

## **TUGAS AKHIR**

### **PERBANDINGAN METODE RENTANG TABEL DAN METODE REGRESI LINIER UNTUK MENGHITUNG DENSITY SATURATED STEAM PADA BOILER**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik*

*Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Oleh :**

**ALFIAN**

**NPM : 1307220012**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2018**

## TUGAS AKHIR

### PERBANDINGAN METODE RENTANG TABEL DAN METODE REGRESI LINIER UNTUK MENGHITUNG DENSITY SATURATED STEAM PADA BOILER

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik (S.T)*

Telah Diuji dan Disidang Pada Tanggal :

8 Maret 2018

Disusun Oleh :

ALFIAN

NPM : 1307220012

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

  
Azwan Hasibuan, S.T.,M.T.


Pembimbing II

  
M Syafri, S.T.,M.T.

Penguji I

  
Ir. Abdul Azis Hutasahtut

Penguji II

  
Rimbawati, S.T.,M.T.

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



  
Faisal Irsal Basaribu S.T.;M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ALFIAN  
Tempat/tgl. Lahir : Sukaramai, 01 April 1993  
NPM : 1307220012  
Bidang Keahlian : Sistem Listrik Industri Dan Instrumentasi  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul :

“Perbandingan Metode Rentang Tabel Dan Metode Regresi Linier Untuk Menghitung Density Saturated Steam Pada Boiler”

Dengan sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku ( UU No, 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Medan, 25 Maret 2018

Saya yang menyatakan,



ALFIAN

## ABSTRAK

*Penggunaan alat ukur didalam dunia industry yang banyak digunakan adalah alat ukur aliran uap berjenis vortex yang menggunakan satuan volume  $m^3/h$ , sehingga untuk mengetahui biaya produksi satuan ini perlu diubah kedalam satuan massa  $kg/m^3$ . Dalam proses konversi nilai satuan dari satuan volume kesatuan massa diperlukan satu nilai density dari tekanan uap itu sendiri. Dimana pengukuran density menggunakan metode rentang tabel dianggap kurang efisien karena tingkat akurasi rendah, dimana nilai density yang digunakan pada lima keadaan pressure uap steam yang berbeda memakai satu nilai density. Metode regresi linier dapat digunakan untuk memprediksi suatu keadaan sehingga metode regresi linier dapat dipakai untuk memprediksi nilai density dari tekanan uap steam. Berdasarkan hasil perhitungan secara manual maupun menggunakan program PLC tingkat akurasi pembacaan density metode rentang tabel pada keadaan pressure 0 Bar sampai pada pressure 12 Bar memiliki tingkat selisih yang melebihi batas toleransi yaitu 1.5 % dengan tingkat eror tertinggi pada keadaan pressure 0 Bar dengan selisih 22% dan pada keadaan pressure 0.5 Bar dengan tingkat selisih 16%. Sedangkan tingkat akurasi pembacaan density metode regresi linier yang melebihi batas toleransi hanya pada keadaan pressure 0 sampai 1.3 bar dengan nilai selisih tertinggi yang melebihi batas toleransi yaitu pada keadaan pressure 0 Bar dengan tingkat selisih sebesar 12 %.*

*Kata kunci : instrument, density, uap steam, regresi linier*

## **ABSTRACT**

*The use of measuring instruments in the industrial world that is widely used is a vortex vapor flow meter that uses units of volume  $m^3 / h$ , so to know the cost of production of this unit needs to be converted into units of mass  $kg / m^3$ . In the process of converting the unit value of the unit of mass unity volume requires a density value of the vapor pressure itself. Where density measurement using the table range method is considered to be less efficient because of its low accuracy, where density values used in five different steam pressure steam states apply a density value. Linear regression method can be used to predict a situation so that linear regression method can be used to predict the density value of steam pressure. Based on the results of calculations manually or using the program PLC level accuracy of density reading method range of tables in the state of pressure 0 Bar until the pressure 12 Bar has the level of difference that exceeds the tolerance limit of 1.5% with the highest error rate in the state of 0 Bar 0% at a 0.5 Bar pressure state with a rate of 16% difference. While the level of accuracy of density readings of linear regression method that exceeds the tolerance limit only in the pressure 0 to 1.3 bar with the highest selisi value that exceeds the tolerance limit that is in the state of pressure 0 Bar with the rate of difference of 12%.*

*Keywords: instrument, density, steam, linear regression.*

## KATA PENGANTAR



AssalamualaikumWr.Wb..

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT,yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya.Sehingga penulis dapat menyelesaikanTugas Akhir ini dengan judul“ PERBANDINGAN METODE RENTANG TABEL DAN METODE REGRESI LINIER UNTUK MENGHITUNG DENSITY SATURATED STEAM PADA BOILER”. Sholawat berangkaikan salam kita hadiahkan kepada nabi kita Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan saf’at di yaumilakhir. Penelitian ini dilaksanakan di PT.Multimas Nabati Asahan, yang beralamat di JL.Acces Road Inalum, Dusun IV, TanjungPermai, Desa Kuala Tanjung, Kecamatan SeiSuka, Kabupaten Batu Bara Sumatera Utara. Dimana Penelitian ini adalah suatu Syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang harus dilaksanakan oleh mahasiswa/I Teknik Elektro.

Hasil akhir Penelitian ini dilampirkan pada sebuah Skripsi atau tugas akhir, dalam penulisan tugas akhir ini,Penulis menyadari masih banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun dalam susunan kalimat,maka dari hal tersebut penulis mengharapkan mohon maaf serta masukan dan keritikannya dari berbagai pihak yang terkait dalam hal ini.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati Penulis megucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang

telah banyak memberikan masukan serta dukungan kepada Penulis dalam penyusunan serta pelaksanaan tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua Penulis yang telah meberikan kasih dan sayangnya yang tak ternilai kepada penulis sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T, selaku Ketua Jurusan program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Arnawan HsbS.T.,M.T, selaku dosen pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Muhammad Syafril S.T.,M.T, selaku dosen pembimbing II dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Abdi Daniel Siburian,Selaku Pimpinan Departemen diperusahaan PT. Multimas Nabati Asahan yang memberikan tempat, kesempatan, dan Fasilitas dalam pelaksanaan penelitian.
7. Abangda Dedi A Putra S.T, Yang telah banyak membantu dilapangan serta Memberikan Penulis Masukan dalam pelaksanaan penelitian.
8. Abangda Rubino, yang telah ikhlas berbagi ilmu serta pengetahuan didalam Pelaksanaan penelitian.
9. Teman-teman seperjuangan fakultas teknik, khususnya teknik elektro angkatan 2013 yang selalu memberikan dukungan dan motivasi didalam pelaksanaan penelitian dan pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Seluruh Staff Pengajar dan Birokrasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera utara.

11. Pihak-pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan Satu-persatu,atas saran dan Masukannya serta dukungannya Penulis Ucapkan Terima Kasih.

Akhirnya penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca. Akhirnya kepada Allah SWT penulis mohon ampun, dan kepada pembaca penulis mohon maaf.

