA. Hal ini berbeda dengan hasil uji korelasi yang menunjukkan *variable* yang dominan mempengaruhi persentase N adalah DAP, urea dan KCl.

4.3. Hasil Model dengan Input Rasio *Weight Feeder* dan *Product* Terhadap Total *Weight Feeder*

Dari hasil percobaan 2, nilai *fitness* hasil estimasi/prediksi *soft sensor* tidak jauh berbeda dengan hasil estimasi/prediksi pada percobaan 1. Tetapi peneliti ingin mencoba dengan *soft sensor* model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder*, sebagai alternatif model *soft sensor* untuk memprediksi formula pupuk NPK Granulasi. Untuk mengetahui pengaruh masing – masing *variable input* terhadap *variable output*, peneliti melakukan uji korelasi. Hasil uji korelasi percobaan pertama dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil Uji Korelasi rasio *Weight Feeder* dan *Product* dengan total *weight feeder* terhadap Uji Laboratorium

Variable	N	P	K
Rasio DAP	0.221	0.871	-0.665
Rasio Urea	0.352	-0.617	0.293
Rasio KCl	-0.513	-0.712	0.914
Rasio Clay	0.013	-0.288	-0.128
Rasio ZA	-0.127	-0.212	0.069
Rasio Product	-0.168	0.010	-0.012
N	-	0.347	-0.547
P	0.347	-	-0.761
K	-0.547	-0.761	-

Berdasarkan hasil uji korelasi, ada peningkatan pengaruh dari masing – masing *variable input*. *Variable input* yang berpengaruh terhadap persentase N dengan kategori sangat lemah adalah rasio DAP dan *product*. *Variable input* yang berpengaruh terhadap N dengan kategori lemah adalah rasio *clay* dan ZA. Sedangkan *variable input* yang berpengaruh dengan kategori sedang adalah rasio urea dan KCl.

Untuk persentase P, *variable input* yang berpengaruh sangat lemah adalah rasio *product*. *Variable input* yang berpengaruh lemah adalah rasio *clay* dan ZA. *Variable input* yang berpengaruh sedang terhadap persentase P adalah rasio KCl. *Variable input* yang berpengaruh kuat terhadap persentase P adalah Urea. Sedangkan *variable input* yang berpengaruh sangat kuat terhadap persentase P adalah rasio DAP.

Untuk persentase K *variable input* yang berpengaruh sangat lemah adalah rasio urea, rasio ZA dan rasio *product*. *Variable input* yang berpengaruh lemah terhadap persentase K adalah rasio *clay*. *Variable input* yang berpengaruh sedang terhadap persentase K adalah rasio DAP. Sementara *variable input* yang berpengaruh sangat kuat terhadap persentase K adalah rasio KCl.

Hubungan korelasi antara *variable output* dengan *variable output* lainnya yang memiliki kategori sedang adalah persentase P dengan persentase K dan persentase N dengan persentase K. Sedangkan persentase N dengan persentase P memiliki hubungan dengan kategori lemah.

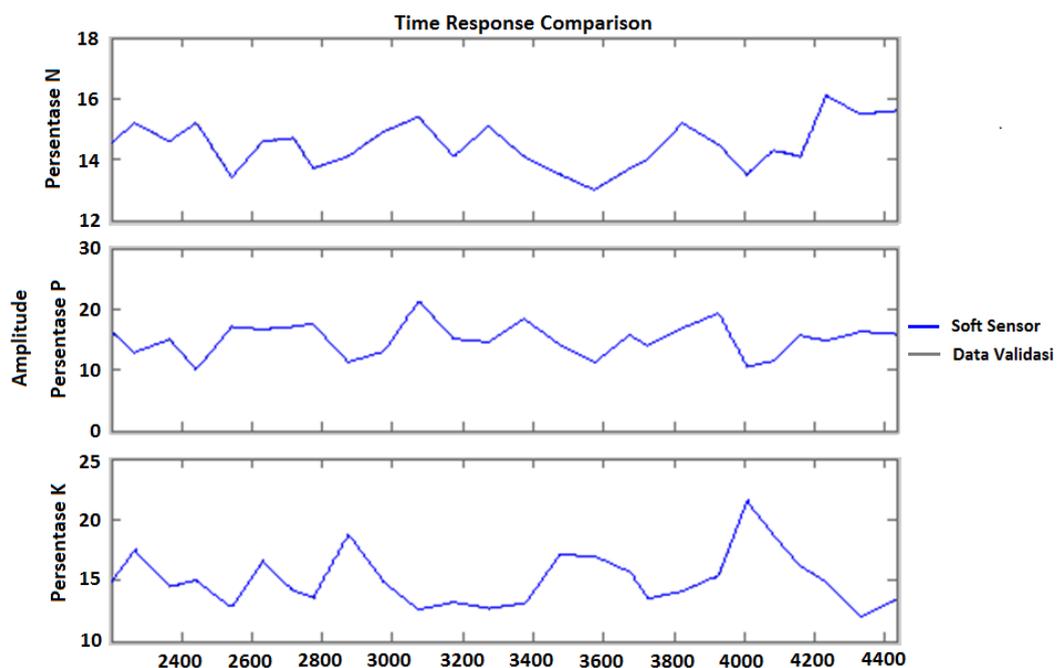
Hasil uji korelasi model *soft sensor* dengan input rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* menunjukkan persentase N lebih dipengaruhi oleh rasio urea dan KCl terhadap total *weight feeder*, berbeda dengan model fisis yang menunjukkan jika persentase N dipengaruhi oleh rasio DAP, urea dan ZA. Sebelumnya peneliti telah membuat enam variasi model pada Tabel 3.4 untuk mendapatkan model *soft sensor* dengan nilai *fitness* terbaik sesuai standar berdasarkan model fisis. Oleh karena itu peneliti menambahkan dua variasi model. Hasil *fitness* terbaik dari masing – masing variasi model dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil estimasi dan validasi nilai *fitness* terbaik model – model *soft sensor* dengan input rasio *weight feeder & product* terhadap total *weight feeder*

Model	Matrik A	Matrik B	Fitness (%)
1	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 17 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,54 K = 99,63
2	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,31 P = 99,54 K = 99,63
3	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,31 P = 99,54 K = 99,63
4	$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,29 P = 99,54 K = 99,62
5	$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,29 P = 99,54 K = 99,62
6	$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 3 \\ 1 & 1 & 12 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	N = 99,28 P = 99,54 K = 99,62
7	$\begin{bmatrix} 12 & 0 & 1 \\ 0 & 13 & 3 \\ 1 & 1 & 13 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	N = 99,32 P = 99,55 K = 99,62

Dari Tabel 4.6 dapat kita lihat, tidak ada perbedaan nilai *fitness* yang signifikan dari masing – masing variasi model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai *variable input soft sensor*. Begitu juga pada variasi 7 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* yang menggunakan model sesuai dengan hasil uji korelasi diperoleh *fitness* 99,32 untuk persentase N, 99,55 % untuk persentase P dan 99,62 % untuk persentase K yang hampir sama dengan variasi 1, 2 dan 3. Dibanding dengan hasil *fitness* yang diperoleh dari model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input, hasil *fitness* yang diperoleh dari model rasio *weight feeder* terhadap *product* tidak jauh berbeda. Untuk mengetahui perbandingan formula hasil estimasi *soft sensor* dengan hasil uji laboratorium dan interpolasi, maka peneliti menampilkan dalam bentuk kurva sebagai berikut.

Dari Gambar 4.3 dapat kita lihat, hasil estimasi/prediksi *soft sensor* model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sangat mendekati data validasi (data uji laboratorium dan interpolasi) dan hampir sama dengan hasil estimasi/prediksi *soft sensor* model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input. Sehingga *soft sensor* model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* dapat dijadikan sebagai alternatif yang digunakan untuk memprediksi formula produk pupuk.



Gambar 4.3. Kurva hasil estimasi dan validasi variasi 7 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input

4.4. Implementasi

Berdasarkan hasil estimasi parameter dan validasi model, tidak ada perbedaan yang signifikan pada hasil *fitness* dari masing – masing model. Dalam implementasi ini peneliti menggunakan *soft sensor* variasi 7 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* maka persamaan ARX dari model *soft sensor* dengan nilai *fitness* optimal yang akan diimplementasikan adalah

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} \hat{N}(t) \\ \hat{P}(t) \\ \hat{R}(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0,00154 & -0,02126 & 0,01213 & 0 & 0 & 0 \\ 0,00088 & 0,03562 & -0,01972 & 0 & 0 & 0 \\ 0,01228 & 0 & 0,01467 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{rasio DAP}(t-1440) \\ \text{rasio urea}(t-1440) \\ \text{rasio KCl}(t-1440) \\ \text{rasio clay}(t-1440) \\ \text{rasio ZA}(t-1440) \\ \text{rasio product}(t) \end{bmatrix} + \\
&\begin{bmatrix} 1,260 & 0 & 1,2 \cdot 10^{-5} \\ 0 & 1,684 & -0,1793 \\ -4,9 \cdot 10^{-5} & 1,727 & 7,4 \cdot 10^{-5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-144) \\ \hat{P}(t-144) \\ \hat{R}(t-144) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,1054 & 0 & 0 \\ 0 & -0,4394 & -0,3341 \\ 0 & 0 & 0,4399 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-288) \\ \hat{P}(t-288) \\ \hat{R}(t-288) \end{bmatrix} + \\
&\begin{bmatrix} -0,09363 & 0 & 0 \\ 0 & -0,2295 & 0,1545 \\ 0 & 0 & -0,3516 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-432) \\ \hat{P}(t-432) \\ \hat{R}(t-432) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,2672 & 0 & 0 \\ 0 & 0,01464 & 0 \\ 0 & 0 & 0,1007 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-576) \\ \hat{P}(t-576) \\ \hat{R}(t-576) \end{bmatrix} + \\
&\begin{bmatrix} 0,06467 & 0 & 0 \\ 0 & -0,003976 & 0 \\ 0 & 0 & -0,05547 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-720) \\ \hat{P}(t-720) \\ \hat{R}(t-720) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,008747 & 0 & 0 \\ 0 & -0,008747 & 0 \\ 0 & 0 & 0,07804 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-864) \\ \hat{P}(t-864) \\ \hat{R}(t-864) \end{bmatrix} + \\
&\begin{bmatrix} -0,1852 & 0 & 0 \\ 0 & 0,03517 & 0 \\ 0 & 0 & -0,08284 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-1008) \\ \hat{P}(t-1008) \\ \hat{R}(t-1008) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,0216 & 0 & 0 \\ 0 & 0,05807 & 0 \\ 0 & 0 & 0,03384 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-1152) \\ \hat{P}(t-1152) \\ \hat{R}(t-1152) \end{bmatrix} + \\
&\begin{bmatrix} -0,003874 & 0 & 0 \\ 0 & -0,1866 & 0 \\ 0 & 0 & -0,1164 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-1296) \\ \hat{P}(t-1296) \\ \hat{R}(t-1296) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,6492 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5016 & 0 \\ 0 & 0 & 0,4679 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-1440) \\ \hat{P}(t-1440) \\ \hat{R}(t-1440) \end{bmatrix} + \\
&\begin{bmatrix} -0,7657 & 0 & 0 \\ 0 & -0,648 & 0 \\ 0 & 0 & -0,581 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-1584) \\ \hat{P}(t-1584) \\ \hat{R}(t-1584) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,2485 & 0 & 0 \\ 0 & 0,367 & 0 \\ 0 & 0 & 0,2624 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-1728) \\ \hat{P}(t-1728) \\ \hat{R}(t-1728) \end{bmatrix} + \\
&\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0,07497 & 0 \\ 0 & 0 & -0,02725 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}(t-1872) \\ \hat{P}(t-1872) \\ \hat{R}(t-1872) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1(t) \\ e_2(t) \\ e_3(t) \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{4.1}$$

dengan

rasio DAP = *flowrate DAP* dibagi total *weight feeder*

rasio urea = *flowrate urea* dibagi total *weight feeder*

rasio KCl = *flowrate KCl* dibagi total *weight feeder*

rasio clay = *flowrate clay* dibagi total *weight feeder*

rasio ZA = *flowrate ZA* dibagi total *weight feeder*

rasio product = *flowrate product* dibagi total *weight feeder*

\hat{N} = *prediksi persentase N*

\hat{P} = *prediksi persentase P*

\hat{R} = *prediksi persentase K*

t = *waktu (detik)*

4.5. Validasi Hasil Implementasi

Data hasil prediksi formula / komposisi Pupuk NPK Granulasi dari program FBD *soft sensor* yang dibuat pada *Unity Pro 10.0* dan di-record pada *Vijeo Citect Run Time* dibandingkan dengan hasil uji laboratorium. Tingkat kebenaran (*fitness*) menggunakan persamaan sebagai berikut

$$FITN = \left(1 - \frac{\sum(N_i - \hat{N}_i)}{\sum N_i - \bar{N}}\right) \times 100 \% \quad (4.2)$$

$$FITP = \left(1 - \frac{\sum(P_i - \hat{P}_i)}{\sum P_i - \bar{P}}\right) \times 100 \% \quad (4.3)$$

$$FITK = \left(1 - \frac{\sum(K_i - \hat{K}_i)}{\sum K_i - \bar{K}}\right) \times 100 \% \quad (4.4)$$

dengan

N_i = persentase N hasil uji lab

P_i = persentase P hasil uji lab

K_i = persentase K hasil uji lab

\hat{N}_i = persentase N hasil *soft sensor*

\hat{P}_i = persentase P hasil *soft sensor*

\hat{K}_i = persentase K hasil *soft sensor*

\bar{N} = persentase N rata – rata hasil uji lab

\bar{P} = persentase P rata – rata hasil uji lab

\bar{K} = persentase K rata – rata hasil uji lab

Berdasarkan data yang dikumpulkan pada Bulan Nopember 2019 yang dapat dilihat pada Lampiran M diperoleh nilai *fitness* (tingkat kebenaran) *soft sensor* untuk masing – masing prediksi output sebesar 98,21 % untuk persentase N, 98,13 % untuk persentase P dan 98,92 % untuk persentase K. Dengan hasil tersebut, algoritma program yang dibuat pada *software* Unity Pro XL sesuai dengan algoritma hasil validasi pada *software* Matlab.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu antara lain :

- Model *soft sensor* untuk memprediksi formula pupuk NPK Granulasi dengan menggunakan persamaan ARX yang memiliki hasil *fitness* terbaik dan sesuai standar adalah model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder*.
- Hasil uji korelasi menunjukkan faktor dominan yang paling mempengaruhi persentase N adalah DAP, urea dan KCl berbeda dengan model fisika dimana faktor yang mempengaruhi persentase N adalah DAP, urea dan ZA.
- Nilai kebenaran (*fitness*) terbaik yang dapat dicapai dalam penelitian ini adalah 99,32 untuk N, 99,55 untuk P dan 99,62 untuk K.
- Algoritma *soft sensor* dapat diimplementasikan pada *software Unity Pro XL* tanpa tambahan *software* lain dengan nilai kebenaran 98,21 % untuk N, 98,13 % untuk P dan 98,92 %.

5.2. Saran

Saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- Perlu dilakukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam bidang *soft sensor* mengingat potensi yang cukup besar dalam dunia industri yaitu dapat meningkatkan efisiensi, menghemat biaya produksi dan menjaga kualitas produk.
- Perlu dilakukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam dunia industri karena *soft sensor* dalam implementasinya dapat dilakukan dengan mudah dan murah.

DAFTAR PUSTAKA

- Yongfeng, FU., 2007, *MIMO Soft-sensor Model of Nutrient Content for Compound Fertilizer Based on Hybrid Technic*, Jurnal, ECC.
- Barbosa Paula., 2013, *Soft Sensor Development for Hydrocracker Product Quality Prediction*, Jurnal.
- Bolf, N., 2007, *Aplication Soft Sensor for Monitoring and Control Refinery Emission*, Jurnal, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, University of Maribor.
- M. Saifizi, M. Z. Ab Muin., 2013, *Comparison of ARX and ARMAX Model for Thermoelectric Refrigerator*, Universitas Malaysia Pahang, Pahang.
- Schalkoff, R.J., 1992, *Pattern Recognition : Statistical, Structural, and Neural Approaches*, John Wiley & Sons, New York.
- Wasserman, P.D, 1989, *Neural Computing: Theory and Practice*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Wellstead, P.E and Zarrop, M.B. 1991, *Self-tuning Systems: Control and Signal Processing*, Wiley, U.K.
- Wu, S.M. and Pandit S.M., 1993, *Time Series and System Analysis with Applications*, John Wiley & Sons, Florida.
- Fortuna, Graziani, Rizzo and Xibilia, 2007, *Soft Sensors for Monitoring and Control of Industrial Processes*, Springer, London.
- Widjiantoro, Bambang L, 2005, *Handout Ajar Jaringan syaraf Tiruan*, Jurusan Teknik Fisika, ITS.
- Norgaard, Magnus, 2000, *Neural Network for Modelling and Control of Dynamic Systems*, Verlag Springer, London.

- Team Human Resource Sumatra, 2005, *Production Operation (Modul 4A) Operation & Maintenance Certification*, PT. Chevron Pasific Indonesia.
- Riazi, M.R, 2005, “*Characterization and Properties of Petroleum Fractions*”, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken.
- Danesh, Ali, 1998, “*PVT and Phase Behaviour of Petroleum Reservoir Fluids*”, Elsevier Science B.V, USA.
- Tarek, Ahmad, 2006, “*Reservoir Engineering Handbook Third Edition*”, Elsevier Science B.V, USA.
- P. Kadlec, B. Gabrys, S. Strandt, 2009, “*Data-Driven Soft-sensors in the Process Industry*”. *Computers and Chemical Engineering*. vol 33. pp 795-814.
- H.M.S. Lababidi, D. Chedabeh, M.R. Riazi, A. AlQuattan, H. A. Al-Adwani, 2011, “*Prediction of Product Quality for Catalytic Hydrocracking of Vacuum Gas Oil*”. *Fuel*. vol. 90. pp 719-727.
- Fortuna, L., Graziani, S., Rizzo, A., Xibilia, M.G., 2007, “*Soft Sensors for Monitoring and Control of Industrial Processes (Advances in Industrial Control)*”, Springer, London.
- Fortuna, L., Rizzo, A., Sinatra, M., M. G. Xibilia, M. G., 2003, “*Soft Analyzers for Sulphur Recovery Unit*”, *Control Eng. Practice* 11, 1491-1500.
- Neuralware, 2001, “*Neural Computing – A Technology Handbook for Professional II / Plus and Neural Works Explorer*”, Neural Ware Inc., Pittsburgh, USA.
- Quek C.J., Balasubramanian R., Rangaiah G.P., 2000, “*Hydrocarbon Processing Jan*”, 101-106.
- Sugeno, M., 1985, “*Industrial Application of Fuzzy Control*”, Elsevier Science, Amsterdam.