WassalamualaikumWr...Wb

Medan, 25 - Maret -2018

Penulis



ALFIAN  
1307220012



## DAFTAR ISI

**Cover Depan**

**Lembar Pengesahan**

**Abstrak**

**Kata Pengantar ..... i**

**Daftar Isi ..... iv**

**Daftar Gambar ..... vii**

**Daftar Tabel..... ix**

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Rumusan Masalah ..... 2

1.3 Tujuan Penelitian ..... 2

1.4 Manfaat Penelitian ..... 3

1.5 Batasan Masalah..... 3

1.6 Metode Penelitian ..... 4

1.7 Sistematika Penulisan ..... 5

### **BAB IILANDASAN TEORI**

2.1 TinjauanPustakaRelavan ..... 6

2.2 Landasan Teori ..... 6

    2.2.1 Rentang tabel/Bagi Dua ..... 10

        2.2.1.1. Algoritma Metode Bagi Dua ..... 11

2.2.2. Regresi Linier ..... 12

    2.2.2.1. Koefisien Regresi Linier ..... 14

2.2.3. Uap (Steam) .....	16
2.2.3.1. Pembentukan Uap .....	17
2.2.3.2. Jenis-Jenis Uap .....	18
2.2.3.3. Density Saturated Steam .....	19
2.2.4. Flowmeter .....	19
2.2.4.1. Fungsi Flowmeter .....	20
2.2.4.2. Prinsip Kerja Flowmeter .....	20
2.2.5. Flow Computer .....	21
2.2.6. PLC ( <i>Programable Logic Controler</i> ) .....	22
2.2.6.1. Pengertian PLC .....	22
2.2.6.2. Fungsi PLC .....	23
2.2.6.3. Struktur Dasar PLC .....	24
2.2.7. HMI ( <i>Human Machine Interface</i> ) .....	26
2.2.7.1. Fungsi HMI .....	27
2.2.8. Ketel Uap (Boiler) .....	28
2.2.8.1. Komponen Utama Pada Ketel Uap .....	30

## **BAB IIIMETODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Waktu Dan TempatPenelitian .....	33
3.2 Alatdan Bahan Penelitian.....	33
3.2.1 Perangkat Keras .....	33
32.2. Perangkat Lunak.....	33
3.3 Data Penelitian .....	34
3.4 MetodePengolahan Data .....	36
3.5 Jalannya Penelitian .....	37

3.5.1	Pembuatan Leader Diagram PLC .....	37
3.5.2	Pengoprasian Program Density Pada PLC .....	40
3.6	Diagram Alir Penelitian .....	43
<b>BAB IV ANALISA DAN SIMULASI</b>		
4.1	Analisa Hasil Perhitungan Density .....	44
4.2	Analisa Perbandingan.....	49
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBBAR

Gambar 2.1 Garis Geometri Bagi Dua .....	11
Gambar 2.2 Garis Regresi Dalam Grafik .....	15
Gambar 2.3 Grafik perubahan fase air .....	17
Gambar 2.4 Kurva saturated steam .....	18
Gambar 2.5 Vortex Flowmeter .....	21
Gambar 2.6 Flow Computer .....	22
Gambar 2.7 Diagram Blok PLC .....	23
Gambar 2.8 PLC GE Vanuc Series .....	24
Gambar 2.9 Power Supply PLC GE .....	26
Gambar 2.10 Tampilan HMI Cimplicity .....	27
Gambar 3.1 tampilan new project pembuatan ladder baru .....	38
Gambar 3.2 Input Analog .....	39
Gambar 3.3 Tampilan hmi density saturated steam.....	40
Gambar 3.4 tampilan proses starting program .....	41
Gambar 3.5 Tampilan program simulasi.....	42
Gambar 3.6 Flowchart Pembuatan Simulasi .....	43
Gambar 4.1 Hasil Perhitungan PLC metode rentang tabel .....	45
Gambar 4.9 Grafik density metode rentang tabel .....	47
Gambar 4.2 Hasil perhitungan PLC menggunakan metode regresi linier .....	48
Gambar 4.9 Grafik perbandingan nilai density .....	51

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Data nilai density pada pressure 0 sampai 15 bar .....	34
Tabel 4.1. Nilai density metode rentang tabel .....	45
Tabel 4.2 Nilai density metode regresi linier .....	48
Tabel 4.3 Perbandingan nilai density metode rentang tabel dan regresi linier .	50

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi dewasa ini, dunia industry juga merasakan manfaat dari perkembangan tersebut. Dalam hal menjamin kualitas produk yang dihasilkan agar sesuai dengan tuntutan pasar, dunia industry memerlukan berbagai macam alat ukur / instrument yang handal dan akurat. Semakin handal dan akurat sebuah alat ukur, maka akan semakin mahal juga harganya sehingga masalah kehandalan dan harga alat ibarat dua sisi mata uang bagi pelaku usaha industry.

Salah satu alat ukur yang banyak digunakan dalam dunia industry adalah alat ukur aliran uap (*Steam Flowmeter*) berjenis vortex. Alat ukur ini umumnya menggunakan satuan volume ( $m^3/h$ ) sebagai nilai pengukurannya. Sehingga dalam perhitungan energy untuk mengetahui biaya produksinya, satuan ini perlu diubah kedalam satuan massa ( $kg/h$ ). Dalam proses konversi nilai satuan dari satuan volume ke satuan massa diperlukan satu nilai density.

Umumnya proses konversi dan perhitungan density uap dilakukan oleh alat yang disebut sebagai *flow computer*. Dimana prinsipnya, alat tersebut menerima nilai aliran dalam satuan volumetric dan perhitungan density diambil berdasarkan tabel ketetapan dari nilai tekanan uap itu sendiri. Dan tak jarang kalau hasil dari perhitungan *flow computer* yang sudah dalam satuan massa akan ditampilkan ke dalam monitor kendali melalui sistem PLC.

Untuk industry yang sudah familiar dalam menggunakan sistem PLC, penggunaan PLC biasanya sudah mengambil alih beberapa fungsi alat dengan target untuk melakukan efisiensi. Pada penelitian ini, penulis mencoba untuk mengevaluasi sistem perhitungan density yang saat ini dipakai di PT. MULTIMAS NABATI ASAHAN dan mencoba untuk mengembangkan program tersebut agar diperoleh error yang lebih kecil. Adapun metode yang dipakai saat ini adalah metode rentang table tekanan uap yang mempunyai akurasi rendah.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana akurasi perhitungan density saturated steam pada boiler dengan metode rentang table dan metode regresi linier.
2. Bagaimana perbandingan metode rentang tabel dan metode regresi linier untuk menghitung density saturated steam.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisa akurasi perhitungan density saturated steam dengan metode rentang tabel dan regresi linier.
2. Menganalisa perbandingan metode rentang tabel dan metode regresi linier untuk menghitung density saturated steam.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan metode perhitungan density saturated steam yang akurat dengan biaya yang sangat kecil sehingga target efisiensi dapat tercapai secara optimal.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini bisa lebih focus dan mendalam, maka penulis memandang perlunya batasan masalah dalam penelitian ini, adapun pembahasan akan dibatasi dalam beberapa masalah berikut:

1. Jenis uap akan dibatasi hanya pada jenis saturated, agar sesuai dengan ketersediaan data di lapangan.
2. Pembahasan hanya membandingkan 2 metode perhitungan density dalam program PLC.
3. Hanya mengacu pada nilai aliran steam yang diubah dari satuan volume ke massa, bukan jumlah total steam yang lewat pada sensor.
4. Pembahasan hanya mengacu pada cara membuat perhitungan rentang table dan regresi linier dalam bahasa ladder diagram PLC General Electric – Versamax Nano/Micro.
5. Pembuatan program bersifat simulasi pada software PLC dan HMI Generl Electric.



## 1.6. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk membuat suatu program perhitungan density dengan pendekatan regresi linier menggunakan PLC. Adapun metodologi yang dilakukan adalah :

### 1. Metode Pengambilan Data.

Metode pengambilan data dilakukan dengan cara berikut ;

- a. Metode Literature, dengan mengumpulkan informasi yang diperoleh dari buku-buku manual, referensi jurnal ilmiah dan report dari pabrik.
- b. Metode Wawancara, dengan mengumpulkan informasi langsung dari pelaku industry seperti teknisi, programmer dan pembimbing lapangan.
- c. Metode Observasi, dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan dengan melihat fenomena yang terjadi.

### 2. Metode Rancangan Formula.

- a. Formula yang akan digunakan adalah dengan pendekatan metode regresi linier yang akan diadopsi ke dalam bahasa pemrograman PLC.

### 3. Metode Simulasi Software.

- a. Simulasi yang akan dilakukan untuk membandingkan hasil perhitungan metode rentang tabel dan regresi linier dengan table ketetapan dari spirax sarco sebagai referensi.

## **1.7. Sistematika Penulisan**

Tugas akhir ini terdiri dari 5 bab dimana sistematika penulisan yang diterapkan dalam tugas akhir ini menggunakan urutan sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisikan tentang latar belakang, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Landasan teori menjelaskan tentang teori dasar Flowmeter, density saturated steam, PLC, HMI dan Metode Regresi Linier.

### **BAB III : METODELOGI PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang lokasi penelitian, alat dan bahan penelitian, data penelitian, jalannya penelitian, diagram alir, diagram ladder serta jadwal kegiatan dan hal-hal lain yang berhubungan dengan penelitian.

### **BAB IV : ANALISA DAN SIMULASI**

Pada bab ini menjelaskan tentang pembuatan program leader dan simulasi, perhitungan dan analisa dari dua metode density steam serta pengujian akurasi dengan cara membandingkan dengan nilai ketetapan table.

### **BAB V : PENUTUP**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulisan penelitian.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka Relevan**

Pada penelitian terdahulu, Hendy Tanady membahas tentang analisis perbandingan metode regresi linier dan exponential smoothing dalam parameter tingkat error. Metode yang digunakan adalah metode winter dan mean absolute percentage error, dan didapatkan kesimpulan pemilihan metode peramalan yang tepat sangat bergantung pada pola data yang menjadi latar belakang dari proses peramalan, metode peramalan terbaik adalah metode regresi linier, namun apabila diturunkan kedalam kategori varian akan terlihat bahwa data varian memiliki metode peramalan terbaik. Estimasi data varian 1 dan 3 akan tepat bila menggunakan regresi linier model  $f_t = 555,633 + 3,767t$  dan  $f_t = 83,643 - 0,114t$ , sedangkan data varian 2 lebih presisi menggunakan brown. Catatan yang perlu diperhatikan adalah bahwa experiment dalam menarik peramalan kedepan tidak dilakukan. Horison perencanaan umumnya akan lebih mempengaruhi teknik peramalan, namun asumsi pola data yang bersiklus tidak berubah menjadi batasan penting atau memiliki pola kecenderungan (Tanady, 2013)

Pada Penelitian selanjutnya, Boni Sena membahas tentang Pengaruh densitas dan viskositas terhadap profil kecepatan pada aliran fluida laminar didalam pipa horizontal. Metode yang digunakan adalah menentukan deskripsi sistem dan memulai pemilihan pipa horizontal dan proses meshing pada pipa. Dalam penelitiannya menerangkan proses aliran fluida di dalam pipa menjadi hal yang fundamental di dunia industri sehingga dibutuhkan proses perancangan aliran fluida di dalam pipa untuk mencapai safety dan efisiensi sistem. Semakin

besar densitas fluida maka semakin jauh posisi fluida untuk mencapai kondisi berkembang penuh dan Semakin besar densitas dan viskositas maka rata-rata kecepatan fluida semakin rendah dan kondisi berkembang penuh tidak pernah tercapai dalam jarak 10 m. Buktinya adalah ketika densitas mengalami kenaikan menjadi 3 kg/m, fluida belum mencapai kondisi berkembang penuh pada posisi 5,64 m dengan kecepatan sebesar 1,79 m/s dan kecepatan maksimum fluida sebesar 1,9m/s. Semakin besar densitas dan viskositas maka rata-rata kecepatan fluida semakinrendah dan kondisi berkembang penuh tidak pernah tercapai dalam jarak 10 m. Ketika densitas sebesar 10 kg/m<sup>3</sup> kg/m.s, rata-rata kecepatan fluida sebesar 1,4 m/s. Ketika densitas dan viskositas meningkat menjadi 30 kg/m<sup>3</sup> dan viskositas sebesar  $2 \times 10^{-3}$  dan  $4 \times 10^{-3}$ kg/m.s maka rata-rata kecepatan fluida menjadi 1,32 m/s. Semakin meningkat viskositas dan semakin menurun densitas maka kondisi berkembang penuh semakin cepat tercapai dalam jarak 10 m. Ketika nilai viskositas  $4 \times 10$  kecepatan konstan sebesar 1,96 dicapai pada posisi 4,73 m. Ketika nilai viskositas  $6 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $0,5 \text{ kg/m}^3$ , kecepatan konstan sebesar 1,96 m/s dicapai pada posisi 1,45m (Sena, 2015).

Kemudian pada tahun yang sama, Arini indah permatasari dan wayan firdaus mahmudi membahas tentang pemodelan regresi linier dalam konsumsi kwh listrik di kota batu menggunakan algoritma genetika. Metode yang digunakan adalah metode literature, perancangan sistem dan pengujian sistem. Dalam penelitiannya menerangkan Semakin besar ukuran populasi maka akan menghasilkan nilai *fitness* semakin besar juga, namun setelah batas tertentu (pada kasus ini sebesar 175) kenaikan yang didapatkan semakin tidak signifikan. Pola ini juga didapatkan pada pada penelitian (Pratiwi, 2014) yang menerapkan

algoritma genetika untuk optimasi biaya pemenuhan kebutuhan gizi. Pembatasan ukuran populasi perlu dilakukan karena semakin banyak ukuran populasi maka waktu yang dibutuhkan untuk proses algoritma genetika juga semakin besar. Panjang kromosom yang digunakan untuk penyelesaian masalah ini adalah kromosom dengan panjang antara 2 – 10 gen yang berisi data konsumsi kWh listrik dalam rentang waktu perbulan. Nilai *fitness* dihitung dengan konstanta sebesar 1000000 dibagi dengan nilai *error*. Parameter algoritma genetika juga berpengaruh terhadap hasil solusi yang diberikan. Nilai parameter yang besar belum tentu menghasilkan solusi yang terbaik. Dalam sistem pemodelan regresi untuk konsumsi kWh listrik dengan menggunakan algoritma genetika, ukuran populasi terbaik adalah sebanyak 140 *popSize* dengan rata-rata nilai *fitness* 0,8317475, generasi yang paling mendekati solusi terbaik adalah sebanyak 1250 generasi dengan rata-rata nilai *fitness* 0,8317476, serta nilai kombinasi tertitinggi adalah *crossover rate* sama dengan 0,7 dan *mutation rate* sama dengan 0,3 dengan rata-rata nilai *fitness* 0,83175. Koefisien yang dihasilkan oleh sistem menghasilkan nilai *error* yang lebih rendah dibandingkan dengan persamaan regresi, dan pada sistem algoritma genetika ini dapat memberikan solusi yang lebih baik (Permatasari, 2015).

Selanjutnya pada tahun yang sama juga, antonov membahas tentang prakiraan dan analisa kebutuhan energy listrik provinsi sumatera barat hingga tahun 2024 dengan metode regresi linier berganda. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengujian korelasi, uji t, uji f serta koefisien determinasi ( $R^2$ ). Berdasarkan pengujiannya didapatkan tiga kesimpulan yaitu, Dari pengujian statistik yang telah dilakukan terhadap variabel bebas(independen) dalam

penelitian ini yaitu jumlah penduduk, jumlah rumah tangga berlistrik, PDRB dan kapasitas trafo distribusi, ternyata tidak semua variabel tersebut yang lolos uji statistik (uji-t) karena memiliki nilai kurang dari  $\alpha = 0.05$ . Hanya terdapat dua variabel yang lolos untuk uji-t ini, yaitu jumlah penduduk dengan nilai signifikansi 0.025 dan Produk.Domestik Regional Bruto dengan nilai signifikansi 0.040. Prakiraan total kebutuhan energi listrik Provinsi Sumatera Barat cenderung meningkat dari tahun 2015 dengan jumlah kebutuhan total sebesar 2680,41 Gwh dan hingga pada tahun terakhir prakiraan yaitu tahun 2024 kebutuhan energi listrik Provinsi Sumatera Barat adalah sebesar 3681,12 Gwh dengan rata-rata peningkatan per tahun sebesar 3178 Gwh atau sebesar 3,59 persen. Kebutuhan energi listrik tiap sector mengalami kenaikan tiap tahunnya. Sektor rumah tangga naik 5.68 persen per tahun. Sektor komersial naik sebesar 7.08 persen per tahun. Sektor publik naik 1.15 persen per tahun. Sedangkan sektor industry mengalami penurunan sebesar 4.94 persen, hal ini kemungkinan disebabkan karena dari data series sebelumnya terlihat fluktuatif. Selain itu juga semakin majunya teknologi industri menyebabkan perusahaan industri berinovasi untuk mendapatkan sumber energi listrik yang lebih hemat energi. Bencana alam di Provinsi Sumatera Barat juga menjadi salah satu alasan menurunnya kebutuhan listrik sektor industri sehingga para pengusaha seperti jalan ditempat atau bahkan mengalami penurunan (antonov, 2015).