LAMPIRAN A

DATA WEIGH INDICATOR & FORMULA 3 – 10 JULI 2017

Tabel A.1. Data formula dan *weigh indicator* 3 - 10 Juli 2017

Tgl	Wkt	Data Formula Pupuk			Data Weight Indicator					
		N	P	K	DAP	Urea	KCl	Clay	ZA	Product
2	23:31:12	15.60	15.90	13.40	6.947	2.171	4.471	2.272	4.174	13.406
	23:33:36	15.60	15.90	13.39	6.958	2.174	4.478	2.276	4.181	13.593
	23:36:00	15.60	15.91	13.37	6.957	2.174	4.478	2.275	4.180	13.806
	23:38:24	15.60	15.91	13.36	6.957	2.174	4.478	2.275	4.180	14.015
	23:40:48	15.60	15.92	13.34	6.957	2.174	4.478	2.275	4.180	14.223
...
3	3:21:03	15.50	16.29	12.06	7.406	2.157	4.180	2.803	4.354	20.048
	3:24:00	15.50	16.29	12.04	7.174	2.089	4.049	2.715	4.218	20.083
	3:26:24	15.50	16.30	12.03	7.294	2.124	4.117	2.761	4.289	20.017
	3:28:48	15.50	16.30	12.01	7.239	2.108	4.086	2.740	4.256	20.051
	3:31:12	15.50	16.30	12.00	7.161	2.086	4.042	2.710	4.210	20.085
	3:33:36	15.51	16.29	12.03	7.399	2.155	4.176	2.800	4.350	20.019
	3:36:00	15.51	16.27	12.06	7.152	2.083	4.037	2.707	4.205	20.053
	3:38:24	15.52	16.26	12.09	7.285	2.122	4.112	2.757	4.283	20.088
	3:40:48	15.52	16.24	12.12	7.346	2.139	4.146	2.780	4.319	20.022

	7:21:36	16.08	14.86	14.78	4.741	1.901	3.659	1.364	3.070	20.020
	7:24:00	16.08	14.85	14.81	4.530	1.816	3.496	1.304	2.933	20.037
	7:26:24	16.09	14.83	14.84	4.639	1.860	3.581	1.335	3.004	20.071
	7:28:48	16.09	14.82	14.87	4.749	1.904	3.665	1.367	3.075	20.015
	7:31:12	16.10	14.80	14.90	4.536	1.819	3.501	1.305	2.937	20.068
	7:33:36	16.07	14.81	14.92	4.647	1.863	3.587	1.337	3.009	20.053
	7:36:00	16.05	14.82	14.94	4.757	1.907	3.671	1.369	3.080	19.849
	7:38:02	16.02	14.84	14.95	4.672	1.873	3.606	1.344	3.025	19.791
	7:40:48	15.99	14.85	14.97	4.616	1.851	3.563	1.328	2.989	19.655
	7:43:12	15.97	14.86	14.99	4.616	1.851	3.563	1.328	2.989	19.529

	10:19:12	14.21	15.65	16.13	4.933	1.126	3.902	1.481	3.011	14.743
	10:21:36	14.18	15.67	16.15	4.898	1.118	3.875	1.471	2.990	14.724
	10:24:00	14.16	15.68	16.17	4.863	1.110	3.847	1.460	2.968	14.758
	10:26:24	14.13	15.69	16.18	4.897	1.117	3.874	1.470	2.989	14.749
	10:28:04	14.10	15.70	16.20	5.033	1.148	3.982	1.511	3.072	14.737

	15:19:12	14.29	11.72	18.56	4.849	2.288	6.045	2.173	4.041	16.210
	15:21:36	14.29	11.67	18.60	4.838	2.282	6.031	2.168	4.031	16.395
	15:24:00	14.30	11.61	18.63	4.877	2.301	6.081	2.186	4.065	16.575
	15:26:24	14.30	11.56	18.66	4.952	2.337	6.174	2.220	4.127	16.763
	15:28:48	14.30	11.50	18.70	4.977	2.348	6.205	2.231	4.148	16.947

19:24:00	13.53	10.54	21.39	4.456	2.129	6.995	1.874	4.067	19.405	
19:26:24	13.52	10.52	21.43	4.488	2.144	7.045	1.887	4.096	19.445	
19:28:48	13.51	10.51	21.47	4.416	2.110	6.933	1.858	4.031	19.484	
19:31:12	13.50	10.50	21.50	4.443	2.123	6.974	1.869	4.055	19.430	
19:33:36	13.51	10.61	21.42	4.416	2.110	6.933	1.857	4.031	19.470	
19:36:00	13.52	10.72	21.35	4.417	2.110	6.933	1.858	4.031	19.410	
19:38:24	13.54	10.83	21.27	4.508	2.154	7.077	1.896	4.115	19.455	
19:40:48	13.55	10.93	21.20	4.416	2.110	6.933	1.858	4.031	19.460	
...	
23:21:36	14.45	18.86	15.70	8.119	1.083	4.967	1.151	4.031	19.487	
23:24:00	14.47	18.97	15.63	8.118	1.082	4.966	1.151	4.031	19.349	
23:26:24	14.48	19.08	15.55	8.118	1.082	4.966	1.151	4.031	19.446	
23:28:48	14.49	19.19	15.48	8.118	1.082	4.966	1.151	4.031	19.473	
23:31:12	14.50	19.30	15.40	8.119	1.083	4.967	1.151	4.031	19.470	
23:33:36	14.51	19.28	15.39	8.154	1.087	4.988	1.156	4.049	19.410	

...
3:19:01	15,17	17,02	14,17	8,536	2,252	5,580	2,403	5,124	22,579
3:21:03	15,17	17,00	14,15	8,577	2,238	5,542	2,587	5,091	22,539
3:24:00	15,18	16,97	14,14	9,104	2,269	5,523	2,421	5,162	23,083
3:26:24	15,19	16,95	14,13	8,545	2,230	5,522	2,579	5,073	23,250
3:28:48	15,19	16,92	14,11	9,006	2,245	5,561	2,595	5,107	23,405
3:31:12	15,20	16,90	14,10	8,547	2,230	5,523	2,579	5,073	23,589
3:33:36	15,19	16,87	14,09	9,057	2,258	5,593	2,408	5,136	23,569
3:36:00	15,18	16,84	14,09	8,547	2,230	5,523	2,579	5,073	23,552
3:38:24	15,16	16,81	14,08	8,546	2,230	5,522	2,579	5,073	24,110
3:40:48	15,15	16,78	14,08	8,545	2,205	5,658	2,552	5,016	24,272
3:43:12	15,14	16,76	14,07	8,557	2,233	5,529	2,582	5,079	24,595
...
7:19:01	14,06	14,15	13,53	7,594	2,190	5,466	4,183	5,061	24,650
7:21:36	14,05	14,12	13,52	7,497	2,221	5,543	4,241	5,132	24,494
7:24:00	14,04	14,09	13,52	7,450	2,207	5,508	4,214	5,100	24,570
7:26:24	14,02	14,06	13,51	7,402	2,193	5,472	4,187	5,067	24,680
7:28:48	14,01	14,03	13,51	7,505	2,223	5,548	4,245	5,137	24,645
7:31:12	14,00	14,00	13,50	7,456	2,209	5,512	4,218	5,104	24,585
7:33:36	13,99	14,04	13,54	7,409	2,195	5,478	4,191	5,072	24,430
7:36:00	13,99	14,07	13,59	7,410	2,195	5,478	4,192	5,073	24,660
7:38:02	13,98	14,11	13,63	7,410	2,195	5,478	4,192	5,072	24,610
7:40:48	13,98	14,14	13,68	7,568	2,183	5,447	4,168	5,044	24,450
7:43:12	13,97	14,18	13,72	7,412	2,196	5,479	4,192	5,073	24,695
...
11:19:12	13,73	15,62	15,48	8,577	1,590	6,582	2,578	4,563	24,540
11:21:36	13,72	15,66	15,52	8,598	1,595	6,598	2,585	4,575	24,480
11:24:00	13,72	15,69	15,57	8,529	1,579	6,545	2,561	4,535	24,520
11:26:24	13,71	15,73	15,61	8,563	1,587	6,571	2,573	4,555	24,564
11:28:48	13,71	15,76	15,66	8,502	1,572	6,524	2,552	4,520	24,505
11:31:12	13,70	15,80	15,70	8,420	1,598	6,415	2,592	4,587	24,545
11:33:36	13,69	15,75	15,71	8,525	1,525	6,494	2,528	4,547	24,560
11:36:00	13,69	15,71	15,73	8,298	1,571	6,522	2,550	4,518	24,490
11:38:24	13,68	15,66	15,74	8,563	1,587	6,571	2,573	4,555	24,535
11:40:48	13,67	15,62	15,75	8,559	1,533	6,521	2,540	4,566	24,545
11:43:12	13,67	15,57	15,77	8,564	1,587	6,572	2,573	4,555	24,590
...
15:21:36	13,03	11,38	16,95	5,529	2,246	6,599	4,203	5,073	24,530
15:24:00	13,02	11,34	16,96	5,504	2,237	6,570	4,186	5,052	24,570
15:26:24	13,01	11,29	16,97	5,528	2,246	6,599	4,203	5,072	24,410
15:28:48	13,01	11,25	16,99	5,525	2,283	7,012	4,272	5,156	24,555
15:31:12	13,00	11,20	17,00	5,502	2,274	6,584	4,255	5,135	24,595
15:33:36	13,01	11,23	17,00	5,529	2,246	6,599	4,203	5,073	24,440
15:36:00	13,01	11,26	17,00	5,554	2,256	6,528	4,221	5,094	24,549
15:38:24	13,02	11,29	17,00	5,529	2,246	6,600	4,204	5,073	24,550
15:40:48	13,02	11,32	17,00	5,504	2,237	6,571	4,186	5,052	24,453
...
19:21:36	13,48	14,08	17,10	7,512	1,588	6,535	2,529	5,070	24,640
19:24:00	13,49	14,11	17,10	7,618	1,515	7,034	2,571	5,142	24,660
19:26:24	13,49	14,14	17,10	7,569	1,503	6,588	2,552	5,108	24,505
19:28:48	13,50	14,17	17,10	7,612	1,513	7,028	2,569	5,137	24,584
19:31:12	13,50	14,20	17,10	7,516	1,589	6,539	2,531	5,072	24,630
19:33:36	13,51	14,24	17,06	7,552	1,598	6,572	2,545	5,096	24,470
19:36:00	13,51	14,28	17,02	7,516	1,589	6,539	2,531	5,072	24,510
19:38:24	13,52	14,33	16,98	7,516	1,589	6,539	2,531	5,073	24,655
19:40:48	13,52	14,37	16,94	7,640	1,520	7,054	2,579	5,156	24,460
...
23:21:36	14,08	18,23	13,26	9,564	1,540	5,529	2,591	5,085	24,548
23:24:00	14,08	18,27	13,22	9,541	1,537	5,517	2,584	5,073	24,548
23:26:24	14,09	18,32	13,18	9,574	1,555	5,589	2,523	5,143	24,548
23:28:48	14,09	18,36	13,14	9,524	1,548	5,562	2,509	5,117	24,550
23:31:12	14,10	18,40	13,10	9,548	1,538	5,521	2,586	5,077	24,435
23:33:36	14,11	18,36	13,10	9,584	1,557	5,595	2,526	5,148	24,580
23:36:00	14,12	18,32	13,09	9,555	1,566	5,434	2,547	5,185	24,549
23:38:24	14,13	18,29	13,09	9,819	1,348	5,360	2,907	5,114	24,646
23:40:48	14,14	18,25	13,08	9,860	1,353	5,382	2,919	5,135	24,473
...

4

5

3:19:12	15,05	14,79	12,72	7,848	2,694	5,233	3,799	5,151	24,350
3:24:00	15,07	14,71	12,71	7,811	2,682	5,209	3,781	5,127	24,349
3:26:24	15,08	14,68	12,71	7,909	2,716	5,275	3,829	5,192	24,514
3:28:48	15,09	14,64	12,70	7,700	2,644	5,135	3,727	5,054	24,352
3:31:12	15,10	14,60	12,70	7,808	2,681	5,207	3,779	5,125	24,652
3:33:36	15,09	14,61	12,71	7,759	2,664	5,174	3,756	5,093	24,352
3:36:00	15,08	14,61	12,71	7,719	2,650	5,148	3,736	5,067	24,349
3:38:24	15,07	14,62	12,72	8,808	3,024	5,874	4,263	5,781	24,075
3:40:48	15,06	14,62	12,72	8,631	2,963	5,756	4,178	5,666	24,380
3:43:12	15,05	14,63	12,73	8,750	3,004	5,836	4,236	5,744	24,725
...
7:19:01	14,15	15,08	13,18	8,955	2,264	6,002	4,376	5,683	27,810
7:21:36	14,14	15,08	13,18	9,086	2,297	6,090	4,441	5,767	27,350
7:24:00	14,13	15,09	13,19	8,943	2,261	5,994	4,371	5,676	27,495
7:26:24	14,12	15,09	13,19	9,055	2,289	6,069	4,425	5,747	27,800
7:28:48	14,11	15,10	13,20	9,004	2,276	6,035	4,400	5,715	27,180
7:31:12	14,10	15,10	13,20	8,955	2,264	6,002	4,376	5,683	27,520
7:33:36	14,11	15,16	13,19	9,063	2,291	6,074	4,429	5,752	27,860
7:36:00	14,13	15,23	13,19	9,011	2,278	6,039	4,404	5,719	27,200
7:38:02	14,14	15,29	13,18	8,960	2,265	6,005	4,379	5,686	27,374
7:40:48	14,15	15,35	13,18	9,088	2,297	6,091	4,441	5,768	27,715
7:43:12	14,17	15,42	13,17	9,037	2,284	6,057	4,416	5,735	27,280
...
11:19:12	15,34	21,09	12,63	12,818	2,096	5,786	1,620	5,232	27,280
11:21:36	15,35	21,15	12,62	12,724	2,081	5,744	1,608	5,194	27,797
11:24:00	15,36	21,21	12,62	12,677	2,073	5,723	1,602	5,175	27,785
11:26:24	15,37	21,27	12,61	12,723	2,081	5,743	1,608	5,194	27,520
11:28:48	15,39	21,34	12,61	12,816	2,096	5,785	1,620	5,231	27,348
11:31:12	15,40	21,40	12,60	12,919	2,113	5,832	1,633	5,273	27,347
11:33:36	15,40	21,32	12,62	12,628	2,065	5,700	1,596	5,155	27,351
11:36:00	15,39	21,23	12,65	12,724	2,081	5,744	1,608	5,194	27,354
11:38:24	15,39	21,15	12,67	12,771	2,089	5,765	1,614	5,213	27,448
11:40:48	15,38	21,06	12,69	12,725	2,081	5,744	1,608	5,194	27,651
...
15:19:12	14,93	13,42	14,79	7,198	3,011	6,325	3,629	5,306	25,250
15:21:36	14,92	13,34	14,81	7,260	3,037	6,380	3,661	5,352	25,351
15:24:00	14,92	13,25	14,83	7,163	2,997	6,294	3,612	5,280	25,490
15:26:24	14,91	13,17	14,85	7,215	3,018	6,340	3,638	5,319	25,348
15:28:48	14,91	13,08	14,88	7,220	3,021	6,344	3,640	5,322	25,780
15:31:12	14,90	13,00	14,90	7,163	2,997	6,295	3,612	5,281	25,260
15:33:36	14,89	12,98	14,94	7,163	2,997	6,295	3,612	5,281	25,460
15:36:00	14,88	12,97	14,98	7,271	3,042	6,390	3,666	5,360	25,095
15:38:24	14,88	12,95	15,02	7,085	2,964	6,226	3,572	5,223	25,790
15:40:48	14,87	12,93	15,06	7,181	3,004	6,310	3,621	5,294	25,197
...
19:19:12	14,14	11,39	18,61	6,228	2,923	7,944	2,976	5,282	25,480
19:21:36	14,13	11,37	18,64	6,308	2,961	8,046	3,014	5,350	25,820
19:24:00	14,12	11,35	18,68	6,269	2,943	7,996	2,995	5,317	25,198
19:26:24	14,12	11,33	18,72	6,303	2,959	8,040	3,012	5,346	25,505
19:28:48	14,11	11,32	18,76	6,227	2,923	7,942	2,975	5,281	25,845
19:31:12	14,10	11,30	18,80	6,255	2,936	7,978	2,989	5,305	25,185
19:33:36	14,10	11,36	18,75	6,226	2,923	7,942	2,975	5,281	25,530
19:36:00	14,09	11,43	18,70	6,227	2,923	7,943	2,975	5,281	25,348
19:38:24	14,09	11,49	18,64	6,326	2,969	8,068	3,023	5,365	25,350
19:40:48	14,08	11,55	18,59	6,228	2,923	7,943	2,976	5,281	25,351
...
23:19:12	13,72	17,29	13,86	9,316	1,291	5,519	3,150	5,072	25,887
23:21:36	13,72	17,35	13,81	9,367	1,298	5,549	3,167	5,100	25,628
23:24:00	13,71	17,41	13,76	9,273	1,285	5,493	3,135	5,049	25,355
23:26:24	13,71	17,47	13,70	9,349	1,295	5,539	3,161	5,091	25,196
23:28:48	13,70	17,54	13,65	9,317	1,291	5,520	3,151	5,073	25,016
23:31:12	13,70	17,60	13,60	9,382	1,300	5,558	3,173	5,109	24,844
23:33:36	13,72	17,59	13,61	9,508	1,317	5,633	3,215	5,177	24,525
23:36:00	13,74	17,58	13,62	9,451	1,301	5,576	3,197	5,151	24,751
23:38:24	13,75	17,57	13,63	9,431	1,307	5,587	3,189	5,135	24,254
23:40:48	13,77	17,56	13,64	9,452	1,310	5,600	3,196	5,147	24,595
...