Pada tahun selanjutnya 2016 astria, kurnia muludi dan erlina ain andini membahas tentang implementasi metode regresi linier sederhana pada penyajian hasil prediksi pemakaian air bersih PDAM way rilau kota Bandar lampung dengan sistem informasi geografis. Metode yang dipakai adalah metode interfal

perancangan sistem serta pengujian sistem. Berdasarkan penelitiannya disimpulkan hasil prediksi jumlah pemakaian air bersih PDAM Way Rilau dapat disajikan dengan sistem informasi geografis. Penyajian dapat dilihat berdasarkan jumlah pelanggan dalam bentuk peta, tabel, dan grafik. Hasil pengujian fungsional sistem menyatakan bahwa 89% dari kebutuhan pengguna terpenuhi dan 11% butuh perbaikan. Sedangkan hasil pengujian interaksi sistem dengan pengguna menggunakan webqual 4.0 menyatakan bahwa sistem informasi prediksi pemakaian air bersih PDAM Way Rilau Kota Bandar Lampung memiliki kualitas yang baik dari segi interaksi dengan pengguna (Hijriani, 2016).

## **2.2.Landasan Teori**

### **2.2.1 Metode Rentang Tabel/Bagi Dua (Bisection)**

Salah satu metode numerik sederhana untuk pencarian akar persamaan yang telah banyak dikenal adalah Metode Bagi-Dua (*Bisection*). Metode bagi-dua didasarkan pada teorema nilai antara untuk fungsi kontinu [3], yaitu bahwa suatu selang  $[a,b]$  harus memuat suatu titik nol  $f$  (akar persamaan  $f$ ) bila  $f(a)$  dan  $f(b)$  berlawanan tanda, misalnya  $f(a)<0, f(b)>0$ . Hal ini menyarankan metode pengulangan pembagiduaan selang dan dalam setiap langkah mengambil setengah selang yang juga memenuhi persyaratan tersebut. Metode bagi-dua memerlukan dua nilai sebagai tebakan awal, sebut  $a$  dan  $b$ , dimana,  $a < b$  yang harus memenuhi  $f(a).f(b)<0$  sehingga selang  $(a,b)$  memuat satu akar riil. Mula-mula ditentukan titik tengah selang  $(a,b)$  sebut titik tengahnya  $c$ , diantara dua selang baru yang diperoleh yakni  $(a,c)$  dan  $(c,b)$  salah satu diantaranya pasti memuat akar. Berikutnya yang ditinjau adalah selang yang memuat akar tersebut. Proses pembagiduaan selang ini

diulang dan dilanjutkan sampai lebar yang ditinjau cukup kecil atau dengan kata lain untuk memperoleh taksiran/Hampiran yang diperhalus.

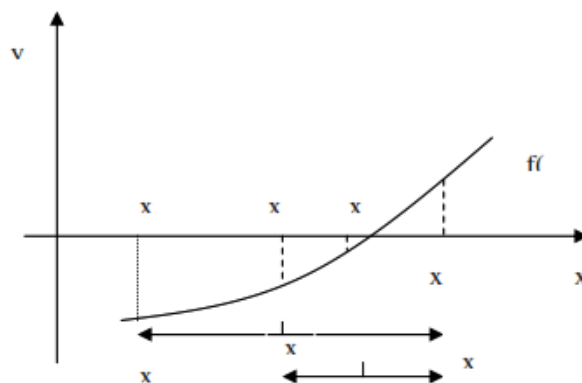
Metode bagi dua termasuk dalam metode tertutup. Metode ini merupakan metode untuk menentukan titik nol (akar) dari  $f$  bila  $f$  kontinu di suatu selang. Metode ini sangat sederhana tetapi kekonvergenannya lambat. Dalam algoritma digunakan variabel variabel sebagai berikut:

$a$  sebagai ujung kiri selang/ batas bawah

$b$  sebagai ujung kanan selang / batas atas

$c$  sebagai titik tengah

Secara geometri metode ini diilustrasikan pada Gambar 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.1 Garis geometri bagi dua

Dalam algoritma Metode Bagi-Dua digunakan peubah-peubah:  $a$  sebagai ujung kiri selang,  $b$  sebagai ujung kanan selang, dan  $c$  sebagai titik tengah.

### 2.2.1.1. Algoritma Metode Bagi Dua

Masukan :  $a, b$  dan epsilon

Keluaran : akar

Langkah-langkah :



1. Pilih  $a$  bawah dan  $b$  puncak taksiran untuk akar, sehingga perubahan fungsi mencakup seluruh interval. Hal ini dapat diperiksa dengan memastikan  $f(a)f(b) < 0$ .

2. Taksiran angka  $c$  ditentukan oleh:

$$c = \frac{a+b}{2} \quad (2.1)$$

3. Buat evaluasi berikut untuk memastikan pada bagian interval mana akan berada:

a. Jika  $f(a)f(c) < 0$ , akar berada pada bagian interval bawah, maka  $b=c$  dan kembali ke langkah 2.

b. Jika  $f(a)f(c) > 0$ , akar berada pada bagian interval atas, maka  $a=c$  dan kembali ke langkah 2.

4. c. Jika  $f(a)f(c) = 0$ , akar setara  $c$ , hentikan komputasi.

Karena metode ini selalu menghasilkan akar, maka dikatakan bahwa metode ini selalu konvergen. Besarnya epsilon tergantung pada ketelitian yang diinginkan. Semakin kecil epsilon semakin teliti hampiran akan yang diperoleh. Bila proses dilakukan sebanyak  $n$  iterasi, maka toleransi eror (Tol) yang diberikan adalah  $b - a < Tol \cdot n$ .

### 2.2.2. Regresi Linier

Regresi linier adalah metode statistika yang digunakan untuk membentuk model hubungan antara variabel terikat (dependen; respon; Y) dengan satu atau lebih variabel bebas (independen, prediktor, X). Secara umum regresi linear terdiri dari dua, yaitu Apabila banyaknya variabel bebas hanya ada satu, disebut sebagai regresi linier sederhana, sedangkan apabila terdapat lebih dari 1 variabel bebas, disebut sebagai regresi linier berganda.

## 1. Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi linear sederhana dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu buah variabel bebas terhadap satu buah variabel terikat. Persamaan umum dari regresi linier sederhana adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b X \quad (2.2)$$

Dimana:

Y = Variabel terikat

X = Variabel bebas

a = Konstanta (Intercept)

b = Koefisien regresi

## 2. Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda adalah hubungan secara linear antara dua atau lebih variabel independen ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) dengan variabel dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah masing-masing variabel independen berhubungan positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio. Persamaan umum dari regresi linier sederhana adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \quad (2.3)$$

Dimana :

Y = Variabel dependen (nilai yang diprediksikan)

$X_1$  dan  $X_2$  = variable independen

a = Konstanta (nilai Y' apabila  $X_1, X_2, \dots, X_n = 0$ )

b = Koefisien regresi (nilai peningkatan atau penurunan).

Analisis regresi setidaknya-tidaknya memiliki 3 kegunaan, yaitu untuk tujuan deskripsi dari fenomena data atau kasus yang sedang diteliti, untuk tujuan kontrol, serta untuk tujuan prediksi. Regresi mampu mendeskripsikan fenomena data melalui terbentuknya suatu model hubungan yang bersifat numerik. Regresi juga dapat digunakan untuk melakukan pengendalian (kontrol) terhadap suatu kasus atau hal-hal yang sedang diamati melalui penggunaan model regresi yang diperoleh. Selain itu, model regresi juga dapat dimanfaatkan untuk melakukan prediksi untuk variabel terikat.