	3:19:12	14,61	17,14	14,15	9,156	1,946	5,829	2,568	5,131	24,244
	3:21:03	14,63	17,13	14,16	9,051	1,924	5,762	2,538	5,073	24,485
	3:24:00	14,65	17,12	14,17	9,051	1,924	5,762	2,538	5,072	24,830
	3:26:24	14,66	17,12	14,18	9,051	1,924	5,762	2,538	5,072	24,170
	3:28:48	14,68	17,11	14,19	9,051	1,924	5,762	2,538	5,072	24,510
	3:31:12	14,70	17,10	14,20	8,968	1,906	5,710	2,515	5,026	24,850
	3:33:36	14,70	17,10	14,23	9,093	1,933	5,789	2,550	5,096	24,245
	3:36:00	14,70	17,09	14,26	9,208	1,957	5,862	2,582	5,160	24,534
	3:38:24	14,70	17,09	14,28	9,013	1,916	5,738	2,528	5,051	24,445
	3:40:48	14,70	17,08	14,31	9,102	1,935	5,795	2,553	5,101	24,325
	3:43:12	14,69	17,08	14,34	9,217	1,959	5,868	2,585	5,166	24,630

	6:45:36	14,61	16,73	16,46	8,860	1,958	6,752	1,750	5,084	24,900
	6:48:00	14,60	16,72	16,49	8,983	1,985	6,846	1,775	5,155	24,245
	6:50:02	14,60	16,72	16,52	8,927	1,973	6,803	1,764	5,123	24,585
	6:52:48	14,60	16,71	16,54	8,869	1,960	6,759	1,752	5,090	24,430
	6:55:12	14,60	16,71	16,57	8,992	1,987	6,853	1,776	5,160	24,250
	6:57:36	14,60	16,70	16,60	8,842	1,954	6,738	1,747	5,074	24,610
	7:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	11:19:12	13,47	17,08	13,01	9,156	1,790	5,254	0,024	4,591	24,940
	11:21:36	13,45	17,08	12,97	9,053	1,769	5,195	0,024	4,540	24,348
	11:24:00	13,44	17,09	12,93	9,162	1,791	5,258	0,024	4,595	24,514
	11:26:24	13,43	17,09	12,89	9,051	1,769	5,194	0,024	4,539	24,651
	11:28:48	13,41	17,10	12,84	9,193	1,797	5,276	0,024	4,610	24,351
	11:31:12	13,40	17,10	12,80	8,948	1,749	5,135	0,024	4,487	24,260
	11:33:36	13,42	17,03	12,82	9,074	1,774	5,207	0,024	4,550	24,605
	11:36:00	13,44	16,96	12,84	9,202	1,799	5,281	0,024	4,615	24,480
	11:38:24	13,45	16,89	12,87	8,957	1,751	5,140	0,024	4,492	24,290
	11:40:48	13,47	16,82	12,89	9,121	1,783	5,234	0,024	4,574	24,630
	11:43:12	13,49	16,75	12,91	9,124	1,783	5,236	0,024	4,576	24,352

	15:19:12	15,11	10,36	14,89	5,260	3,636	6,049	4,210	5,041	24,353
	15:21:36	15,13	10,28	14,91	5,319	3,677	6,117	4,258	5,098	24,353
	15:24:00	15,15	10,21	14,93	5,728	3,960	6,587	4,585	5,489	24,450
	15:26:24	15,16	10,14	14,96	5,728	3,959	6,587	4,585	5,489	24,350
	15:28:48	15,18	10,07	14,98	5,822	4,024	6,695	4,660	5,579	24,348
	15:31:12	15,20	10,00	15,00	5,720	3,954	6,577	4,578	5,481	24,649
	15:33:36	15,19	10,07	14,99	5,752	3,976	6,615	4,604	5,512	24,359
	15:36:00	15,18	10,13	14,99	5,827	4,028	6,701	4,664	5,584	24,410
	15:38:24	15,18	10,20	14,98	5,684	3,929	6,536	4,549	5,447	24,790
	15:40:48	15,17	10,27	14,97	5,759	3,981	6,622	4,609	5,519	24,197
	15:43:12	15,16	10,33	14,97	5,728	3,959	6,587	4,584	5,489	24,470

	19:19:12	14,64	14,67	14,53	9,156	2,659	6,786	3,628	5,850	26,520
	19:21:36	14,63	14,74	14,53	9,243	2,684	6,850	3,663	5,906	26,660
	19:24:00	14,62	14,80	14,52	9,244	2,685	6,851	3,663	5,906	26,348
	19:26:24	14,62	14,87	14,51	9,375	2,723	6,948	3,715	5,990	26,463
	19:28:48	14,61	14,94	14,51	9,244	2,684	6,851	3,663	5,906	26,300
	19:31:12	14,60	15,00	14,50	9,244	2,685	6,851	3,663	5,906	26,352
	19:33:36	14,61	14,98	14,53	9,243	2,684	6,850	3,663	5,906	26,353
	19:36:00	14,61	14,96	14,56	9,287	2,697	6,883	3,680	5,933	26,650
	19:38:24	14,62	14,94	14,59	9,398	2,729	6,965	3,724	6,004	26,349
	19:40:48	14,62	14,92	14,62	9,195	2,670	6,814	3,644	5,875	26,740
	19:43:12	14,63	14,90	14,65	9,295	2,699	6,889	3,683	5,938	26,898
	19:45:36	14,64	14,87	14,68	9,406	2,732	6,971	3,727	6,009	27,054

	23:21:36	15,18	12,98	17,38	6,268	2,807	6,519	2,100	4,656	22,855
	23:24:00	15,18	12,96	17,41	6,267	2,807	6,518	2,100	4,656	22,752
	23:26:24	15,19	12,94	17,44	6,309	2,826	6,562	2,114	4,687	22,873
	23:28:48	15,19	12,92	17,47	6,267	2,807	6,518	2,100	4,656	22,870
	23:31:12	15,20	12,90	17,50	6,284	2,815	6,536	2,106	4,669	22,830
	23:33:36	15,19	12,95	17,46	6,287	2,816	6,539	2,107	4,671	22,734
	23:36:00	15,18	13,00	17,42	6,332	2,836	6,586	2,122	4,704	22,754
	23:38:24	15,17	13,06	17,38	6,346	2,842	6,600	2,126	4,715	22,895
	23:40:48	15,16	13,11	17,34	6,301	2,822	6,554	2,111	4,681	22,752

6

	3:19:12	14,25	17,84	13,80	9,075	1,375	5,228	2,581	4,805	22,844
	3:21:03	14,24	17,89	13,76	9,064	1,374	5,221	2,577	4,799	22,885
	3:24:00	14,23	17,94	13,72	9,064	1,374	5,221	2,577	4,799	22,830
	3:26:24	14,22	18,00	13,68	9,064	1,374	5,221	2,577	4,799	22,870
	3:28:48	14,21	18,05	13,64	9,064	1,374	5,221	2,577	4,799	22,910
	3:31:12	14,20	18,10	13,60	9,055	1,372	5,216	2,575	4,794	22,850
	3:33:36	14,21	18,07	13,63	9,068	1,374	5,224	2,579	4,801	22,825
	3:36:00	14,22	18,04	13,66	9,080	1,376	5,231	2,582	4,808	22,935
	3:38:24	14,23	18,01	13,69	9,059	1,373	5,219	2,576	4,797	22,845
	3:40:48	14,24	17,98	13,72	9,069	1,374	5,224	2,579	4,802	22,723
	3:43:12	14,25	17,96	13,75	9,081	1,376	5,231	2,582	4,808	22,830

	7:19:01	15,06	15,35	16,36	8,061	2,534	6,709	2,009	5,082	24,851
	7:21:36	15,06	15,32	16,38	8,173	2,569	6,802	2,037	5,153	24,852
	7:24:00	15,07	15,29	16,41	7,957	2,501	6,622	1,983	5,017	24,974
	7:26:24	15,08	15,26	16,44	8,013	2,519	6,669	1,997	5,052	24,940
	7:28:48	15,09	15,23	16,47	8,127	2,555	6,764	2,026	5,124	24,850
	7:31:12	15,10	15,20	16,50	8,074	2,538	6,719	2,013	5,091	24,985
	7:33:36	15,09	15,24	16,47	8,054	2,532	6,703	2,008	5,078	24,930
	7:36:00	15,09	15,28	16,44	8,112	2,550	6,751	2,022	5,114	24,870
	7:38:02	15,08	15,32	16,41	8,206	2,580	6,830	2,046	5,174	24,910
	7:40:48	15,07	15,36	16,38	7,979	2,508	6,641	1,989	5,031	24,950
	7:43:12	15,07	15,41	16,35	8,046	2,529	6,696	2,005	5,073	24,895

	11:19:12	14,44	19,10	13,65	10,217	1,776	5,479	2,273	4,607	24,940
	11:21:36	14,43	19,14	13,62	10,341	1,798	5,546	2,300	4,662	24,848
	11:24:00	14,42	19,18	13,59	10,215	1,776	5,478	2,272	4,606	24,914
	11:26:24	14,41	19,22	13,56	10,376	1,804	5,564	2,308	4,678	24,951
	11:28:48	14,41	19,26	13,53	10,099	1,756	5,416	2,246	4,553	24,851
	11:31:12	14,40	19,30	13,50	10,241	1,780	5,492	2,278	4,618	24,860
	11:33:36	14,42	19,20	13,54	10,386	1,806	5,570	2,310	4,683	24,905
	11:36:00	14,43	19,10	13,59	10,109	1,757	5,421	2,249	4,558	24,980
	11:38:24	14,45	19,01	13,63	10,294	1,790	5,520	2,290	4,641	24,890
	11:40:48	14,47	18,91	13,68	10,298	1,790	5,523	2,291	4,643	24,930
	11:43:12	14,48	18,81	13,72	10,233	1,779	5,488	2,276	4,614	24,852

	13:12:00	15,08	15,18	15,39	7,625	2,678	6,383	2,574	4,910	24,850
	13:14:24	15,10	15,09	15,43	7,767	2,702	6,460	2,406	4,974	24,849
	13:16:48	15,12	14,99	15,48	7,702	2,691	6,425	2,592	4,945	24,905
	13:19:12	15,13	14,89	15,52	7,635	2,679	6,389	2,577	4,915	24,845
	13:21:36	15,15	14,79	15,57	7,717	2,676	6,379	2,573	4,906	24,990
	13:24:00	15,17	14,69	15,61	7,783	2,688	6,415	2,588	4,937	24,849
	13:26:24	15,18	14,60	15,66	7,609	2,710	6,482	2,416	4,993	24,990
	13:28:48	15,20	14,50	15,70	7,651	2,717	6,305	2,425	4,812	24,930
	13:31:12	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	19:19:12	14,26	13,38	16,07	7,830	2,721	7,266	3,622	5,642	27,052
	19:21:36	14,25	13,36	16,08	7,907	2,747	7,338	3,657	5,697	27,066
	19:24:00	14,24	13,35	16,08	7,907	2,748	7,339	3,658	5,698	27,035
	19:26:24	14,22	13,33	16,09	8,023	2,788	7,446	3,711	5,781	27,046
	19:28:48	14,21	13,32	16,09	7,907	2,747	7,338	3,657	5,697	27,030
	19:31:12	14,20	13,30	16,10	7,907	2,748	7,338	3,658	5,698	27,035
	19:33:36	14,21	13,29	16,12	7,907	2,747	7,338	3,657	5,697	27,035
	19:36:00	14,22	13,27	16,14	7,945	2,761	7,374	3,675	5,725	27,070
	19:38:24	14,23	13,26	16,16	8,044	2,795	7,465	3,721	5,796	27,035
	19:40:48	14,24	13,24	16,18	7,864	2,732	7,298	3,637	5,666	27,074

	23:21:36	15,06	11,86	18,02	7,016	3,632	8,251	2,754	5,698	27,255
	23:24:00	15,07	11,85	18,04	7,016	3,632	8,250	2,754	5,698	27,153
	23:26:24	15,08	11,83	18,06	7,054	3,651	8,295	2,769	5,729	27,173
	23:28:48	15,09	11,82	18,08	7,015	3,631	8,250	2,754	5,697	27,270
	23:31:12	15,10	11,80	18,10	7,031	3,640	8,269	2,760	5,710	27,130
	23:33:36	15,11	11,85	18,05	7,034	3,641	8,272	2,761	5,712	27,134
	23:36:00	15,11	11,90	18,00	7,075	3,662	8,320	2,777	5,746	27,254
	23:38:24	15,12	11,94	17,94	7,113	3,682	8,365	2,792	5,777	27,295
	23:40:48	15,13	11,99	17,89	7,072	3,661	8,317	2,776	5,744	27,153

7

	3:19:12	15,57	15,16	14,46	9,827	3,318	6,947	3,146	6,115	29,510
	3:21:03	15,57	15,21	14,41	9,927	3,352	7,018	3,178	6,178	29,520
	3:24:00	15,58	15,26	14,36	9,827	3,318	6,947	3,146	6,115	29,460
	3:26:24	15,59	15,30	14,30	9,759	3,295	6,899	3,124	6,073	29,600
	3:28:48	15,59	15,35	14,25	9,945	3,358	7,030	3,184	6,188	29,520
	3:31:12	15,60	15,40	14,20	9,891	3,340	6,992	3,167	6,155	29,595
	3:33:36	15,59	15,47	14,15	9,826	3,318	6,946	3,146	6,114	29,434
	3:36:00	15,59	15,55	14,11	9,953	3,361	7,036	3,187	6,194	29,530
	3:38:24	15,58	15,62	14,06	9,899	3,342	6,998	3,169	6,160	29,549
	3:40:48	15,58	15,69	14,02	9,846	3,324	6,960	3,152	6,127	29,514
	3:43:12	15,57	15,77	13,97	9,790	3,306	6,921	3,134	6,092	29,553

	7:19:01	15,23	20,51	11,03	11,613	1,471	4,601	2,550	5,325	29,549
	7:21:36	15,22	20,58	10,98	11,768	1,491	4,662	2,584	5,396	29,404
	7:24:00	15,22	20,66	10,94	11,470	1,453	4,544	2,519	5,259	29,227
	7:26:24	15,21	20,73	10,89	11,624	1,472	4,605	2,552	5,330	29,046
	7:28:48	15,21	20,80	10,85	11,554	1,464	4,577	2,537	5,298	28,874
	7:31:12	15,20	20,90	10,80	11,459	1,451	4,540	2,516	5,254	28,717
	7:33:36	15,19	20,84	10,86	11,636	1,474	4,610	2,555	5,335	28,544
	7:36:00	15,18	20,78	10,93	11,563	1,465	4,581	2,539	5,302	28,385
	7:38:02	15,17	20,72	10,99	11,493	1,456	4,553	2,524	5,270	28,216
	7:40:48	15,16	20,66	11,06	11,647	1,475	4,614	2,557	5,341	28,052
	7:43:12	15,16	20,60	11,12	11,577	1,466	4,586	2,542	5,308	27,886

	11:19:12	14,35	15,11	16,88	6,779	1,894	6,040	1,968	4,390	21,951
	11:21:36	14,34	15,04	16,94	6,888	1,924	6,137	1,999	4,460	21,860
	11:24:00	14,33	14,98	17,01	6,999	1,955	6,236	2,032	4,532	21,805
	11:26:24	14,32	14,92	17,07	6,787	1,896	6,047	1,970	4,395	21,880
	11:28:48	14,31	14,86	17,14	6,898	1,927	6,146	2,002	4,467	21,890
	11:31:12	14,30	14,80	17,20	6,869	1,919	6,120	1,994	4,448	21,830
	11:33:36	14,30	14,80	17,17	6,869	1,919	6,120	1,994	4,448	21,952
	11:36:00	14,31	14,80	17,14	6,902	1,928	6,150	2,003	4,469	21,947
	11:38:24	14,31	14,79	17,10	6,869	1,919	6,120	1,994	4,448	21,948
	11:40:48	14,32	14,79	17,07	6,836	1,910	6,091	1,984	4,427	21,830
	11:43:12	14,32	14,79	17,04	6,868	1,919	6,120	1,994	4,447	21,970

	15:19:12	14,68	14,61	14,16	6,954	2,197	5,112	3,082	4,565	21,890
	15:21:36	14,68	14,61	14,13	6,776	2,141	4,982	3,003	4,448	21,946
	15:24:00	14,69	14,61	14,10	6,941	2,193	5,103	3,076	4,556	21,930
	15:26:24	14,69	14,60	14,06	8,632	1,925	3,593	2,750	4,447	21,970
	15:28:48	14,70	14,60	14,03	8,794	1,961	3,661	2,802	4,531	21,810
	15:31:12	14,70	14,60	14,00	8,677	1,935	3,612	2,765	4,471	21,954
	15:33:36	14,71	14,68	13,93	8,613	1,920	3,585	2,744	4,437	21,995
	15:36:00	14,73	14,75	13,86	8,634	1,925	3,594	2,751	4,448	21,951
	15:38:24	14,74	14,83	13,79	8,634	1,925	3,594	2,751	4,448	21,910
	15:40:48	14,75	14,90	13,72	8,754	1,952	3,644	2,789	4,510	21,810

	19:21:36	15,95	21,80	7,18	10,256	1,382	2,455	2,807	4,447	21,850
	19:24:00	15,96	21,88	7,11	10,311	1,389	2,468	2,822	4,471	21,951
	19:26:24	15,97	21,95	7,04	10,256	1,382	2,455	2,807	4,447	21,953
	19:28:48	15,99	22,03	6,97	10,257	1,382	2,455	2,807	4,448	21,951
	19:31:12	16,00	22,10	6,90	10,450	1,408	2,501	2,860	4,531	21,855
	19:33:36	15,99	22,00	6,99	10,414	1,403	2,493	2,850	4,516	21,860
	19:36:00	15,98	21,90	7,07	10,484	1,413	2,509	2,869	4,546	21,935
	19:38:24	15,97	21,80	7,16	10,256	1,382	2,455	2,807	4,447	21,880
	19:40:48	15,96	21,70	7,24	10,320	1,391	2,470	2,825	4,475	21,922

	23:21:36	15,15	14,40	13,46	8,373	3,138	6,327	3,941	5,731	21,981
	23:24:00	15,13	14,30	13,55	8,294	3,109	6,268	3,903	5,677	21,835
	23:26:24	15,12	14,20	13,63	8,324	3,120	6,290	3,918	5,698	21,935
	23:28:48	15,11	14,10	13,72	8,487	3,181	6,414	3,995	5,810	21,880
	23:31:12	15,10	14,00	13,80	8,324	3,120	6,290	3,918	5,698	21,920
	23:33:36	15,09	14,00	13,84	8,414	3,154	6,359	3,960	5,760	21,960
	23:36:00	15,09	14,00	13,88	8,361	3,134	6,319	3,935	5,724	22,121
	23:38:24	15,08	13,99	13,92	8,420	3,156	6,363	3,963	5,763	22,286
	23:40:48	15,08	13,99	13,96	8,371	3,138	6,326	3,940	5,730	22,438

8

	3:19:12	14,53	13,81	17,51	8,256	2,827	8,118	2,585	5,733	27,859
	3:21:03	14,52	13,81	17,54	8,359	2,863	8,220	2,617	5,805	27,359
	3:24:00	14,52	13,81	17,58	8,181	2,802	8,045	2,562	5,681	27,724
	3:26:24	14,51	13,80	17,62	8,208	2,811	8,071	2,570	5,700	27,374
	3:28:48	14,51	13,80	17,66	8,163	2,795	8,027	2,556	5,669	27,476
	3:31:12	14,50	13,80	17,70	8,252	2,826	8,114	2,584	5,730	27,374
	3:33:36	14,51	13,79	17,69	8,206	2,810	8,069	2,569	5,698	27,894
	3:36:00	14,52	13,78	17,68	8,235	2,820	8,098	2,579	5,719	27,494
	3:38:24	14,54	13,77	17,67	8,205	2,810	8,068	2,569	5,698	27,870
	3:40:48	14,55	13,76	17,66	8,223	2,816	8,086	2,575	5,710	27,180
	3:43:12	14,56	13,75	17,65	8,215	2,813	8,078	2,572	5,705	27,520

	7:19:01	15,64	12,76	16,66	6,170	3,088	6,183	2,251	4,656	23,213
	7:21:36	15,65	12,74	16,64	6,151	3,078	6,164	2,244	4,641	23,042
	7:24:00	15,66	12,73	16,63	6,170	3,088	6,183	2,251	4,656	22,284
	7:26:24	15,68	12,72	16,62	6,186	3,096	6,199	2,257	4,668	22,351
	7:28:48	15,69	12,71	16,61	6,171	3,089	6,184	2,252	4,657	22,752
	7:31:12	15,70	12,70	16,60	6,307	3,157	6,320	2,301	4,759	22,642
	7:33:36	15,69	12,71	16,61	6,135	3,070	6,147	2,238	4,629	22,352
	7:36:00	15,67	12,72	16,62	6,220	3,113	6,233	2,270	4,694	22,820
	7:38:02	15,66	12,73	16,63	6,186	3,096	6,199	2,257	4,668	22,160
	7:40:48	15,64	12,74	16,64	6,132	3,069	6,145	2,237	4,627	22,540
	7:43:12	15,63	12,75	16,65	6,171	3,089	6,184	2,252	4,657	22,347

	11:19:12	14,37	13,56	17,46	8,316	1,816	5,369	2,209	4,660	22,348
	11:21:36	14,36	13,56	17,46	8,379	1,830	5,410	2,226	4,696	22,653
	11:24:00	14,34	13,57	17,47	8,494	1,855	5,484	2,256	4,760	22,500
	11:26:24	14,33	13,58	17,48	8,249	1,801	5,326	2,191	4,623	22,530
	11:28:48	14,31	13,59	17,49	8,377	1,829	5,408	2,225	4,695	22,352
	11:31:12	14,30	13,60	17,50	8,410	1,837	5,429	2,234	4,713	22,623
	11:33:36	14,32	13,67	17,43	8,323	1,818	5,374	2,211	4,665	22,350
	11:36:00	14,33	13,73	17,36	8,363	1,826	5,399	2,221	4,687	22,493
	11:38:24	14,35	13,80	17,30	8,308	1,814	5,364	2,207	4,656	22,598
	11:40:48	14,37	13,86	17,23	8,284	1,809	5,348	2,200	4,642	22,294
	11:43:12	14,39	13,93	17,16	8,316	1,816	5,369	2,209	4,660	22,370

	15:19:12	15,92	19,78	11,04	9,765	1,827	3,985	2,115	4,656	22,347
	15:21:36	15,93	19,84	10,97	9,765	1,827	3,985	2,115	4,656	22,649
	15:24:00	15,95	19,91	10,90	9,901	1,852	4,041	2,144	4,721	22,352
	15:26:24	15,97	19,97	10,84	9,834	1,840	4,013	2,130	4,688	22,544
	15:28:48	15,98	20,04	10,77	9,764	1,827	3,985	2,114	4,655	22,410
	15:31:12	16,00	20,10	10,70	9,914	1,855	4,046	2,147	4,727	22,790
	15:33:36	16,00	20,09	10,70	9,764	1,827	3,985	2,115	4,655	22,130
	15:36:00	15,99	20,08	10,71	9,814	1,836	4,005	2,125	4,679	22,479
	15:38:24	15,99	20,08	10,71	9,766	1,827	3,986	2,115	4,656	22,320
	15:40:48	15,98	20,07	10,71	9,844	1,842	4,018	2,132	4,694	22,349

	19:21:36	15,52	19,33	10,99	11,196	2,073	4,892	2,964	5,560	26,220
	19:24:00	15,52	19,32	10,99	11,139	2,062	4,867	2,949	5,531	26,260
	19:26:24	15,51	19,32	10,99	11,055	2,047	4,831	2,927	5,489	26,273
	19:28:48	15,51	19,31	11,00	11,033	2,043	4,821	2,921	5,478	26,244
	19:31:12	15,50	19,30	11,00	11,054	2,047	4,830	2,927	5,489	26,285
	19:33:36	15,50	19,23	11,05	10,981	2,033	4,798	2,907	5,453	26,330
	19:36:00	15,50	19,17	11,10	11,190	2,072	4,889	2,963	5,556	26,210
	19:38:24	15,50	19,10	11,15	11,123	2,059	4,860	2,945	5,523	26,286
	19:40:48	15,50	19,04	11,20	11,058	2,047	4,832	2,928	5,491	26,249

	23:21:36	15,50	12,96	15,80	6,670	3,233	6,443	2,780	5,033	28,135
	23:24:00	15,50	12,90	15,85	6,765	3,279	6,535	2,820	5,105	28,166
	23:26:24	15,50	12,83	15,90	6,859	3,325	6,625	2,859	5,176	28,073
	23:28:48	15,50	12,77	15,95	6,677	3,237	6,449	2,783	5,039	27,903
	23:31:12	15,50	12,70	16,00	6,772	3,283	6,541	2,823	5,110	27,713
	23:33:36	15,49	12,73	16,00	6,722	3,258	6,493	2,802	5,072	27,563
	23:36:00	15,49	12,75	15,99	6,723	3,259	6,493	2,802	5,073	27,413
	23:38:24	15,48	12,78	15,99	7,311	3,013	6,595	2,659	5,152	27,347
	23:40:48	15,47	12,81	15,98	7,223	2,976	6,515	2,627	5,090	27,165

9

10	3:19:12	14,84	15,27	15,53	8,301	2,371	6,405	2,552	5,166	24,680
	3:21:03	14,83	15,29	15,52	8,092	2,312	6,244	2,487	5,035	24,649
	3:24:00	14,82	15,32	15,52	8,205	2,344	6,332	2,522	5,106	24,514
	3:26:24	14,81	15,35	15,51	8,309	2,374	6,412	2,554	5,171	24,652
	3:28:48	14,81	15,37	15,51	8,088	2,311	6,241	2,486	5,033	24,648
	3:31:12	14,80	15,40	15,50	8,276	2,364	6,386	2,544	5,150	24,520
	3:33:36	14,81	15,42	15,46	8,253	2,358	6,369	2,537	5,136	24,660
	3:36:00	14,83	15,44	15,41	8,153	2,329	6,291	2,506	5,073	24,670
	3:38:24	14,84	15,45	15,37	8,152	2,329	6,290	2,506	5,073	24,545
	3:40:48	14,86	15,47	15,32	8,060	2,303	6,219	2,477	5,016	24,685
	3:43:12	14,87	15,49	15,28	8,162	2,332	6,298	2,509	5,079	24,695

	7:19:01	16,13	17,11	11,23	8,364	2,478	4,101	2,766	4,660	23,128
	7:21:36	16,14	17,13	11,18	8,491	2,515	4,163	2,808	4,731	22,962
	7:24:00	16,16	17,15	11,14	8,432	2,498	4,134	2,788	4,698	22,805
	7:26:24	16,17	17,16	11,09	8,374	2,481	4,106	2,769	4,666	22,639
	7:28:48	16,19	17,18	11,05	8,280	2,453	4,060	2,738	4,613	22,700
	7:31:12	16,20	17,20	11,00	8,407	2,491	4,122	2,780	4,684	22,674
	7:33:36	16,18	17,17	11,05	8,536	2,529	4,185	2,823	4,756	22,715
	7:36:00	16,16	17,13	11,09	8,289	2,456	4,064	2,741	4,619	22,630
	7:38:02	16,14	17,10	11,14	8,417	2,493	4,127	2,783	4,690	22,685
	7:40:48	16,12	17,07	11,19	8,544	2,531	4,189	2,825	4,760	22,730
	7:43:12	16,10	17,04	11,24	8,299	2,458	4,069	2,744	4,624	22,670

	11:19:12	14,30	14,07	15,47	6,753	2,131	5,848	2,960	4,656	22,646
	11:21:36	14,28	14,03	15,51	7,374	2,160	5,997	2,614	4,775	22,649
	11:24:00	14,26	14,00	15,56	7,191	2,106	5,848	2,549	4,656	22,648
	11:26:24	14,24	13,97	15,61	7,223	2,115	5,875	2,560	4,677	22,610
	11:28:48	14,22	13,93	15,65	7,192	2,106	5,849	2,549	4,657	22,652
	11:31:12	14,20	13,90	15,70	7,191	2,106	5,848	2,549	4,656	22,648
	11:33:36	14,21	13,92	15,69	7,255	2,125	5,900	2,571	4,698	22,670
	11:36:00	14,21	13,94	15,68	7,190	2,106	5,848	2,548	4,656	22,716
	11:38:24	14,22	13,95	15,67	7,158	2,096	5,821	2,537	4,635	22,720
	11:40:48	14,22	13,97	15,66	7,222	2,115	5,874	2,560	4,677	22,660
	11:43:12	14,23	13,99	15,65	7,191	2,106	5,848	2,549	4,656	22,648

	15:21:36	14,78	15,63	14,74	8,440	2,302	6,059	2,776	5,152	24,550
	15:24:00	14,78	15,65	14,73	8,215	2,241	5,897	2,702	5,015	24,660
	15:26:24	14,79	15,66	14,72	8,331	2,272	5,980	2,740	5,085	24,550
	15:28:48	14,79	15,68	14,71	8,449	2,304	6,065	2,779	5,157	24,549
	15:31:12	14,80	15,70	14,70	8,224	2,243	5,903	2,705	5,020	24,680
	15:33:36	14,80	15,70	14,70	8,341	2,275	5,988	2,744	5,092	24,520
	15:36:00	14,80	15,71	14,69	8,310	2,267	5,965	2,734	5,073	24,548
	15:38:24	14,81	15,71	14,69	8,311	2,267	5,966	2,734	5,073	24,547
	15:40:48	14,81	15,72	14,69	8,346	2,276	5,991	2,745	5,094	24,547

	19:21:36	14,99	16,08	14,41	8,627	2,318	5,916	2,653	5,135	24,510
	19:24:00	14,99	16,09	14,41	8,522	2,290	5,844	2,621	5,073	24,650
	19:26:24	15,00	16,09	14,41	8,522	2,290	5,844	2,621	5,073	24,549
	19:28:48	15,00	16,10	14,40	8,704	2,339	5,969	2,677	5,181	24,547
	19:31:12	15,00	16,10	14,40	8,487	2,280	5,820	2,610	5,052	24,547
	19:33:36	15,02	16,09	14,37	8,634	2,320	5,921	2,655	5,140	24,649
	19:36:00	15,03	16,08	14,34	8,522	2,290	5,844	2,621	5,073	24,660
	19:38:24	15,05	16,07	14,30	8,523	2,290	5,845	2,621	5,073	24,700
	19:40:48	15,06	16,06	14,27	8,523	2,290	5,845	2,621	5,073	24,552

	23:21:36	16,44	15,24	11,33	8,046	3,270	4,545	3,416	5,073	24,652
	23:24:00	16,46	15,23	11,30	8,006	3,254	4,523	3,398	5,048	24,649
	23:26:24	16,47	15,22	11,26	8,046	3,270	4,545	3,416	5,073	24,605
	23:28:48	16,49	15,21	11,23	8,012	3,256	4,526	3,401	5,051	24,445
	23:31:12	16,50	15,20	11,20	8,127	3,303	4,591	3,450	5,124	24,523
	23:33:36	16,48	15,23	11,22	8,047	3,271	4,546	3,416	5,073	24,695
	23:36:00	16,45	15,26	11,24	8,047	3,271	4,546	3,416	5,073	24,515
	23:38:24	16,43	15,29	11,26	8,045	3,270	4,545	3,415	5,072	24,580
	23:40:48	16,41	15,32	11,29	8,089	3,288	4,569	3,433	5,100	24,423

LAMPIRAN B

HASIL MODEL *FLOWRATE WEIGHT FEEDER* DAN *PRODUCT*

1. Variasi 1 Model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & 0 & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & 0 & 0 & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{26} = m_{33} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.1. Data hasil percobaan 1 variasi 1 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,20	97,54	98,35	11	98,16	97,58	98,36
2	98,18	97,54	98,35	12	98,17	97,58	98,37
3	98,17	97,54	98,34	13	98,16	97,59	98,38
4	98,18	97,54	98,34	14	98,16	97,60	98,39
5	98,17	97,54	98,34	15	98,16	97,61	98,40
6	98,17	97,54	98,34	16	98,16	97,62	98,41
7	98,18	97,55	98,35	17	98,16	97,63	98,42
8	98,17	97,55	98,35	18	98,15	97,64	98,42
9	98,17	97,56	98,35	19	98,15	97,65	98,43
10	98,17	97,57	98,35	20	98,14	97,67	98,44

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{22} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.2. Data hasil percobaan 2 variasi 1 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,20	97,54	98,35	11	99,29	99,54	99,60
2	98,95	99,51	99,56	12	99,32	99,54	99,62
3	99,15	99,53	99,60	13	99,31	99,54	99,62
4	99,21	99,53	99,60	14	99,31	99,54	99,62
5	99,22	99,53	99,59	15	99,30	99,54	99,62
6	99,22	99,53	99,59	16	99,30	99,54	99,62
7	99,22	99,53	99,59	17	99,28	99,54	99,62
8	99,23	99,53	99,59	18	99,28	99,54	99,62
9	99,23	99,53	99,59	19	99,27	99,54	99,62
10	99,25	99,53	99,59	20	99,27	99,54	99,62

2. Variasi 2 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & m_{24} & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & m_{34} & 0 & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{24} = m_{26} = m_{33} = m_{34} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.3. Data hasil percobaan 1 variasi 2 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,10	97,24	98,18	11	98,05	97,35	98,19
2	98,09	97,25	98,17	12	98,06	97,37	98,20
3	98,09	97,25	98,16	13	98,04	97,38	98,21
4	98,08	97,27	98,15	14	98,04	97,40	98,22
5	98,08	97,28	98,15	15	98,04	97,42	98,23
6	98,08	97,29	98,14	16	98,03	97,44	98,24
7	98,08	97,30	98,16	17	98,03	97,46	98,24
8	98,07	97,31	98,16	18	98,01	97,48	98,25
9	98,07	97,33	98,17	19	98,01	97,50	98,25
10	98,06	97,34	98,18	20	97,99	97,52	98,26

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{22} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.4. Data hasil percobaan 2 variasi 2 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,10	97,24	98,18	11	99,29	99,54	99,60
2	98,94	99,50	99,56	12	99,32	99,54	99,62
3	99,15	99,53	99,60	13	99,30	99,54	99,62
4	99,21	99,53	99,60	14	99,31	99,54	99,62
5	99,21	99,53	99,59	15	99,30	99,54	99,62
6	99,22	99,53	99,59	16	99,30	99,54	99,62
7	99,22	99,53	99,59	17	99,28	99,54	99,62
8	99,22	99,53	99,59	18	99,28	99,54	99,62
9	99,22	99,53	99,59	19	99,27	99,54	99,62
10	99,24	99,53	99,59	20	99,27	99,54	99,62

3. Variasi 3 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{22} = m_{23} = m_{24} = m_{25} = m_{26} = m_{31} = m_{32} = m_{33} = m_{34} = m_{35} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.5. Data hasil percobaan 1 variasi 3 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,14	97,12	97,63	11	97,97	97,29	97,76
2	98,11	97,13	97,64	12	97,97	97,31	97,78
3	98,08	97,15	97,64	13	97,95	97,34	97,80
4	98,06	97,18	97,65	14	97,94	97,36	97,82
5	98,06	97,18	97,66	15	97,93	97,40	97,83
6	98,04	97,20	97,68	16	97,92	97,43	97,85
7	98,02	97,21	97,69	17	97,91	97,45	97,87
8	98,00	97,23	97,71	18	97,90	97,48	97,89
9	97,99	97,25	97,72	19	97,89	97,50	97,90
10	97,97	97,27	97,74	20	97,87	97,51	97,91

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{22} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.6. Data hasil percobaan 2 variasi 3 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,14	97,12	97,63	11	99,29	99,54	99,60
2	98,94	99,50	99,56	12	99,32	99,54	99,62
3	99,15	99,53	99,60	13	99,30	99,54	99,62
4	99,21	99,53	99,60	14	99,31	99,54	99,62
5	99,21	99,53	99,59	15	99,30	99,54	99,62
6	99,22	99,53	99,59	16	99,30	99,54	99,62
7	99,22	99,53	99,59	17	99,28	99,54	99,62
8	99,22	99,53	99,59	18	99,28	99,54	99,62
9	99,22	99,53	99,59	19	99,27	99,54	99,62
10	99,24	99,53	99,59	20	99,27	99,54	99,62

4. Variasi 4 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & 0 & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & 0 & 0 & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{26} = m_{33} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.7. Data hasil percobaan 1 variasi 4 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,04	97,63	98,23	11	98,03	97,72	98,28
2	98,03	97,64	98,21	12	98,04	97,73	98,29
3	98,02	97,65	98,22	13	98,04	97,74	98,30
4	98,03	97,65	98,22	14	98,04	97,76	98,31
5	98,03	97,66	98,23	15	98,04	97,77	98,32
6	98,03	97,67	98,24	16	98,04	97,78	98,33
7	98,03	97,68	98,25	17	98,04	97,79	98,34
8	98,03	97,69	98,26	18	98,03	97,81	98,35
9	98,03	97,70	98,27	19	98,03	97,82	98,36
10	98,03	97,71	98,27	20	98,02	97,84	98,37

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{21} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.8. Data hasil percobaan 2 variasi 4 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,04	97,63	98,23	11	99,26	99,54	99,61
2	98,79	99,49	99,54	12	99,26	99,54	99,62
3	99,12	99,54	99,61	13	99,25	99,54	99,62
4	99,19	99,54	99,61	14	99,23	99,54	99,61
5	99,20	99,53	99,60	15	99,23	99,54	99,61
6	99,20	99,53	99,60	16	99,23	99,54	99,61
7	99,18	99,53	99,59	17	99,22	99,54	99,62
8	99,18	99,53	99,60	18	99,22	99,54	99,62
9	99,18	99,53	99,59	19	99,21	99,54	99,61
10	99,20	99,53	99,60	20	99,21	99,54	99,61

5. Variasi 5 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & m_{24} & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & m_{34} & 0 & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{24} = m_{26} = m_{33} = m_{34} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.9. Data hasil percobaan 1 variasi 5 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,00	96,99	98,05	11	98,00	97,15	98,08
2	97,99	97,00	98,05	12	98,01	97,17	98,08
3	97,99	97,00	98,03	13	98,00	97,19	98,09
4	97,99	97,01	98,02	14	98,00	97,22	98,09
5	97,99	97,03	98,03	15	98,01	97,24	98,09
6	98,00	97,04	98,03	16	98,01	97,27	98,08
7	98,00	97,06	98,04	17	98,01	97,30	98,07
8	98,00	97,08	98,05	18	98,00	97,33	98,06
9	98,00	97,10	98,06	19	98,00	97,36	98,04
10	98,00	97,12	98,07	20	97,99	97,38	98,02

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{21} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.10. Data hasil percobaan 2 variasi 5 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,00	96,99	98,05	11	99,25	99,54	99,61
2	98,76	99,48	99,54	12	99,24	99,54	99,62
3	99,11	99,54	99,61	13	99,24	99,54	99,61
4	99,17	99,54	99,61	14	99,22	99,54	99,61
5	99,19	99,53	99,60	15	99,22	99,54	99,61
6	99,18	99,53	99,60	16	99,22	99,54	99,61
7	99,16	99,53	99,59	17	99,21	99,54	99,61
8	99,16	99,53	99,60	18	99,21	99,54	99,61
9	99,16	99,53	99,59	19	99,20	99,54	99,61
10	99,18	99,53	99,60	20	99,20	99,54	99,61