### **2.2.2.1. Koefisien Regresi Linier**

Koefisien pada model regresi adalah nilai duga parameter di dalam model regresi untuk kondisi yang sebenarnya (true condition), sama halnya dengan statistik mean (rata-rata) pada konsep statistika dasar. Hanya saja, koefisien-koefisien untuk model regresi merupakan suatu nilai rata-rata yang berpeluang terjadi pada variabel Y (variabel terikat) bila suatu nilai X (variabel bebas) diberikan. Koefisien regresi dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

#### **1. Intercept**

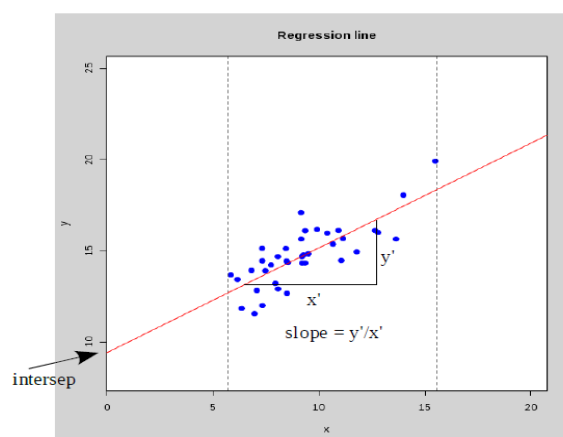
Intersep, definisi secara matematis adalah suatu titik perpotongan antara suatu garis dengan sumbu Y pada diagram/sumbu kartesius saat nilai X = 0. Sedangkan definisi secara statistika adalah nilai rata-rata pada variabel

Y apabila nilai pada variabel X bernilai 0. Dengan kata lain, apabila X tidak memberikan kontribusi, maka secara rata-rata, variabel Y akan bernilai sebesar intersep. Intersep hanyalah suatu konstanta yang memungkinkan munculnya koefisien lain di dalam model regresi. Apabila data pengamatan pada variabel X tidak mencakup nilai 0 atau mendekati 0, maka intersep tidak memiliki makna yang berarti, sehingga tidak perlu diinterpretasikan.

## 2. Slope

Secara matematis, slope merupakan ukuran kemiringan dari suatu garis. Slope adalah koefisien regresi untuk variabel X (variabel bebas). Dalam konsep statistika, slope merupakan suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar kontribusi (sumbangan) yang diberikan suatu variabel X terhadap variabel Y. Nilai slope dapat pula diartikan sebagai rata-rata pertambahan (pengurangan) yang terjadi pada variabel Y untuk setiap peningkatan satu satuan variabel X.

Garis regresi dalam grafik ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.2 garis regresi dalam grafik

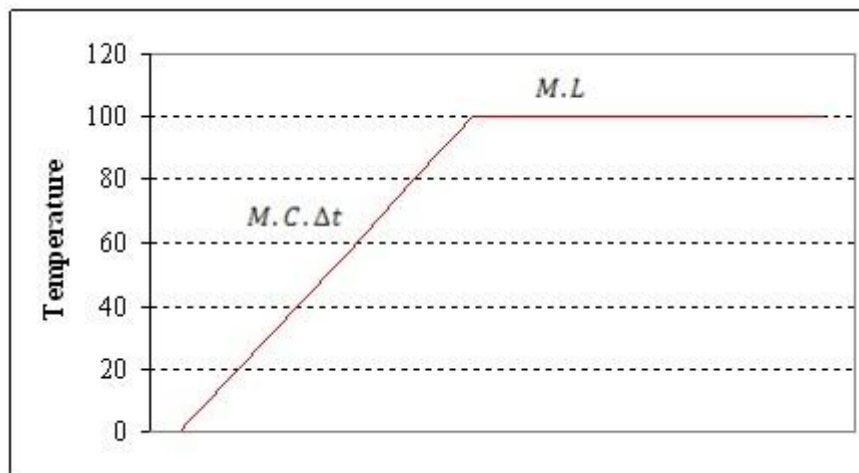
Dalam grafik diatas dapat dilihat bahwa sumbu X berada pada kisaran angka 5 lebih sedikit hingga angka 15 lebih sedikit. Hal ini berarti bahwa kita hanya diijinkan untuk melakukan prediksi nilai Y untuk nilai X yang berada dalam rentang tersebut. Sebab, kita tidak memiliki dasar yang kuat untuk mengatakan bahwa hubungan variabel X dan Y tetap linier untuk titik-titik data yang mendekati angka nol. Kondisi seperti ini berdampak terhadap interpretasi intersep.

### **2.2.3. UAP (STEAM)**

Uap atau steam merupakan gas yang dihasilkan dari proses yang disebut penguapan. Bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan steam adalah air bersih. Air dari water treatment yang telah diproses dialirkan menggunakan pompa ke deaerator tank hingga pada level yang telah ditentukan. Pemanasan dalam deaerator adalah dengan menggunakan steam sisa yang berasal dari hasil pemutar turbin.

Dengan meningkatnya suhu dan air telah mendekati kondisi didihnya beberapa molekul mendapatkan energi kinetik yang cukup untuk mencapai kecepatan yang membuat sewaktu-waktu lepas dari cairan ke ruang diatas permukaan, sebelum jatuh kembali ke cairan. Pemanasan lebih lanjut menyebabkan eksitasi lebih besar dan sejumlah molekul dengan energi cukup untuk meninggalkan cairan jadi meningkat. Dengan mempertimbangkan struktur molekul cairan dan uap, dapat diambil kesimpulan bahwa densitas steam lebih kecil dari air, sebab molekul steam terpisah jauh satu dengan yang lain. Ruang yang secara tiba-tiba terjadi diatas permukaan air menjadi terisi dengan molekul steam yang padat.

Dalam hal ini pebakaran air dalam boiler adalah air yang melalui deaerator yang telah melalui pemanasan didalamnya yang dialirkan ke drum boiler (penampung steam) dan kemudian disuplai kedalam boiler untuk dipanaskan lebih lanjut sehingga menjadi steam basah. Suhu didalam boiler ini adalah sekitar 400 oC - 459 oC. Setelah proses yang terjadi di dalam boiler ini, aliran steam dilanjutkan ke superheater untuk menjadikan uap kering, suhu steam saat itu sekitar 520oC – 600oC dan siap disalurkan untuk memutar turbin.



Gambar 2.3 grafik perubahan fase air

### 2.2.3.1. Pembentukan Uap

Proses pembentukan uap terbagi atas dua jenis, yaitu :

#### 1. Uap Air

Yaitu uap yang terbentuk diatas permukaan air sebagai akibat dari penurunan tekanan di atas permukaan air sampai tekanan penguapan yang sesuai dengan temperatur permukaan air tersebut pada titik didih dan pada tekanan di bawah tekanan atmosfer bumi. Penurunan tekanan ini diantaranya disebabkan

karena adanya tekanan uap jenuh yang sesuai dengan temperatur permukaan air maka akan terjadi penguapan.

## 2. Uap Panas

Yaitu uap yang terbentuk akibat mendidihnya air, aliran mendidih bila tekanan dan temperatur berada pada kondisi didih. Misalnya bila air tekanan 1 bar maka air tersebut akan mendidih pada suhu didih ( $\pm 99,630$  C).

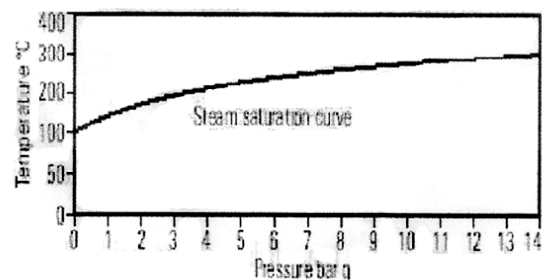
### 2.2.3.2. Jenis-Jenis Uap

#### 1. Uap Jenuh (*Saturated Steam*)

Saturated steam dikenal juga sebagai steam jenuh/steam basah merupakan steam yang berada dalam kondisi titik didihnya. Steam yang keluar dari boiler dipastikan merupakan steam basah/steam jenuh/saturated steam bila tidak ada proses lanjutan berupa pemanasan lanjut atau reducer tekanan. Dalam mesin boiler air dipanaskan hingga menguap, tekanan steam yang terjadi berhubungan dengan kecepatan penguapan dan flowrate pemakaian steam.