6. Variasi 6 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix},$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{22} = m_{23} = m_{24} = m_{25} = m_{26} = m_{31} = m_{32} = m_{33} = m_{34} = m_{35} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.11. Data hasil percobaan 1 variasi 6 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,15	97,15	97,58	11	98,07	97,35	97,80
2	98,14	97,17	97,60	12	98,07	97,40	97,86
3	98,11	97,19	97,62	13	98,06	97,47	97,89
4	98,10	97,21	97,64	14	98,06	97,45	97,92
5	98,11	97,23	97,67	15	98,06	97,49	97,94
6	98,10	97,25	97,69	16	98,05	97,52	97,96
7	98,09	97,27	97,72	17	98,05	97,54	97,98
8	98,08	97,30	97,75	18	98,04	97,57	98,00
9	98,08	97,32	97,78	19	98,03	97,60	98,02
10	98,07	97,35	97,80	20	98,01	97,61	98,03

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{21} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.12. Data hasil percobaan 2 variasi 6 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,15	97,15	97,58	11	99,25	99,53	99,60
2	98,73	99,48	99,53	12	99,24	99,54	99,62
3	99,10	99,54	99,60	13	99,24	99,54	99,61
4	99,17	99,54	99,61	14	99,22	99,54	99,61
5	99,18	99,53	99,60	15	99,22	99,54	99,61
6	99,18	99,53	99,60	16	99,22	99,54	99,61
7	99,16	99,53	99,59	17	99,21	99,54	99,61
8	99,16	99,53	99,59	18	99,21	99,54	99,61
9	99,16	99,53	99,59	19	99,20	99,54	99,61
10	99,18	99,53	99,59	20	99,20	99,54	99,61

7. Variasi 7 model *flowrate weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & l_{13} \\ 0 & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & 0 & 0 & 0 \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & 0 & 0 & 0 \\ m_{31} & 0 & m_{33} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_{21} = m_{22} = m_{23} = m_{31} = m_{33} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.13. Data hasil percobaan 1 variasi 7 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,27	97,69	98,12	11	98,30	97,85	98,26
2	98,26	97,70	98,12	12	98,30	97,87	98,28
3	98,26	97,72	98,14	13	98,31	97,89	98,30
4	98,26	97,74	98,15	14	98,31	97,91	98,31
5	98,27	97,75	98,17	15	98,32	97,93	98,33
6	98,27	97,77	98,18	16	98,32	97,94	98,34
7	98,28	97,79	98,20	17	98,32	97,96	98,36
8	98,28	97,80	98,21	18	98,32	97,98	98,37
9	98,28	97,82	98,23	19	98,32	98,00	98,38
10	98,29	97,84	98,25	20	98,32	98,01	98,40

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{13} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.14. Data hasil percobaan 2 variasi 7 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,27	97,69	98,12	11	99,29	99,55	99,61
2	98,95	99,50	99,54	12	99,31	99,55	99,62
3	99,15	99,54	99,61	13	99,29	99,55	99,62
4	99,20	99,54	99,61	14	99,30	99,55	99,61
5	99,21	99,54	99,60	15	99,29	99,55	99,61
6	99,22	99,54	99,60	16	99,29	99,55	99,61
7	99,22	99,54	99,59	17	99,27	99,55	99,62
8	99,22	99,54	99,60	18	99,27	99,55	99,62
9	99,22	99,54	99,59	19	99,25	99,55	99,61
10	99,24	99,54	99,60	20	99,26	99,55	99,61

LAMPIRAN C

HASIL MODEL FLOWRATE WEIGHT FEEDER DAN PRODUCT

1. Variasi 1 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & 0 & m_{15} \\ m_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_{33} & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{15} = m_{21} = m_{33} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.1. Data hasil percobaan 1 variasi 1 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,16	97,79	98,25	11	98,14	98,04	98,37
2	98,14	97,81	98,25	12	98,14	98,07	98,39
3	98,14	97,84	98,26	13	98,14	98,10	98,41
4	98,14	97,86	98,27	14	98,14	98,12	98,43
5	98,14	97,89	98,28	15	98,15	98,15	98,45
6	98,14	97,91	98,29	16	98,14	98,17	98,47
7	98,14	97,94	98,30	17	98,15	98,20	98,49
8	98,14	97,96	98,32	18	98,15	98,22	98,51
9	98,14	97,99	98,33	19	98,15	98,25	98,53
10	98,14	98,02	98,35	20	98,14	98,27	98,55

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{22} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.2. Data hasil percobaan 2 variasi 1 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,16	97,79	98,25	11	99,30	99,54	99,61
2	98,94	99,51	99,60	12	99,32	99,54	99,62
3	99,15	99,53	99,60	13	99,31	99,54	99,62
4	99,21	99,53	99,60	14	99,31	99,54	99,62
5	99,22	99,53	99,59	15	99,30	99,54	99,62
6	99,23	99,53	99,59	16	99,31	99,54	99,62
7	99,23	99,53	99,59	17	99,28	99,54	99,62
8	99,23	99,53	99,59	18	99,28	99,54	99,62
9	99,23	99,53	99,59	19	99,27	99,54	99,62
10	99,25	99,53	99,59	20	99,28	99,54	99,62

2. Variasi 2 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & m_{14} & m_{15} \\ m_{21} & 0 & 0 & m_{24} & 0 \\ 0 & 0 & m_{33} & m_{34} & 0 \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{14} = m_{15} = m_{21} = m_{24} = m_{33} = m_{34} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.3. Data hasil percobaan 1 variasi 2 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,05	97,47	98,24	11	98,02	97,66	98,39
2	98,04	97,48	98,25	12	98,03	97,68	98,41
3	98,04	97,50	98,26	13	98,02	97,70	98,43
4	98,04	97,52	98,27	14	98,02	97,72	98,44
5	98,04	97,54	98,29	15	98,02	97,74	98,46
6	98,04	97,55	98,30	16	98,02	97,77	98,47
7	98,04	97,58	98,32	17	98,02	97,79	98,49
8	98,03	97,59	98,34	18	98,01	97,81	98,50
9	98,03	97,62	98,36	19	98,01	97,83	98,52
10	98,03	97,64	98,37	20	98,00	97,85	98,53

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{22} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.4. Data hasil percobaan 2 variasi 2 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,05	97,47	98,24	11	99,30	99,54	99,60
2	98,93	99,50	99,56	12	99,32	99,54	99,62
3	99,15	99,53	99,60	13	99,31	99,54	99,62
4	99,21	99,53	99,59	14	99,31	99,54	99,62
5	99,22	99,53	99,59	15	99,30	99,54	99,62
6	99,23	99,53	99,59	16	99,31	99,54	99,62
7	99,23	99,53	99,59	17	99,28	99,54	99,62
8	99,23	99,53	99,59	18	99,28	99,54	99,62
9	99,23	99,53	99,59	19	99,27	99,54	99,62
10	99,25	99,53	99,59	20	99,27	99,54	99,62

3. Variasi 3 model rasio *weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{22} = m_{23} = m_{24} = m_{25} = m_{26} = m_{31} = m_{32} = m_{33} = m_{34} = m_{35} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.5. Data hasil percobaan 1 variasi 3 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,03	97,05	97,85	11	97,90	97,40	98,14
2	98,01	97,08	97,87	12	97,89	97,43	98,16
3	97,98	97,11	97,90	13	97,88	97,46	98,19
4	97,96	97,15	97,93	14	97,87	97,50	98,20
5	97,96	97,18	97,96	15	97,86	97,53	98,21
6	97,95	97,22	97,99	16	97,85	97,56	98,22
7	97,94	97,26	98,02	17	97,84	97,60	98,23
8	97,92	97,29	98,05	18	97,83	97,63	98,24
9	97,92	97,33	98,08	19	97,82	97,66	98,24
10	97,90	97,37	98,11	20	97,80	97,69	98,26

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{22} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.6. Data hasil percobaan 2 variasi 3 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,03	97,05	97,85	11	99,29	99,54	99,61
2	98,93	99,50	99,56	12	99,32	99,54	99,62
3	99,15	99,53	99,60	13	99,31	99,54	99,62
4	99,21	99,53	99,60	14	99,31	99,54	99,62
5	99,22	99,53	99,59	15	99,30	99,54	99,62
6	99,22	99,53	99,59	16	99,30	99,54	99,62
7	99,22	99,53	99,59	17	99,28	99,54	99,62
8	99,23	99,53	99,59	18	99,28	99,54	99,62
9	99,23	99,53	99,59	19	99,27	99,54	99,62
10	99,24	99,54	99,59	20	99,27	99,54	99,62

4. Variasi 4 model rasio *weight feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & 0 & m_{15} \\ m_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_{33} & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{15} = m_{21} = m_{33} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.7. Data hasil percobaan 1 variasi 4 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,03	97,78	98,21	11	98,06	98,00	98,36
2	98,02	97,80	98,22	12	98,06	98,02	98,37
3	98,02	97,82	98,23	13	98,07	98,05	98,39
4	98,03	97,84	98,25	14	98,07	98,07	98,41
5	98,03	97,86	98,26	15	98,08	98,09	98,43
6	98,04	97,88	98,28	16	98,08	98,11	98,45
7	98,04	97,91	98,29	17	98,09	98,14	98,46
8	98,04	97,93	98,31	18	98,09	98,16	98,48
9	98,05	97,95	98,32	19	98,09	98,18	98,50
10	98,05	97,98	98,34	20	98,09	98,21	98,52

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{21} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.8. Data hasil percobaan 2 variasi 4 model rasio *weight feeder* terhadap *product* sebagai input *soft sensor*

n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,03	97,78	98,21	11	99,26	99,54	99,61
2	98,78	99,49	99,54	12	99,26	99,54	99,62
3	99,12	99,54	99,61	13	99,25	99,54	99,62
4	99,19	99,54	99,61	14	99,23	99,54	99,61
5	99,20	99,54	99,60	15	99,23	99,54	99,61
6	99,20	99,53	99,60	16	99,23	99,55	99,62
7	99,18	99,54	99,59	17	99,22	99,54	99,62
8	99,18	99,54	99,60	18	99,22	99,54	99,62
9	99,18	99,53	99,59	19	99,21	99,54	99,61
10	99,20	99,53	99,60	20	99,21	99,54	99,61

5. Variasi 5 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & m_{14} & m_{15} \\ m_{21} & 0 & 0 & m_{24} & 0 \\ 0 & 0 & m_{33} & m_{34} & 0 \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{24} = m_{26} = m_{33} = m_{34} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.9. Data hasil percobaan 1 variasi 5 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,97	97,10	97,80	11	97,98	97,30	97,98
2	97,96	97,11	97,81	12	97,99	97,32	98,00
3	97,96	97,13	97,82	13	97,99	97,35	98,02
4	97,97	97,15	97,84	14	97,99	97,37	98,04
5	97,97	97,17	97,86	15	97,99	97,39	98,07
6	97,97	97,19	97,88	16	97,99	97,42	98,09
7	97,98	97,21	97,90	17	97,99	97,45	98,11
8	97,98	97,23	97,92	18	97,99	97,47	98,13
9	97,98	97,25	97,94	19	97,98	97,50	98,15
10	97,98	97,28	97,96	20	97,97	97,52	98,17

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{21} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.10. Data hasil percobaan 2 variasi 5 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,97	97,10	97,80	11	99,25	99,54	99,62
2	98,74	99,49	99,54	12	99,25	99,54	99,62
3	99,10	99,54	99,61	13	99,24	99,54	99,61
4	99,17	99,54	99,61	14	99,22	99,54	99,61
5	99,18	99,54	99,60	15	99,22	99,54	99,61
6	99,18	99,53	99,60	16	99,22	99,54	99,61
7	99,16	99,53	99,59	17	99,21	99,54	99,61
8	99,16	99,53	99,60	18	99,21	99,54	99,61
9	99,16	99,53	99,59	19	99,20	99,54	99,61
10	99,18	99,53	99,60	20	99,20	99,54	99,61

6. Variasi 6 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{22} = m_{23} = m_{24} = m_{25} = m_{26} = m_{31} = m_{32} = m_{33} = m_{34} = m_{35} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.11. Data hasil percobaan 1 variasi 6 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,06	97,16	97,58	11	98,00	97,41	97,82
2	98,05	97,19	97,59	12	98,00	97,44	97,84
3	98,03	97,21	97,62	13	97,99	97,46	97,87
4	98,03	97,24	97,64	14	97,99	97,49	97,89
5	98,03	97,26	97,67	15	97,99	97,52	97,90
6	98,03	97,28	97,69	16	97,98	97,54	97,92
7	98,02	97,32	97,72	17	97,98	97,57	97,94
8	98,01	97,34	97,74	18	97,97	97,60	97,95
9	98,01	97,36	97,77	19	97,96	97,63	97,97
10	98,00	97,39	97,79	20	97,94	97,65	97,98

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{21} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.12. Data hasil percobaan 2 variasi 6 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,06	97,16	97,58	11	99,25	99,54	99,60
2	98,71	99,49	99,53	12	99,24	99,54	99,62
3	99,09	99,54	99,60	13	99,24	99,54	99,61
4	99,17	99,54	99,61	14	99,22	99,54	99,61
5	99,18	99,54	99,60	15	99,22	99,54	99,61
6	99,18	99,53	99,60	16	99,22	99,54	99,61
7	99,16	99,53	99,59	17	99,21	99,54	99,61
8	99,16	99,53	99,59	18	99,21	99,54	99,61
9	99,16	99,53	99,59	19	99,20	99,54	99,61
10	99,18	99,53	99,59	20	99,20	99,54	99,61

7. Variasi 7 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & l_{13} \\ 0 & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & 0 & 0 & 0 \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & 0 & 0 & 0 \\ m_{31} & 0 & m_{33} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_{21} = m_{22} = m_{23} = m_{31} = m_{33} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.13. Data hasil percobaan 1 variasi 7 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,22	97,84	98,24	11	98,26	98,05	98,43
2	98,22	97,85	98,26	12	98,27	98,08	98,45
3	98,22	97,88	98,27	13	98,27	98,10	98,48
4	98,22	97,90	98,29	14	98,27	98,12	98,49
5	98,23	97,92	98,31	15	98,28	98,14	98,51
6	98,23	97,94	98,33	16	98,28	98,16	98,52
7	98,24	97,96	98,35	17	98,28	98,18	98,54
8	98,24	97,98	98,37	18	98,29	98,20	98,55
9	98,25	98,01	98,39	19	98,29	98,22	98,57
10	98,25	98,03	98,41	20	98,29	98,24	98,58

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{13} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel C.14. Data hasil percobaan 2 variasi 7 model *flowrate weigh feeder* dan *product* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,22	97,84	98,24	11	99,29	99,54	99,61
2	98,95	99,55	99,54	12	99,31	99,55	99,62
3	99,15	99,54	99,61	13	99,29	99,55	99,62
4	99,20	99,54	99,61	14	99,29	99,55	99,62
5	99,21	99,54	99,60	15	99,29	99,55	99,61
6	99,22	99,54	99,60	16	99,29	99,55	99,61
7	99,22	99,54	99,59	17	99,27	99,55	99,62
8	99,22	99,54	99,60	18	99,27	99,55	99,62
9	99,22	99,54	99,59	19	99,25	99,55	99,61
10	99,24	99,54	99,60	20	99,26	99,55	99,61

LAMPIRAN D

HASIL MODEL RASIO *WEIGHT FEEDER* DAN *PRODUCT*
TERHADAP TOTAL *WEIGHT FEEDER*

8. Variasi 1 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & 0 & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & 0 & 0 & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{26} = m_{33} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.1. Data hasil percobaan 1 variasi 1 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,20	97,54	98,35	11	97,92	97,89	98,38
2	97,98	97,67	98,27	12	97,92	97,92	98,40
3	97,96	97,69	98,28	13	97,92	97,94	98,41
4	97,95	97,72	98,29	14	97,92	97,97	98,44
5	97,95	97,74	98,29	15	97,92	97,99	98,46
6	97,94	97,76	98,30	16	97,92	98,02	98,48
7	97,93	97,79	98,32	17	97,93	98,05	98,49
8	97,92	97,81	98,33	18	97,92	98,07	98,51
9	97,92	97,84	98,34	19	97,93	98,10	98,53
10	97,91	97,86	98,36	20	97,92	98,12	98,55

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{22} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.2. Data hasil percobaan 2 variasi 1 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,00	97,65	98,27	11	99,29	99,54	99,61
2	98,93	99,51	99,56	12	99,32	99,54	99,62
3	99,15	99,53	99,60	13	99,31	99,54	99,62
4	99,21	99,53	99,60	14	99,31	99,54	99,62
5	99,22	99,53	99,60	15	99,30	99,54	99,62
6	99,22	99,53	99,59	16	99,30	99,54	99,62
7	99,22	99,53	99,59	17	99,28	99,54	99,63
8	99,22	99,53	99,59	18	99,28	99,54	99,63
9	99,22	99,53	99,59	19	99,27	99,54	99,63
10	99,25	99,53	99,60	20	99,27	99,54	99,63

9. Variasi 2 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & m_{24} & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & m_{34} & 0 & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{24} = m_{26} = m_{33} = m_{34} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.3. Data hasil percobaan 1 variasi 2 model rasio *weigh feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,95	97,32	98,06	11	97,84	97,57	98,23
2	97,93	97,34	98,07	12	97,83	97,60	98,25
3	97,90	97,37	98,08	13	97,83	97,63	98,27
4	97,89	97,39	98,10	14	97,83	97,66	98,30
5	97,89	97,42	98,11	15	97,82	97,69	98,33
6	97,88	97,44	98,13	16	97,81	97,71	98,36
7	97,87	97,47	98,15	17	97,81	97,74	98,38
8	97,85	97,49	98,16	18	97,81	97,77	98,41
9	97,85	97,52	98,18	19	97,80	97,79	98,44
10	97,83	97,55	98,20	20	97,79	97,81	98,45

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{22} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.4. Data hasil percobaan 2 variasi 2 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,95	97,32	98,06	11	99,29	99,54	99,61
2	98,92	99,50	99,56	12	99,31	99,54	99,62
3	99,15	99,53	99,60	13	99,30	99,54	99,62
4	99,21	99,53	99,60	14	99,31	99,54	99,62
5	99,21	99,53	99,60	15	99,30	99,54	99,62
6	99,22	99,53	99,59	16	99,30	99,54	99,62
7	99,22	99,53	99,59	17	99,28	99,54	99,62
8	99,22	99,53	99,59	18	99,28	99,54	99,62
9	99,22	99,53	99,59	19	99,27	99,54	99,62
10	99,24	99,53	99,59	20	99,27	99,54	99,62

10. Variasi 3 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ 0 & l_{22} & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{22} = m_{23} = m_{24} = m_{25} = m_{26} = m_{31} = m_{32} = m_{33} = m_{34} = m_{35} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.5. Data hasil percobaan 1 variasi 3 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,37	96,67	97,89	11	86,01	78,99	77,38
2	97,31	96,35	96,65	12	84,65	81,30	80,22
3	94,34	92,27	91,61	13	84,31	83,06	82,99
4	94,39	88,34	86,53	14	80,91	85,57	85,71
5	94,20	84,92	82,86	15	79,34	87,16	88,10
6	93,89	82,30	79,48	16	78,46	88,59	89,34
7	92,65	81,97	78,97	17	77,36	90,54	91,23
8	89,71	81,36	78,66	18	75,94	93,69	94,68
9	89,38	79,64	77,14	19	75,99	95,06	95,76
10	87,90	78,81	76,45	20	76,66	95,48	95,94