Ciri-ciri uap jenuh (saturated steam) adalah:

1. Temperature uap dan temperature air dalam keadaan sama.
2. Pada saat temperature diturunkan, uap akan mengembun menjadi cair.



Gambar2.4 Kurva Steam Jenuh

### 3. Uap Kering (*Superheated Steam*)

Uap kering (*Superheated Steam*) merupakan uap yang didapat dengan pemanas lanjut dari uap jenuh dimana pada tekanan terbentuk dan dapat diperoleh beberapa jenis uap kering dengan suhu yang berlainan. Superheated steam diciptakan dari saturated steam dengan cara pemanasan lanjut atau dengan flash/reducer steam. Superheated steam dibuat biasanya untuk penggunaan khusus misalnya kondensate yang terjadi merupakan pengganggu proses/alat atau yang dibutuhkan hanya pada kebutuhan aliran fluidanya.

#### **2.2.3.3. Density Saturated Steam**

Rapat massa dari suatu fluida merupakan ukuran dari banyak massa pada temperature dan tekanan tertentu yang ditempatkan di dalam satu volume. Dalam proses konversi nilai satuan dari satuan volume ke satuan massa diperlukan satu nilai density, dimana ;

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :

$\rho$  = rapat massa (density) (Kg/m<sup>3</sup>)

m = massa (Kg/h)

V = volume (m<sup>3</sup>/h)

#### **2.2.4. Flowmeter**

Flowmeter merupakan instrument/alat ukur yang digunakan untuk mengukur aliran dari suatu fluida baik liquid (liquid flowmeter), sludge (sludge flowmeter) maupun gas (flowmeter gas) baik yang bertemperatur rendah hingga



temperature tinggi dalam pengukuran fluida perlu ditentukan besaran dan vector kecepatan aliran pada suatu titik. Dalam fluida dan bagaimana fluida tersebut berubah dari titik ke titik. Selain itu, jika hendak mengukur sebuah fluida kita harus bisa memilih flowmeter yang sesuai dengan kondisi fluid dan fungsi flowmeter itu sendiri. Karakteristik dari fluida yang diukur oleh flowmeter sangat luas mulai dari tingkat corrosive fluida dimana untuk fluida yang tingkat keasamannya tinggi mungkin lebih cocok jika menggunakan flowmeter dari bahan PVC/non logam. Untuk fluida yang bertemperatur tinggi tentunya digunakan material lain, begitu juga tingkat untuk tingkat kepekatan material fluida jenis flowmeter harus disesuaikan.

#### **2.2.4.1. Fungsi Flowmeter**

Flowmeter juga digunakan untuk mengetahui adanya suatu aliran material (liquid,gas,powder) dalam suatu aliran dengan segala aspek aliran itu sendiri yaitu kecepatan aliran atau flow rate dan total masa atau volume dari material yang mengalir dalam jangka waktu tertentu atau sering disebut Totalizer. Dengan diketahuinya Parameter dari aliran suatu material oleh alat ukur Flowmeter yang dikirim berupa data angka dapat juga diteruskan guna menghasilkan aliran listrik atau sinyal yang bisa digunakan sebagai input pada control atau rangkaian elektriknya.

#### **2.2.4.2. Prinsip Kerja Flowmeter**

Prinsip kerja flowmeter adalah menggunakan pressure difference dan bisa digunakan untuk high temperature maupun high pressure.



Gambar 2.5 Vortex Flowmeter

### 2.2.5. Flow Computer

Flow Computer didefinisikan sebagai peralatan yang secara elektrik mengubah sinyal dari system pengukuran flow fluida menjadi sinyal yang mewakili flowrate fluida tersebut. Firmware Flow Computer memiliki kemampuan melakukan perhitungan Orifice Flow AGA 3 atau Perhitungan Pulse Flow AGA 7 menggunakan compressibilitas AGA 8. Juga melakukan perhitungan flow ISO 5167. Flow computer me-maintain arsip yang compliant historical API Chapter 21.1, dan juga event-event dan alarmalarmnya. Flow Computer memiliki kemampuan berintegrasi dengan Sistem Telemetry, SCADA, DCS dan PLC.

Flow computer memonitor dan merecord hitungan per-jam, per-hari atau per-bulan. Data flow dapat tersedia secara eksternal melalui interface electronic sehingga computer lain dapat mendownload informasi untuk tujuan Supervisi, Akunting atau Auditing.



Gambar 2.6 Flow Computer

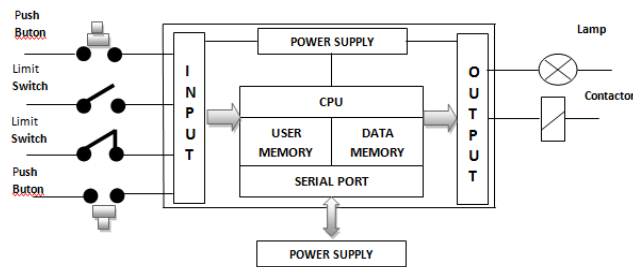
### **2.2.6. PLC (*Programable Logic Controler*)**

Programmable Logic Controllers (PLC) adalah komputer elektronik yang mudah digunakan (*user friendly*) yang memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang beraneka ragam. Berikut penjelasan mengenai pengertian, fungsi, kelebihan, struktur, dasar program dan intruksi dasar PLC.

#### **2.2.6.1. Pengertian PLC**

Secara mendasar PLC adalah suatu peralatan kontrol yang dapat diprogram untuk mengontrol proses atau operasi mesin. Kontrol program dari PLC adalah menganalisa sinyal input kemudian mengatur keadaan output sesuai dengan keinginan pemakai. Keadaan input PLC digunakan dan disimpan didalam memory dimana PLC melakukan instruksi logika yang di program pada keadaan inputnya. Peralatan input dapat berupa sensor photo elektrik, push button pada panel kontrol, limit switch atau peralatan lainnya dimana dapat menghasilkan suatu sinyal yang dapat masuk ke dalam PLC. Peralatan output dapat berupa switch yang menyalakan lampu indikator, relay yang menggerakkan motor atau peralatan lain yang dapat digerakkan oleh sinyal output dari PLC. Selain itu PLC juga menggunakan memory yang dapat

diprogram untuk menyimpan instruksi - instruksi yang melaksanakan fungsi - fungsi khusus seperti : logika pewaktuan, sekuensial dan aritmetika yang dapat mengendalikan suatu mesin atau proses melalui modul - modul I/O baik analog maupun digital.



Gambar 2.7 Diagram blok PLC

#### 2.2.6.2. Fungsi PLC

PLC ini dirancang untuk menggantikan satu rangkaian relay sequensial dalam suatu sistem kontrol. Selain dapat diprogram, alat ini juga dapat dikendalikan, dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengetahuan di bidang pengoperasian komputer secara khusus. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dioperasikan bila program yang telah dibuat dengan menggunakan software yang sesuai dengan jenis PLC yang digunakan sudah dimasukkan. Alat ini bekerja berdasarkan input-input yang ada dan tergantung dari keadaan pada suatu waktu tertentu yang kemudian akan meng-on atau meng-off kan output-output. PLC juga dapat diterapkan untuk pengendalian sistem yang memiliki output banyak.

### 2.2.6.3. Struktur Dasar PLC (*Programmable Logic Controller*)

PLC terdiri dari beberapa bagian dasar diantaranya :

1. *Central Processing Unit ( CPU )*.
2. *Memory*.
3. *Input / Output*.
4. *Power Supply*.



Gambar 2.8 PLC GE Fanuc Series

Adapun penjelasan bagian-bagian PLC sebagai berikut :

#### 1. Central Processing Unit (CPU)

Unit processor atau Central Processing Unit (CPU) adalah unit yang berisi mikroprocessor yang mengolah sinyal-sinyal input dan melaksanakan pengontrolan, sesuai dengan program yang disimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan-keputusan yang diambilnya sebagai sinyal- sinyal kontrol ke interface output. Fungsi CPU adalah mengatur semua proses yang terjadi di PLC. Ada tiga komponen utama penyusun CPU ini, yaitu processor, memory dan power supply.

## 2. Memory

Memory juga merupakan elemen yang terdapat pada CPU yang berupa IC (integrated circuit). Karakteristik memori ini mudah dihapus dengan mematikan catu daya. Seperti halnya sistem komputer, memory PLC terdiri atas RAM dan ROM. Kapasitas memory antara satu PLC dengan yang lain berbeda-beda tergantung pada type dan pabrik pembuatnya. Beberapa pabrik menyatakan ukuran memory dalam byte, ada juga yang kilobyte, dan ada pula yang dinyatakan dengan jumlah instruksi yang dapat disimpan.

## 3. Input/Output

Sebagaimana PLC yang direncanakan untuk mengontrol sebuah proses atau operasional mesin, maka peran modul input / output sangatlah penting karena modul ini merupakan suatu perantara antara perangkat kontrol dengan CPU. Suatu peralatan yang dihubungkan ke PLC dimana mengirimkan suatu sinyal ke PLC dinamakan peralatan input. Sinyal masuk kedalam PLC melalui terminal atau melalui kaki - kaki penghubung pada unit. Tempat dimana sinyal memasuki PLC dinamakan input poin, Input poin ini memberikan suatu lokasi didalam memory dimana mewakili keadaannya, lokasi memori ini dinamakan input bit. Ada juga output bit di dalam memori dimana diberikan oleh output poin pada unit, sinyal output dikirim ke peralatan output. Setiap input / output memiliki alamat dan nomor urutan khusus yang digunakan selama membuat program untuk memonitor satu persatu aktivitas input dan output didalam program. Indikasi urutan

status dari input output ditandai Light Emiting Diode (LED) pada PLC atau modul input / output, hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pengecekan proses pengoperasian input / output dari PLC itu sendiri.

#### 4. Power supply

Unit ini berfungsi untuk memberikan sumber daya pada PLC. Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24 VDC atau 220 VAC. Sumber tegangan yang dibutuhkan oleh CPU, memori dan rangkaian lain adalah sumber tegangan DC, umumnya untuk komponen digital diperlukan tegangan searah 5 volt. Port power supply PLC ditunjukkan pada Gambar di bawah ini.

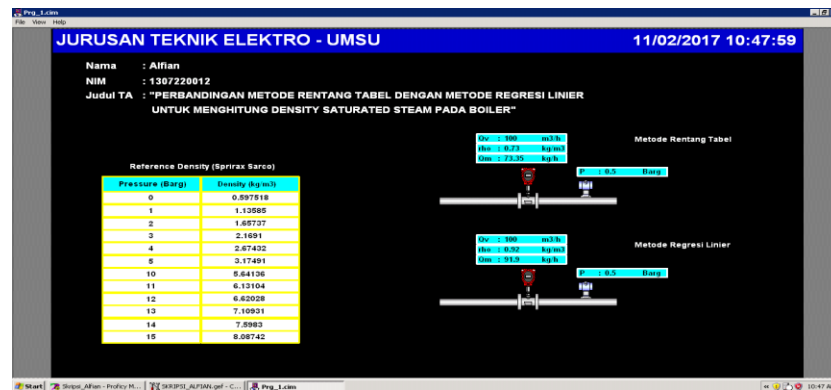


Gambar 2.9 Power Supply PLC GE Fanuc

#### 2.2.7. HMI (*Human Machine Interface*)

HMI adalah singkatan dari *human machine interface* merupakan media komunikasi antara manusia dan mesin dari suatu system. HMI membantu operator secara lebih dekat untuk mengontrol suatu plant sebagai basis proses visualisasi system yang menghubungkan semua komponen dalam system dengan baik. Dengan menggunakan HMI sebagai *console operator*, operator bias menyajikan

berbagai macam analisa grafis, *hystorycal information*, database, data login untuk keamanan, dan animasi ke dalam bentuk *software*. Dalam dunia industry HMI menyajikan data yang diperlukan oleh operator untuk memonitor operasi peralatan dan lain sebagainya.



Gambar 2.10 Tampilan HMI Cimplicity

### 2.2.7.1. Fungsi HMI (*Human Machine Interface*)

Pada dasarnya HMI memvisualisasikan kejadian, peristiwa, ataupun proses yang sedang terjadi di plant secara nyata sehingga memudahkan operator melakukan pekerjaan fisik. Biasanya HMI digunakan juga untuk menunjukkan kesalahan mesin, status mesin, memudahkan operarot untuk memulai dan menghentikan operasi, serta memonitor beberapa part pada proses produksi.

HMI memiliki berbagai macam fungsi yaitu sebagai berikut:

1. Memonitor keadaan yang ada di plant
2. Mengatur nilai pada parameter yang ada di plant
3. Mengambil tindakan yang sesuai dengan keadan yang terjadi
4. Memunculkan tanda peringatan dengan menggunakan alarm jika terjadi suatu yang tidak normal.



### **2.2.8. Ketel Uap (Boiler)**

Ketel uap atau yang sering disebut boiler, yaitu suatu komponen yang berfungsi sebagai tempat untuk menghasilkan uap, yang energi kinetiknya dimanfaatkan untuk memutar turbin. Air merupakan media utama yang diolah didalam boiler yang selanjutnya akan diproses untuk menghasilkan steam.

Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Air umpan merupakan air yang disuplai ke boiler untuk diubah menjadi steam. Sistem steam berfungsi mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Sistem bahan bakar adalah, semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar sehingga boiler dapat menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang digunakan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Uap yang dihasilkan boiler mempunyai temperatur dan tekanan tertentu sedemikian rupa sehingga dapat bersifat efisien mungkin untuk digunakan.

Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem boiler memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanasan steam yang akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem boiler mengenal keadaan temperatur rendah (low pressure-temperatur), dan tekanan temperatur tinggi (high pressure-temperature), dengan perbedaan itu pemanfaatan steam yang keluar dari sistem boiler dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin, atau membangkitkan energi listrik dengan mengubah energi kalor menjadi energi mekanik yang kemudian digunakan sebagai pemutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Namun ada juga yang

menggabungkan kedua sistem boiler tersebut, dan memanfaatkan tekanan temperatur tinggi untuk membangkitkan energi listrik, kemudian sisa steam dari turbin dengan keadaan temperatur tekanan rendah dapat dimanfaatkan kedalam proses industri dengan bantuan heat recovery boiler.

Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai valve juga disediakan untuk perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan pada sistem steam. sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sedangkan sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar sebagai penghasil panas yang dibutuhkan.

Peralatan yang dibutuhkan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem pembakarannya. Secara umum boiler dibagi kedalam dua jenis yaitu, boiler pipa api (*fire tube boiler*) dan boiler pipa air (*water tube boiler*). Pada boiler pipa api proses pengapian terjadi dalam pipa, kemudian panas yang dihasilkan diantarkan langsung kedalam boiler berisi air. Besar dan konstruksi boiler mempengaruhi kapasitas dan tekanan yang dihasilkan boiler tersebut. Sedangkan pada boiler pipa air proses pengapian terjadi di luar pipa, kemudian panas yang dihasilkan memanaskan pipa yang berisi air, yang sebelumnya air tersebut telah dipanaskan terlebih dahulu oleh economizer, kemudian steam yang dihasilkan terlebih dahulu dikumpulkan dalam sebuah

steam-drum, sampai tekanan dan temperatur sesuai. Melalui tahap secondary superheater dan primary superheater kemudian steam dilepaskan ke pipa utama distribusi. Didalam pipa air yang mengalir harus dikondisikan terhadap mineral atau kandungan lainnya yang larut pada air tersebut.