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{22} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel B.6. Data hasil percobaan 2 variasi 3 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,37	96,67	97,89	11	99,29	99,54	99,61
2	98,87	99,50	99,56	12	99,32	99,54	99,62
3	99,15	99,53	99,60	13	99,30	99,54	99,62
4	99,20	99,53	99,60	14	99,31	99,54	99,62
5	99,21	99,53	99,59	15	99,30	99,54	99,62
6	99,21	99,53	99,59	16	99,30	99,54	99,62
7	99,21	99,53	99,59	17	99,28	99,54	99,62
8	99,22	99,53	99,59	18	99,28	99,54	99,62
9	99,22	99,53	99,59	19	99,27	99,54	99,62
10	99,24	99,53	99,59	20	99,27	99,54	99,62

11. Variasi 4 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & 0 & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & 0 & 0 & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{26} = m_{33} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.7. Data hasil percobaan 1 variasi 4 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,96	97,61	98,14	11	97,90	97,81	98,26
2	97,95	97,62	98,14	12	97,91	97,84	98,27
3	97,93	97,64	98,14	13	97,91	97,86	98,27
4	97,92	97,66	98,15	14	97,91	97,88	98,28
5	97,92	97,68	98,17	15	97,91	97,90	98,29
6	97,92	97,70	98,18	16	97,91	97,92	98,29
7	97,91	97,72	98,20	17	97,92	97,94	98,29
8	97,90	97,74	98,21	18	97,91	97,95	98,30
9	97,90	97,77	98,23	19	97,92	97,97	98,30
10	97,90	97,79	98,24	20	97,91	97,99	98,30

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{21} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.8. Data hasil percobaan 2 variasi 4 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,96	97,61	98,14	11	99,26	99,54	99,61
2	98,69	99,49	99,54	12	99,25	99,54	99,62
3	99,10	99,54	99,61	13	99,25	99,54	99,62
4	99,18	99,54	99,61	14	99,23	99,54	99,61
5	99,20	99,54	99,61	15	99,23	99,54	99,61
6	99,19	99,53	99,60	16	99,23	99,54	99,61
7	99,18	99,53	99,60	17	99,22	99,54	99,62
8	99,18	99,53	99,60	18	99,22	99,54	99,62
9	99,18	99,53	99,59	19	99,21	99,54	99,61
10	99,19	99,53	99,60	20	99,21	99,54	99,61

12. Variasi 5 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & 0 & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & 0 & 0 & m_{24} & 0 & m_{26} \\ 0 & 0 & m_{33} & m_{34} & 0 & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{24} = m_{26} = m_{33} = m_{34} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.9. Data hasil percobaan 1 variasi 5 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	n_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,81	97,08	97,69	11	97,67	97,29	97,93
2	97,80	97,11	97,71	12	97,66	97,32	97,95
3	97,77	97,13	97,73	13	97,64	97,34	97,97
4	97,75	97,15	97,76	14	97,64	97,37	98,00
5	97,75	97,17	97,78	15	97,63	97,40	98,02
6	97,74	97,18	97,81	16	97,62	97,43	98,03
7	97,72	97,21	97,83	17	97,61	97,45	98,06
8	97,69	97,23	97,85	18	97,60	97,49	98,07
9	97,68	97,25	97,88	19	97,59	97,52	98,08
10	97,66	97,27	97,90	20	97,58	97,54	98,09

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{21} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.10. Data hasil percobaan 2 variasi 5 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,81	97,08	97,69	11	99,25	99,54	99,61
2	98,60	99,49	99,54	12	99,25	99,54	99,62
3	99,07	99,54	99,61	13	99,24	99,54	99,61
4	99,17	99,54	99,61	14	99,22	99,54	99,61
5	99,18	99,53	99,60	15	99,22	99,54	99,61
6	99,18	99,53	99,60	16	99,22	99,54	99,61
7	99,17	99,53	99,59	17	99,21	99,54	99,62
8	99,17	99,53	99,60	18	99,21	99,54	99,62
9	99,17	99,53	99,59	19	99,20	99,54	99,61
10	99,18	99,53	99,60	20	99,20	99,54	99,61

13. Variasi 6 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_{14} = m_{15} = m_{16} = m_{21} = m_{22} = m_{23} = m_{24} = m_{25} = m_{26} = m_{31} = m_{32} = m_{33} = m_{34} = m_{35} = m_{36} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.11. Data hasil percobaan 1 variasi 6 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,47	96,47	97,31	11	86,47	79,57	77,69
2	97,38	96,22	96,48	12	85,04	81,94	80,66
3	97,14	92,29	91,61	13	84,48	83,84	83,69
4	94,42	88,46	86,65	14	80,91	86,43	86,54
5	94,36	85,13	83,16	15	79,24	88,12	89,14
6	93,98	82,59	79,88	16	78,22	89,56	90,24
7	92,92	82,28	79,30	17	76,97	91,45	91,83
8	90,19	81,69	78,83	18	75,41	94,46	94,66
9	89,90	80,04	77,31	19	75,41	95,71	95,64
10	88,46	79,29	76,66	20	76,06	95,08	94,61

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{21} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.12. Data hasil percobaan 2 variasi 6 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	97,47	96,47	97,31	11	99,25	99,54	99,60
2	98,39	99,44	99,48	12	99,24	99,54	99,62
3	99,06	99,53	99,59	13	99,24	99,54	99,61
4	99,17	99,54	99,60	14	99,22	99,54	99,61
5	99,18	99,53	99,60	15	99,22	99,54	99,61
6	99,17	99,53	99,60	16	99,22	99,54	99,61
7	99,14	99,53	99,59	17	99,21	99,54	99,61
8	99,15	99,53	99,59	18	99,21	99,54	99,61
9	99,19	99,53	99,59	19	99,20	99,54	99,61
10	99,19	99,53	99,59	20	99,20	99,54	99,61

14. Variasi 7 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & l_{13} \\ 0 & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & 0 & 0 & 0 \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & 0 & 0 & 0 \\ m_{31} & 0 & m_{33} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$K = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

Meningkatkan nilai $m_{11} = m_{12} = m_{13} = m_{21} = m_{22} = m_{23} = m_{31} = m_{33} = m_b$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai m_b terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.13. Data hasil percobaan 1 variasi 7 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K	m_b	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,10	97,42	98,13	11	98,10	97,63	98,41
2	98,09	97,44	98,15	12	98,10	97,65	98,44
3	98,09	97,46	98,18	13	98,10	97,68	98,46
4	98,09	97,49	98,21	14	98,10	97,70	98,48
5	98,10	97,50	98,24	15	98,10	97,73	98,50
6	98,10	97,52	98,27	16	98,09	97,76	98,52
7	98,10	97,54	98,30	17	98,09	97,79	98,54
8	98,10	97,56	98,33	18	98,09	97,81	98,56
9	98,10	97,59	98,35	19	98,08	97,84	98,58
10	98,10	97,61	98,38	20	98,07	97,86	98,59

Meningkatkan nilai $l_{11} = l_{13} = l_{22} = l_{23} = l_{31} = l_{32} = l_{33} = l_a$ untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai l_a terhadap nilai *fitness* (kebenaran).

Tabel D.14. Data hasil percobaan 2 variasi 7 model rasio *weight feeder* dan *product* terhadap total *weight feeder* sebagai input *soft sensor*

l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K	l_a	Fitness N	Fitness P	Fitness K
1	98,10	97,42	98,13	11	99,29	99,54	99,61
2	98,93	99,50	99,54	12	99,31	99,54	99,61
3	99,15	99,54	99,61	13	99,29	99,55	99,62
4	99,20	99,54	99,61	14	99,30	99,55	99,61
5	99,21	99,54	99,60	15	99,29	99,55	99,61
6	99,22	99,54	99,60	16	99,29	99,55	99,61
7	99,22	99,54	99,59	17	99,27	99,55	99,62
8	99,22	99,54	99,60	18	99,27	99,55	99,62
9	99,22	99,54	99,59	19	99,25	99,55	99,61
10	99,24	99,54	99,60	20	99,26	99,55	99,61

LAMPIRAN E

FUNGSI SCRIPT PROGRAM ARX PADA MATLAB

Fungsi *script* program ARX pada Matlab untuk proses estimasi dan validasi.

```
clear all;
% Loading data input dan output;
data_input;           % nama file input (data estimasi)
data_output;         % nama file output (data estimasi)
interval = (1:78);   % panjang data yang digunakan

% Penentuan Input-Output
u11 = input_sensor(interval,1); % input 1 M2101
u12 = input_sensor(interval,2); % input 2 M2102
u13 = input_sensor(interval,3); % input 3 M2103
u14 = input_sensor(interval,4); % input 4 M2104
u15 = input_sensor(interval,5); % input 5 M2105
u16 = input_sensor(interval,6); % input 6 M2121_2

y11 = output_sensor(interval,1); % persentase N
y12 = output_sensor(interval,2); % persentase P
y13 = output_sensor(interval,3); % persentase K

% Remove Mean / Preprocessing
det_u11 = detrend (u11);
det_u12 = detrend (u12);
det_u13 = detrend (u13);
det_u14 = detrend (u14);
det_u15 = detrend (u15);
det_u16 = detrend (u16);
det_y11 = detrend (y11);
det_y12 = detrend (y12);
det_y13 = detrend (y13);

% Normalisasi data
nor_u11 = u11;
nor_u12 = u12;
nor_u13 = u13;
nor_u14 = u14;
nor_u15 = u15;
nor_u16 = u16;
nor_y11 = y11;
nor_y12 = y12;
nor_y13 = y13;

% Pembuatan iddata
% u11, u12, u13, u14, u15, u16 sebagai input dan y11, y12, y13
% sebagai output
data =
    iddata([nor_y11,nor_y12,nor_y13],[nor_u11,nor_u12,nor_u13,nor
        _u14,nor_u15,nor_u16]);
```

```

% Objek Iddata, dengan nama variabel adalah data
data.InputName                                     =
    {'M2101'; 'M2102'; 'M2103'; 'M2104'; 'M2105'; 'M2121_2'}; %
    Nama data input
data.OutputName                                    =
    {'persentase_N'; 'persentase_P'; 'persentase_K'}; % Nama
    data output

%Pemilihan data validasi dan estimasi
n_total = numel (u11); % Jumlah data total
n_estimasi = 60; % Jumlah data estimasi
n_validasi = n_total - n_estimasi; % Jumlah data validasi

%Penentuan nilai prediksi ke depan
prediction_horizon = 1;
Hp = prediction_horizon;

%Pemilihan orde terbaik
%NN=struct(1:5,1:5,1:5,1:5,1:5,1:5,1:5,1:5,1 5,0,0);
%parameterARX=selstruct(arxstruct(data(1:n_estimasi, :, :), data(1+n_
    estimasi:n_total, :, :), NN));

%Penentuan orde polinomial ARX
na1 = [2 2 2;
    1 1 1;
    1 1 1];
nb1 = [4 4 4 4 4 4;
    2 2 2 2 2 2;
    2 2 2 2 2 2];
nk1 = [0 0 0 0 0 0;
    0 0 0 0 0 0;
    0 0 0 0 0 0];

%Simulasi ARX
marx_a=arx(data(1:n_estimasi, :, :), [na1 nb1 nk1]);

%Perbandingan model dengan data asli, menggunakan data validasi
compare(data(1+n_estimasi:n_total, :, :), marx_a, prediction_horizon
    );

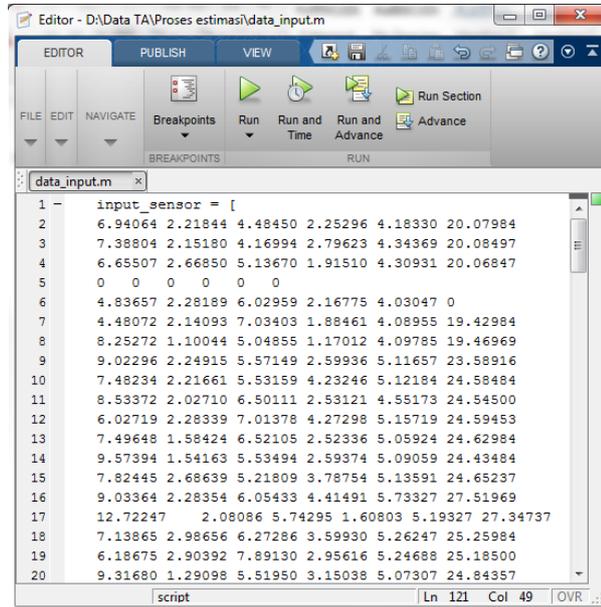
```

LAMPIRAN F

INSERT DATA INPUT DAN OUTPUT PADA MATLAB

Insert Input Output Data pada Matlab

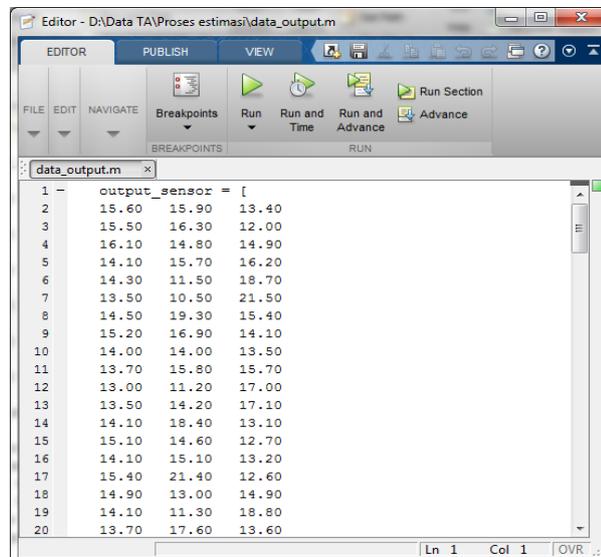
- 1) Insert Data *Weigh Indicator* sebagai Input Data pada Matlab.



```
1 - input_sensor = [  
2 6.94064 2.21844 4.48450 2.25296 4.18330 20.07984  
3 7.38804 2.15180 4.16994 2.79623 4.34369 20.08497  
4 6.65507 2.66850 5.13670 1.91510 4.30931 20.06847  
5 0 0 0 0 0  
6 4.83657 2.28189 6.02959 2.16775 4.03047 0  
7 4.48072 2.14093 7.03403 1.88461 4.08955 19.42984  
8 8.25272 1.10044 5.04855 1.17012 4.09785 19.46969  
9 9.02296 2.24915 5.57149 2.59936 5.11657 23.58916  
10 7.48234 2.21661 5.53159 4.23246 5.12184 24.58484  
11 8.53372 2.02710 6.50111 2.53121 4.55173 24.54500  
12 6.02719 2.28339 7.01378 4.27298 5.15719 24.59453  
13 7.49648 1.58424 6.52105 2.52336 5.05924 24.62984  
14 9.57394 1.54163 5.53494 2.59374 5.09059 24.43484  
15 7.82445 2.68639 5.21809 3.78754 5.13591 24.65237  
16 9.03364 2.28354 6.05433 4.41491 5.73327 27.51969  
17 12.72247 2.08086 5.74295 1.60803 5.19327 27.34737  
18 7.13865 2.98656 6.27286 3.59930 5.26247 25.25984  
19 6.18675 2.90392 7.89130 2.95616 5.24688 25.18500  
20 9.31680 1.29098 5.51950 3.15038 5.07307 24.84357
```

Gambar F.1 *Insert data input pada Matlab.*

- 2) Insert Data UjiLaboratorium sebagai Output Data pada Matlab.



```
1 - output_sensor = [  
2 15.60 15.90 13.40  
3 15.50 16.30 12.00  
4 16.10 14.80 14.90  
5 14.10 15.70 16.20  
6 14.30 11.50 18.70  
7 13.50 10.50 21.50  
8 14.50 19.30 15.40  
9 15.20 16.90 14.10  
10 14.00 14.00 13.50  
11 13.70 15.80 15.70  
12 13.00 11.20 17.00  
13 13.50 14.20 17.10  
14 14.10 18.40 13.10  
15 15.10 14.60 12.70  
16 14.10 15.10 13.20  
17 15.40 21.40 12.60  
18 14.90 13.00 14.90  
19 14.10 11.30 18.80  
20 13.70 17.60 13.60
```

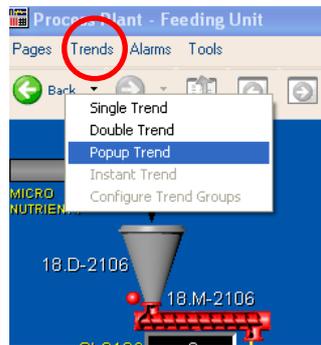
Gambar F.2 *Insert data output pada Matlab.*

LAMPIRAN G
TATA CARA EXPORT DATA FLOWRATE WEIGH FEEDER
DAN PRODUCT DARI TREND

Langkah – langkah pengambilan data (*export*) *flow indicator* dari trend pada *Vijeo Citect Runtime*.

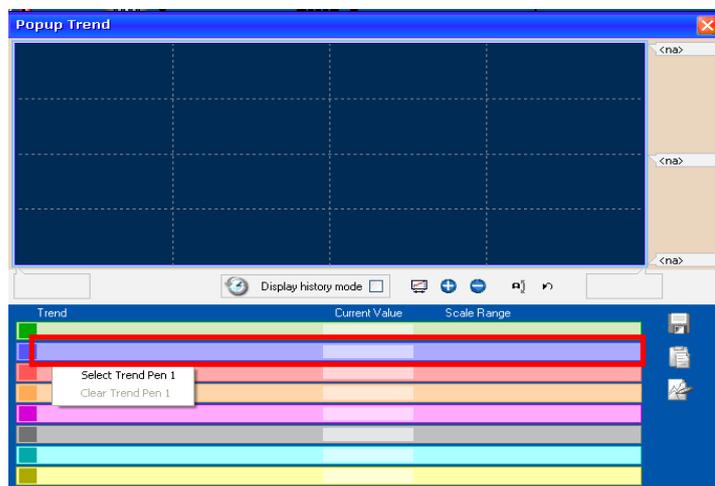
a. Memanggil halaman Popup Trend

Untuk menampilkan halaman Popup Trend dapat dilakukan dengan menekan tombol Trends pada *Vijeo Citect Runtime* kemudian pilih Popup Trend.



Gambar G.1. Tombol untuk menampilkan halaman Popup Trend

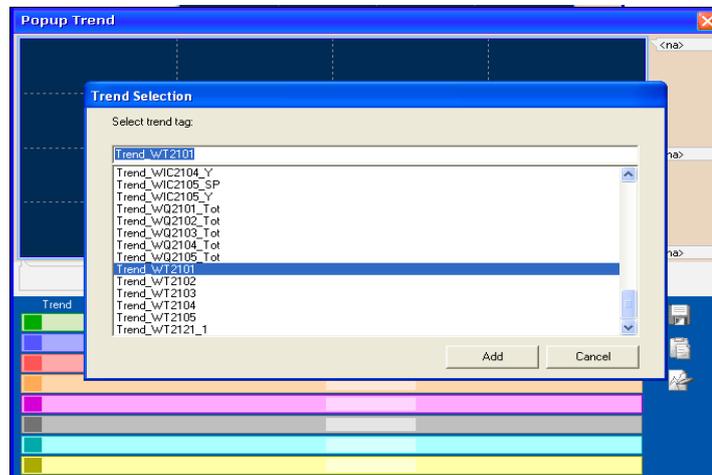
b. Input tag WI2101, WI2102, WI2103, WI2104, WI2105, WI2121_1



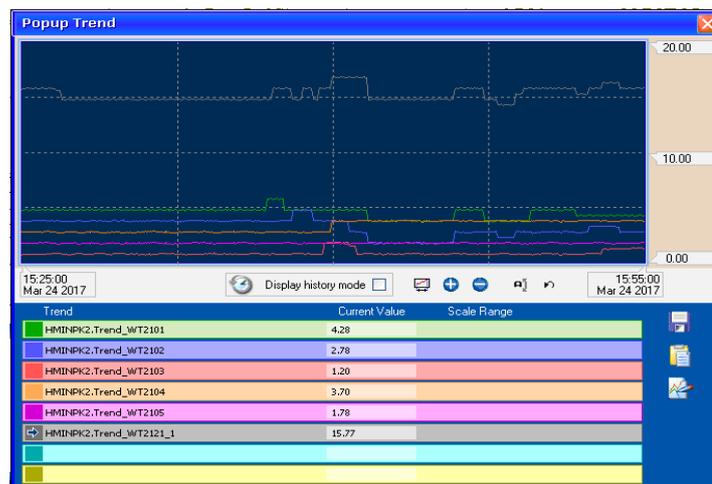
Gambar G.2. Tombol Select Trend Pen untuk menampilkan halaman Trend Selection pada setiap Pen.

Setelah muncul halaman Popup Trend, untuk memanggil tag apa saja yang akan ditampilkan pada Popup Trend yaitu dengan mengklik kanan pada Pen 1 pada halaman Popup Trend kemudian klik Select Trend Pen 1.

Pilih tag yang akan ditampilkan. Begitu selanjutnya untuk Pen yang lain.



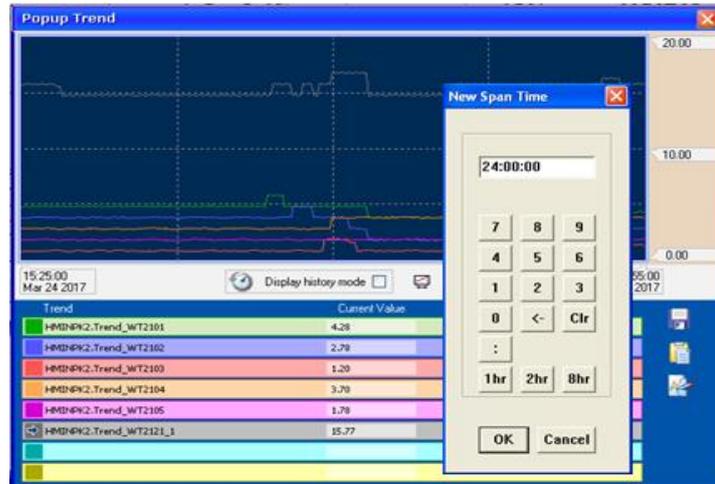
Gambar G.3. Halaman Trend Selection untuk memanggil tag yang akan ditampilkan pada halaman Popup Trend.



Gambar G.4. Halaman Popup Trend dengan Pen yang sudah diisi *variable tag weigh feeder dan final product*

c. Menentukan panjang interval (*range*) waktu

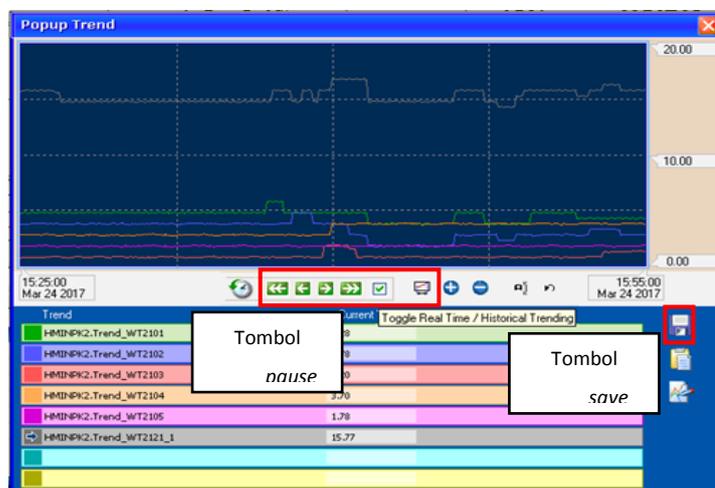
Menentukan panjang interval waktu dilakukan dengan menekan tombol Set Trend Span.



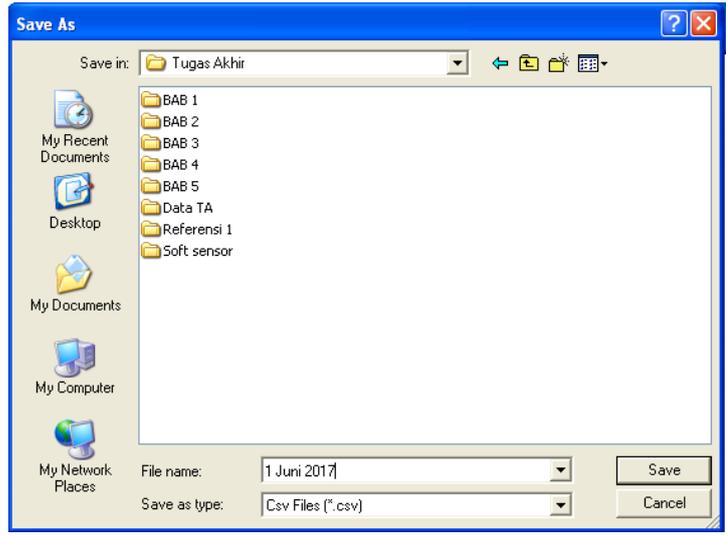
Gambar G.5. Display New Span Time

d. Export data Trend kedalam format Excel

Agar data yang ditampilkan pada Trend dapat diolah, maka harus di-export kedalam format Excel. Langkah pertama adalah menekan tombol Display history mode untuk mem-*pause* dan mengatur waktu data yang akan di-export. Kemudian tekan tombol *save*, pilih format *.csv dan beri nama.

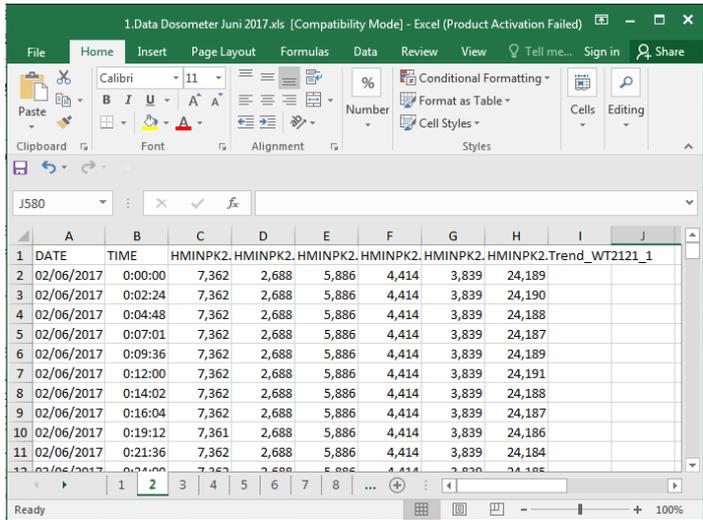


Gambar G.6. Tombol Display history mode dan save



Gambar G.7. Display save file trend

e. File hasil export

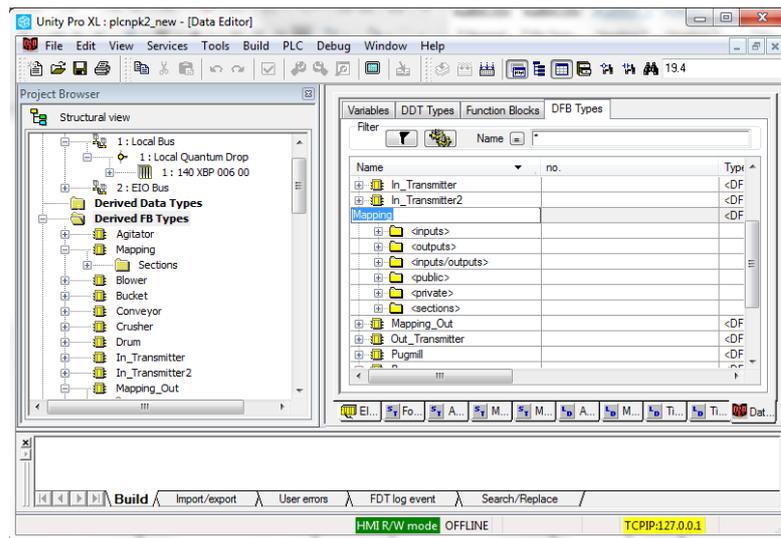


Gambar G.8. Tampilan export/save dari Trend

LAMPIRAN H

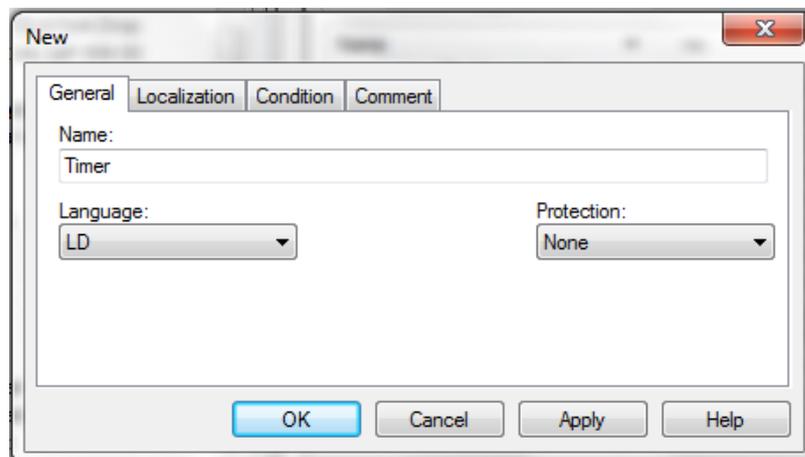
TATA CARA BUAT PROGRAM MAPPING PADA UNITY PRO XL

- 1) Program *timer* pada *Unity Pro XL 10.0*
 - 1.1. Klik Derived FB Type, klik 2 kali pada baris yang kosong kolom *Name*, beri nama *Mapping*



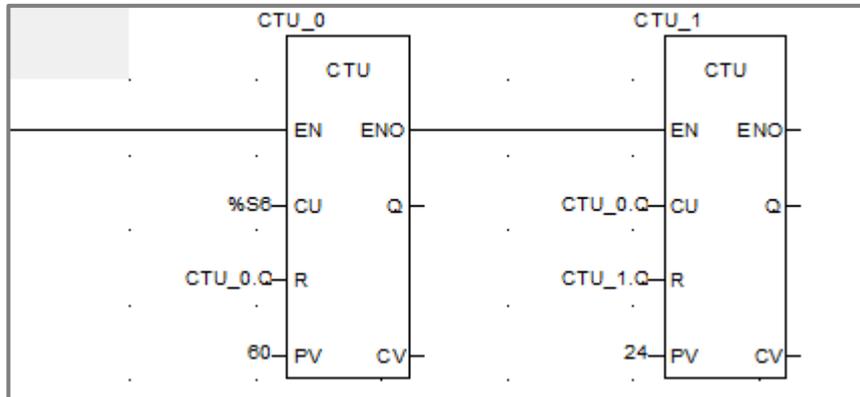
Gambar H.1. Buat *function Mapping* untuk program *Mapping*

- 1.2. Klik *<sections>* pada *function Mapping*, klik 2 kali pada baris yang kosong, beri nama *Timer*, pilih *LD (Ladder Diagram)* pada kolom *Language*



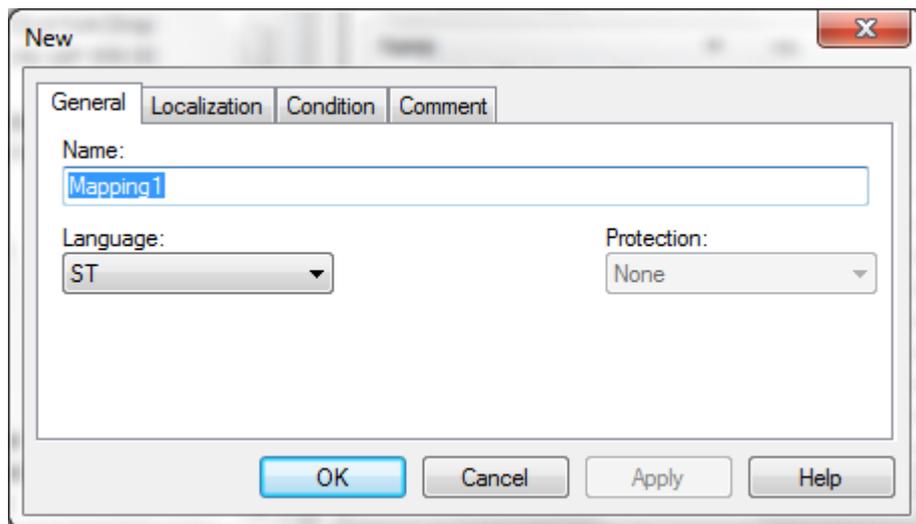
Gambar H.2. *Display* buat *section Timer*

- 1.3. Klik 2 kali pada *Timer*, klik kanan, pilih *FFB input Assistant*, pilih *function CTU (Counter Up)*, isi *input output* masing – masing *function* sesuai Gambar 6.12



Gambar H.3. Buat *function Mapping* untuk program *timer*

- 2) Program *mapping* (0 menit) pada *Unity Pro XL 10.0*
- 2.1. Klik <*sections*> pada *function Mapping*, klik 2 kali pada baris yang kosong, beri nama *Mapping1*, pilih *ST (Structure Text)* pada kolom *Language*



Gambar H.4. *Display* buat *section Mapping*

2.2. Klik 2 kali pada *Mapping1*, ketik *script function* di bawah pada halaman program *Mapping1*.

<pre>(*Mapping 0 menit*) IF CTU_0.CV=0 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_1:=Input; Out:=Input1_2; END_IF; IF CTU_0.CV=1 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_2:=Input; Out:=Input1_3; END_IF; IF CTU_0.CV=2 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_3:=Input; Out:=Input1_4; END_IF; IF CTU_0.CV=3 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_4:=Input; Out:=Input1_5; END_IF; IF CTU_0.CV=4 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_5:=Input; Out:=Input1_6; END_IF; IF CTU_0.CV=5 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_6:=Input; Out:=Input1_7; END_IF; IF CTU_0.CV=6 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_7:=Input; Out:=Input1_8; END_IF; IF CTU_0.CV=7 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_8:=Input; Out:=Input1_9; END_IF; IF CTU_0.CV=8 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_9:=Input; Out:=Input1_10; END_IF; IF CTU_0.CV=9 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_10:=Input; Out:=Input1_11; END_IF; IF CTU_0.CV=10 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_11:=Input; Out:=Input1_12; END_IF;</pre>	<pre>IF CTU_0.CV=11 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_12:=Input; Out:=Input1_13; END_IF; IF CTU_0.CV=12 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_13:=Input; Out:=Input1_14; END_IF; IF CTU_0.CV=13 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_14:=Input; Out:=Input1_15; END_IF; IF CTU_0.CV=14 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_15:=Input; Out:=Input1_16; END_IF; IF CTU_0.CV=15 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_16:=Input; Out:=Input1_17; END_IF; IF CTU_0.CV=16 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_17:=Input; Out:=Input1_18; END_IF; IF CTU_0.CV=17 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_18:=Input; Out:=Input1_19; END_IF; IF CTU_0.CV=18 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_19:=Input; Out:=Input1_20; END_IF; IF CTU_0.CV=19 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_20:=Input; Out:=Input1_21; END_IF; IF CTU_0.CV=20 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_21:=Input; Out:=Input1_22; END_IF; IF CTU_0.CV=21 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_22:=Input; Out:=Input1_23; END_IF; IF CTU_0.CV=22 AND CTU_1.CV=0 THEN Input1_23:=Input; Out:=Input1_24; END_IF;</pre>
---	--

```

IF CTU_0.CV=23 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_24:=Input;
  Out:=Input1_25;
END_IF;
IF CTU_0.CV=24 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_25:=Input;
  Out:=Input1_26;
END_IF;
IF CTU_0.CV=25 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_26:=Input;
  Out:=Input1_27;
END_IF;
IF CTU_0.CV=26 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_27:=Input;
  Out:=Input1_28;
END_IF;
IF CTU_0.CV=27 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_28:=Input;
  Out:=Input1_29;
END_IF;
IF CTU_0.CV=28 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_29:=Input;
  Out:=Input1_30;
END_IF;
IF CTU_0.CV=29 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_30:=Input;
  Out:=Input1_31;
END_IF;
IF CTU_0.CV=30 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_31:=Input;
  Out:=Input1_32;
END_IF;
IF CTU_0.CV=31 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_32:=Input;
  Out:=Input1_33;
END_IF;
IF CTU_0.CV=32 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_33:=Input;
  Out:=Input1_34;
END_IF;
IF CTU_0.CV=33 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_34:=Input;
  Out:=Input1_35;
END_IF;
IF CTU_0.CV=34 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_35:=Input;
  Out:=Input1_36;
END_IF;
IF CTU_0.CV=35 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_36:=Input;
  Out:=Input1_37;
END_IF;

```

```

IF CTU_0.CV=36 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_37:=Input;
  Out:=Input1_38;
END_IF;
IF CTU_0.CV=37 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_38:=Input;
  Out:=Input1_39;
END_IF;
IF CTU_0.CV=38 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_39:=Input;
  Out:=Input1_40;
END_IF;
IF CTU_0.CV=39 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_40:=Input;
  Out:=Input1_41;
END_IF;
IF CTU_0.CV=40 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_41:=Input;
  Out:=Input1_42;
END_IF;
IF CTU_0.CV=41 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_42:=Input;
  Out:=Input1_43;
END_IF;
IF CTU_0.CV=42 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_43:=Input;
  Out:=Input1_44;
END_IF;
IF CTU_0.CV=43 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_44:=Input;
  Out:=Input1_45;
END_IF;
IF CTU_0.CV=44 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_45:=Input;
  Out:=Input1_46;
END_IF;
IF CTU_0.CV=45 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_46:=Input;
  Out:=Input1_47;
END_IF;
IF CTU_0.CV=46 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_47:=Input;
  Out:=Input1_48;
END_IF;
IF CTU_0.CV=47 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_48:=Input;
  Out:=Input1_49;
END_IF;
IF CTU_0.CV=48 AND CTU_1.CV=0 THEN
  Input1_49:=Input;
  Out:=Input1_50;
END_IF;

```

```

END_IF;
IF CTU_0.CV=50 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_51:=Input;
    Out:=Input1_52;
END_IF;
IF CTU_0.CV=51 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_52:=Input;
    Out:=Input1_53;
END_IF;
IF CTU_0.CV=52 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_53:=Input;
    Out:=Input1_54;
END_IF;
IF CTU_0.CV=53 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_54:=Input;
    Out:=Input1_55;
END_IF;
IF CTU_0.CV=54 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_55:=Input;
    Out:=Input1_56;
END_IF;
IF CTU_0.CV=55 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_56:=Input;
    Out:=Input1_57;
END_IF;
IF CTU_0.CV=56 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_57:=Input;
    Out:=Input1_58;
END_IF;
IF CTU_0.CV=57 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_58:=Input;
    Out:=Input1_59;
END_IF;
IF CTU_0.CV=58 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_59:=Input;
    Out:=Input1_60;
END_IF;
IF CTU_0.CV=59 AND CTU_1.CV=0 THEN
    Input1_60:=Input;
    Out:=Input2_1;
END_IF;
IF CTU_0.CV=0 AND CTU_1.CV=1 THEN
    Input2_1:=Input;
END_IF;

```

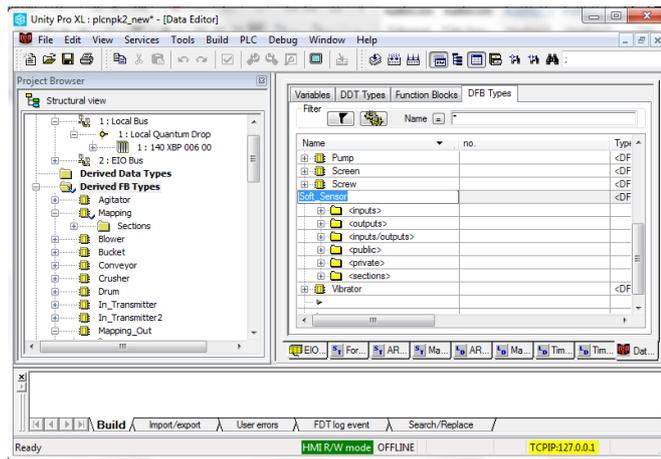
*Note : Untuk menit selanjutnya, mengubah nilai CTU_1.CV sesuai dengan perubahan menit (0, 1, ..., 24).

LAMPIRAN I

TATA CARA MEMBUAT PROGRAM SOFT SENSOR PADA UNITY PRO

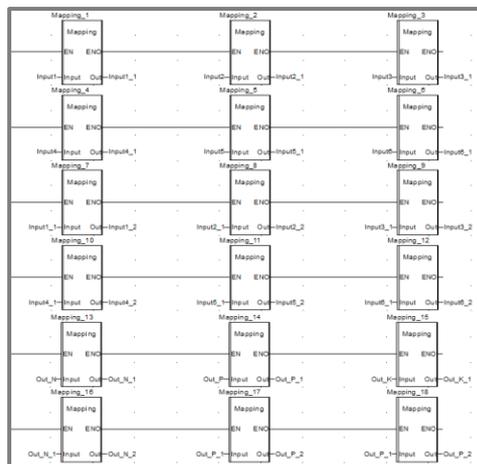
Program *Soft Sensor* pada *Unity Pro*

- 1) Klik *Derived FB Type*, klik 2 kali pada baris yang kosong kolom *Name*, beri nama *Soft sensor*



Gambar I.1. Buat *function Soft sensor* untuk program *Soft sensor*

- 2) Klik *<sections>* pada *function Soft sensor*, klik 2 kali pada baris yang kosong, beri nama *Mapping*, pilih *LD (Ladder Diagram)* pada kolom *Language Insert Function Mapping* seperti pada Gambar K.2



Gambar I.2. Buat *function mapping* untuk program *Soft sensor*

3) Buat program *calculation* sesuai dengan *algorithm Soft Sensor*

```
(*ARX Program*)

Out_N := (0.724*(Out_N_1)) + (0.067*(Out_N_2)) + (0.149*(Input1_1)) + (1.336*(Input2_1))
        - (0.788*(Input2_2)) - (0.595*(Input3_1)) + (0.072*(Input3_2)) - (0.521*(Input4_1))
        + (0.457*(Input4_2)) + (0.0428*(Input5_1)) - (0.068*(Input5_2)) - (0.01*(Input6))
        + (0.02*(Input6_1));

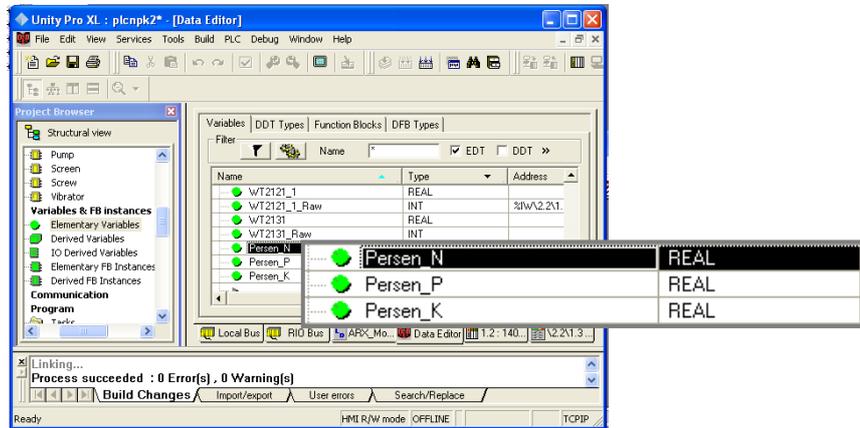
Out_P := (0.350*(Out_P_1)) + (0.022*(Out_P_2)) + (0.628*(Out_K_1)) + (1.293*(Input1_1))
        - (0.068*(Input1_2)) - (0.609*(Input2_1)) + (0.783*(Input2_2)) - (0.646*(Input3_1))
        - (0.953*(Input3_2)) - (0.645*(Input4_1)) + (0.635*(Input4_2)) - (0.671*(Input5_1))
        + (0.565*(Input5_2)) + (0.005*(Input6));

Out_K := (0.476*(Out_K_1)) + (0.007*(Out_K_2)) + (0.346*(Out_N_1)) + (0.179*(Out_P_1))
        - (0.635*(Input1_1)) + (0.04*(Input1_2)) - (0.698*(Input2_1)) + (1.685*(Input3_1))
        - (0.565*(Input3_2)) - (0.58*(Input4_1)) + (0.522*(Input4_2)) - (0.685*(Input5_1))
        + (0.416*(Input5_1)) + (0.00008*(Input6));
```

Gambar I.3. Buat *function script calculation* untuk program *Soft sensor*

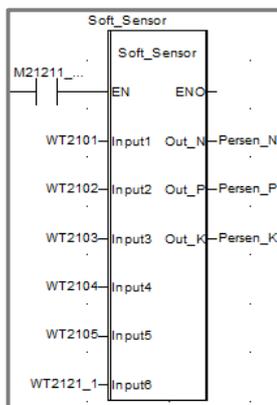
4) *Create dan Insert variable tag* pada *function Soft sensor*

3.1) *Create variable tag* pada *elementary variable* untuk output *soft sensor*



Gambar I.4. Buat *variable tag* untuk output *function soft sensor*

3.2) *Insert variable tag* yang telah dibuat pada *function Soft_Sensor*



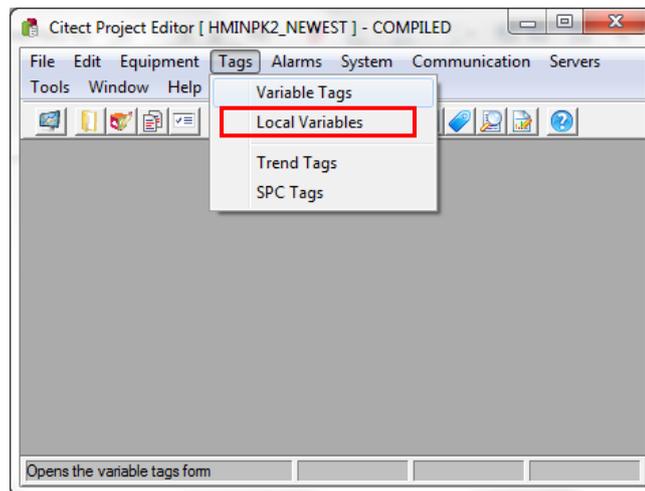
Gambar I.5. *Function Soft_Sensor* pada *section ARX*

LAMPIRAN J

TATA CARA PENAMBAHAN VARIABLE TAG PADA VIJEO CITECT

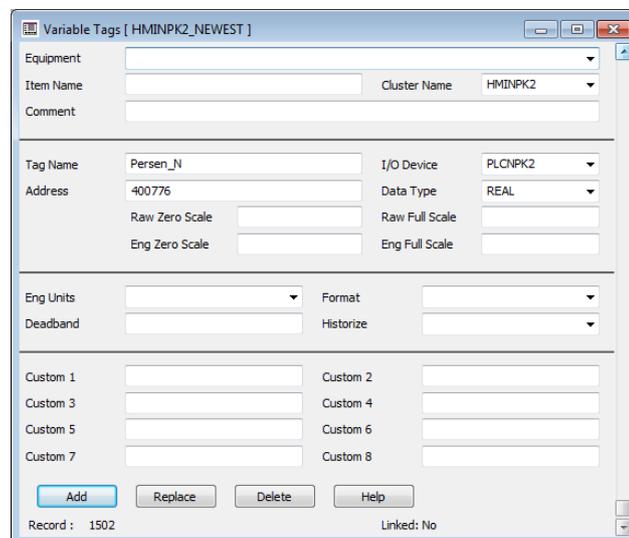
Insert variable tag dan trend tag pada Vijeo Citect Editor

- 1) Klik *Tags* pada *Toolbar* atas, pilih *Variable Tags*,



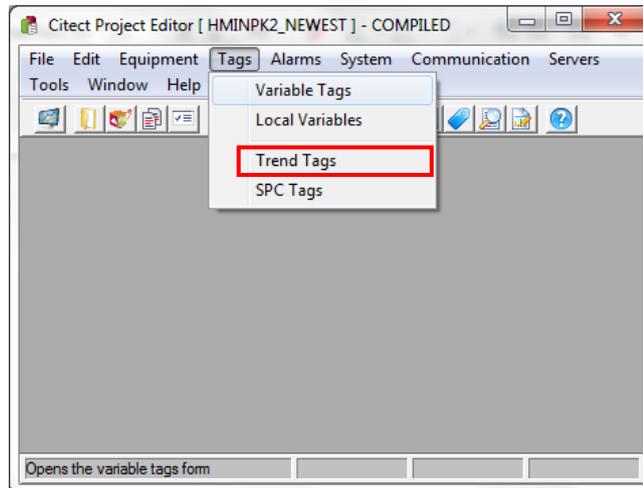
Gambar J.1. *Toolbar Tags* untuk menampilkan *Variable Tags*.

- 2) Ketik nama tag pada kolom *Tag Name* sesuai tag yang telah dibuat pada *Unity Pro 10*, misal *Persen_N*, kemudian klik tombol *Add*



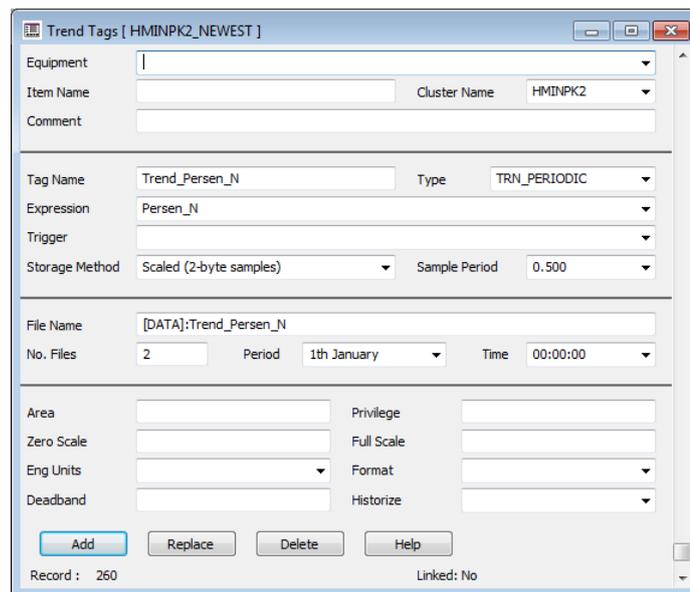
Gambar J.2. Tampilan halaman *Variable Tags* untuk mendaftarkan *Variable Tag*.

3) Klik *Tags* pada *Toolbar* atas, pilih *Trend Tags*.



Gambar J.3. *Toolbar Tags* untuk menampilkan *Trend Tags*.

4) Ketik nama trend tag yang akan dibuat, misal *Trend_Persen_N*, klik kolom *Expression* untuk memilih tag yang dituju, misal *Persen_N*, klik tombol *Add*



Gambar J.4. Tampilan halaman *Trend Tags* untuk mendaftarkan *Trend Tag*.

LAMPIRAN K
DATA HASIL IMPLEMENTASI SOFT SENSOR

Tabel K.1. Tabel data hasil uji laboratorium, *soft sensor* dan *weight indicator* Bulan Februari 2020

Tgl	Wkt	Hasil Uji Lab.			Hasil Soft Sensor			Weigh Indicator					
		N	P	K	N	P	K	WI2101	WI2102	WI2103	WI2104	WI2105	WI2121_1
1	23.30	14,10	15,50	16,90	14,07	15,51	16,89	3,327	0,835	2,763	1,114	1,952	9,267
	03.30	14,40	14,20	17,10	14,38	14,01	17,09	2,846	0,909	2,641	0,970	1,949	9,289
	07.30	14,10	14,00	16,30	14,09	14,00	16,29	2,837	0,859	2,555	1,171	1,966	9,374
	11.30	14,70	15,00	14,00	14,70	14,99	14,01	2,991	0,895	2,165	1,243	1,919	9,244
2	15.30	14,80	15,90	14,80	14,82	15,91	14,79	4,472	1,191	3,184	1,393	2,694	12,933
	19.30	15,20	15,30	15,10	15,19	15,30	15,11	4,298	1,361	3,261	1,326	2,686	12,895
	23.30	14,70	14,30	16,10	14,70	14,31	16,09	4,018	1,327	3,465	1,415	2,702	12,893
	03.30	14,90	15,90	15,20	14,89	15,90	15,20	3,793	1,097	2,793	1,106	2,144	11,003
3	07.30	15,50	12,90	16,20	15,50	12,89	16,21	3,101	1,477	3,004	1,203	2,318	10,981
	11.30	14,70	16,00	15,40	14,69	16,01	15,41	3,817	0,973	2,821	1,089	2,292	11,017
	15.30	14,70	15,30	15,80	14,70	15,31	15,79	3,154	1,027	2,495	0,976	1,716	10,368
	19.30	14,60	15,10	15,40	14,61	15,10	15,41	3,105	1,013	2,440	1,072	1,724	9,548
3	23.30	15,00	16,00	14,10	15,12	15,99	14,15	3,300	0,953	2,216	1,075	1,859	9,528
	03.30	15,20	15,40	15,80	15,19	15,39	15,80	3,448	1,103	2,723	1,066	2,076	10,073
	07.30	14,50	17,30	14,20	14,50	17,31	14,21	3,825	0,888	2,410	1,091	1,817	10,184
	11.30	15,30	16,30	15,50	15,30	16,32	15,49	3,656	1,015	2,642	0,834	2,157	10,035
3	15.30	15,60	16,90	13,50	15,61	16,93	13,48	3,437	0,935	2,103	0,923	1,942	9,458

	19.30	15,70	15,70	13,80	15,70	15,72	13,81	3,196	1,061	2,158	1,014	1,912	9,373
	23.30	14,70	16,00	15,10	14,69	16,02	15,12	3,545	1,026	2,551	1,126	1,816	9,317
	03.30	15,20	16,70	13,80	15,20	16,67	13,82	3,750	1,017	2,375	1,216	2,026	10,262
4	07.30	15,20	13,50	16,10	15,19	13,48	16,10	3,013	1,210	2,779	1,156	2,149	10,255
	11.30	14,60	16,10	15,60	14,60	16,09	15,62	3,295	0,898	2,445	1,021	1,754	9,465
	15.30	15,40	15,80	16,50	15,39	15,80	16,51	3,243	0,997	2,598	0,689	1,971	9,460
	19.30	14,30	15,80	15,30	14,31	15,81	15,30	3,488	0,946	2,594	1,287	1,839	10,180
	23.30	15,60	17,40	14,00	15,60	17,41	13,98	3,839	1,008	2,366	0,909	2,045	10,150
	03.30	14,80	16,20	15,10	14,81	16,20	15,10	3,577	0,965	2,551	1,065	1,987	10,155
5	23.30	13,50	15,90	19,60	13,47	15,91	19,55	3,606	0,868	3,404	0,855	1,720	10,445
	03.30	14,50	15,60	16,80	14,42	15,59	16,75	3,530	1,006	2,913	1,048	1,946	10,427
	07.30	15,10	17,20	14,00	13,49	15,91	19,59	5,607	1,697	3,499	1,943	2,247	14,997
	11.30	16,30	14,80	14,00	14,50	15,59	16,80	4,829	2,249	3,500	1,817	2,612	14,022
	15.30	16,30	15,30	13,90	15,08	17,24	14,01	4,988	2,188	3,476	1,748	2,600	14,984
	19.30	16,40	15,90	13,70	16,30	14,81	14,00	5,180	2,100	3,425	1,601	2,698	14,990
	23.30	15,20	15,10	15,20	16,31	15,30	13,91	3,939	1,436	3,037	1,477	2,144	12,216
6	03.30	15,80	15,80	14,50	16,40	15,91	13,70	3,440	1,139	2,417	0,924	2,084	10,627
	07.30	15,70	16,60	13,60	15,20	15,09	15,19	3,597	1,051	2,264	0,991	2,084	10,296
	11.30	15,40	15,90	14,70	15,80	15,81	14,51	3,463	1,039	2,445	0,960	2,084	10,274

BIODATA PENULIS



Nama penulis Denni Firmansyah dilahirkan di Tasikmalaya, tanggal 02 Agustus 1986. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Muhammadiyah Tasikmalaya dan SDN Tugu 3 Tasikmalaya pada tahun 1999, pendidikan di SMPN 9 Tasikmalaya pada tahun 2002, pendidikan di SMAN 3 Tasikmalaya pada tahun 2005, pendidikan S1 di UGM pada tahun 2009. Penulis diterima sebagai mahasiswa S2 Teknik Fisika ITS dengan bidang keahlian rekayasa instrumentasi industri pada tahun 2016. Penulis fokus pada bidang minat rekayasa instrumentasi dan kontrol serta mengambil topik penelitian *soft sensor* yang diimplementasikan untuk mengestimasi formula produk yang dihasilkan dari pabrik pupuk NPK granulasi. Penulis dapat dihubungi melalui email denni_2886@yahoo.com.