#### **2.2.8.1. Komponen Utama Pada Ketel Uap**

Pada garis besarnya Ketel Uap terdiri dari :

##### **1. Ruang Pembakaran (Dapur Bakar)**

Ruang bakar terbagi 2 (dua) bagian, yaitu :

- a. Ruang pertama berfungsi sebagai ruang pembakaran, sebagai pemanas yg dihasilkan dan diterima langsung oleh pipa-pipa air yg berada di dlm ruangan dapur tersebut (pipa-pipa air) dari drum ke *header* samping kanan/kiri.
- b. Ruang kedua merupakan ruang gas panas yg diterima dari hasil pembakaran dalam ruang pertama. Di dalam ruang kedua ini sebagian besar panas dari gas diterima oleh pipa-pipa air drum atas ke drum bawah. Dalam ruang pembakaran pertama udara pembakaran ditiupkan oleh *blower Forced Draft Fan* (FDF) melalui lubang-lubang kecil disekeliling dinding ruang pembakaran dan melalui kisi-kisi bagian bawah dapur (*Fire Grates*). Jumlah udara yang diperlukan diatur melalui klep (*Air Draft Controller*) yang dikendalikan dari panel saklar ketel. Sedangkan dalam ruang kedua, gas panas dihisap Blower (*Induced Draft Fan*) sehingga terjadi aliran panas dari ruangan pertama ke ruang kedua dapur. Pembakaran Di dalam ruang kedua dipasang sekatsekat sedemikian rupa yang dapat memperpanjang permukaan

yang dilalui gas panas, supaya gas panas tersebut dapat memanasi seluruh pipa air, sebagian permukaan luar drum atas dan seluruh bagian luar drum bawah.

## 2. Drum Atas

Drum atas berfungsi sebagai tempat pembentukan uap yang dilengkapi dengan sekat-sekat penahan butir-butir air untuk memperkecil kemungkinan air terbawa uap.

## 3. Drum Bawah

Drum bawah berfungsi sebagai tempat pemanasan air ketel yang didalamnya di pasang plat-plat pengumpul endapan lumpur untuk memudahkan pembuangan keluar (*Blow Down*).

## 4. Pipa Uap Pemanas Lanjut

Uap yang berasal dari penguapan di dalam drum atas belum dapat dipergunakan oleh turbin uap, oleh karenanya harus dilakukan pemanasan uap lanjut melalui pipa uap pemanas lanjut (*Superheater* Pipa), hingga uap benar-benar kering dengan temperatur 260 – 280 °C. Pipa-pipa pemanas uap lanjut dipasang di dalam ruang pembakaran kedua, hal ini mengakibatkan uap basah yang dialirkan melalui pipa tersebut akan mengalami pemanasan lebih lanjut.

## 5. Pipa Air (*Header*)

Pipa-pipa air berfungsi sebagai tempat pemanasan air ketel yg dibuat sebanyak mungkin hingga penyerapan panas lebih merata dengan efisiensi tinggi, pipa-pipa ini terbagi dalam :

1. Pipa air yang menghubungkan drum atas dengan *header* muka atau belakang.
2. Pipa air yang menghubungkan drum dengan *header* samping kanan atau samping kiri.
3. Pipa air yang menghubungkan drum atas dengan drum bawah.
4. Pipa air yang menghubungkan drum bawah dengan *header* belakang.
6. Pembuangan Abu (*Ash Hopper*)

Abu yg terbawa gas panas dari ruang pembakaran pertama terbang/jatuh di dalam pembuangan abu yg berbentuk kerucut.

#### 7. Pembuangan Gas Bekas

Gas bekas setelah ruang pembakaran kedua dihisap oleh blower isap (*Induce Draft Fan*) melalui saringan abu (*Dust Collector*) kemudian dibuang ke udara bebas melalui cerobong asap (*Chimney*) Pengaturan tekanan didalam dapur dilakukan pada corong keluar blower (*Exhaust*) dengan katup yang diatur secara otomatis oleh alat hidrolis (*Furnace Draft Control*).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di PT.Multimas Nabati Asahan (Wilmar Group) Jl.Acces road inalum dusun IV tanjung permai desa kuala tanjung kecamatan sei suka kabupaten batu-bara pada hari senin tanggal 28 agustus 2017 sampai dengan hari kamis tanggal 11September 2017.

#### **3.2. Alat Dan Bahan Peneletian**

Adapun perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### **3.2.1. Perangkat Keras**

Adapun perangkat keras yang dibutuhkan dalam pembuatan program perbandingan metode rentang table dan regresi linier untuk menghitung density saturated steam pada boiler yaitu:

1. Laptop acer Intel® Core™ i5-2450M sebagai bahan yang digunakan untuk merancang ladder diagram pada PLC serta memonitoring proses system kerja dari program yang dibuat.
2. PLC General Electric Versamax nano/micro berfungsi untuk menerima input serta memberi output untuk sebuah rangkaian kerja.
3. Kabel USB to SMP adafter for untuk mentransfer data leader diagram ke PLC.

##### **3.2.2. Perangkat Lunak**

Perangkat lunak atau software yang digunakan pada pembuatan program penghitung density saturated steam ini adalah:

### 1. Proficy Machine Edition

Software ini digunakan untuk membuat leader diagram program penghitung density saturated steam dengan metode rentang tabel dan regresi linier.

### 2. Cimplicity

Software ini digunakan untuk membuat tampilan simulasi interface.

### 3. Microsoft Office Excel

software ini digunakan untuk menghitung nilai density dengan metode rentang tabel dan regresi linier.

### 4. Microsoft Office Visio

Aplikasi software ini digunakan untuk membuat flowchart diagram alir penelitian.

## 3.3.Data Penelitian

Adapun data penelitian yang didapat ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Data nilai density saturated steam dari spiraxsarco.com pada pressure 0 – 15 Bargauge.

Pressure Bargauge	Density Table kg/m <sup>3</sup>	Pressure Bargauge	Density Table kg/m <sup>3</sup>
0	0.597518	1.1	1.188590
0.1	0.652505	1.2	1.241180
0.2	0.707173	1.3	1.293630
0.3	0.761553	1.4	1.345950
0.4	0.815669	1.5	1.398130
0.5	0.869543	1.6	1.450200
0.6	0.923193	1.7	1.502150
0.7	0.976635	1.8	1.553990
0.8	1.029880	1.9	1.605730
0.9	1.082950	2	1.657370
1	1.135850	2.1	1.708910

<b>Pressure Bargauge</b>	<b>Density Table kg/m3</b>	<b>Pressure Bargauge</b>	<b>Density Table kg/m3</b>
2.2	1.760370	6.1	3.721690
2.3	1.811730	6.2	3.771230
2.4	1.863010	6.3	3.820760
2.5	1.914210	6.4	3.870250
2.6	1.965330	6.5	3.919730
2.7	2.016380	6.6	3.969190
2.8	2.067350	6.7	4.018620
2.9	2.118260	6.8	4.068030
3	2.169100	6.9	4.117430
3.1	2.219880	7	4.166800
3.2	2.270590	7.1	4.216150
3.3	2.321250	7.2	4.265490
3.4	2.371840	7.3	4.314810
3.5	2.422380	7.4	4.364110
3.6	2.472870	7.5	4.413400
3.7	2.523310	7.6	4.462670
3.8	2.573690	7.7	4.511920
3.9	2.624030	7.8	4.561160
4	2.674320	7.9	4.610380
4.1	2.724560	8	4.659590
4.2	2.774760	8.1	4.708790
4.3	2.824920	8.2	4.757970
4.4	2.875030	8.3	4.807140
4.5	2.925100	8.4	4.856290
4.6	2.975140	8.5	4.905440
4.7	3.025140	8.6	4.954570
4.8	3.075100	8.7	5.003690
4.9	3.125020	8.8	5.052800
5	3.174910	8.9	5.101890
5.1	3.224770	9	5.150980
5.2	3.274590	9.1	5.200060
5.3	3.324390	9.2	5.249130
5.4	3.374150	9.3	5.298190
5.5	3.423880	9.4	5.347240
5.6	3.473580	9.5	5.396280
5.7	3.523260	9.6	5.445310
5.8	3.572900	9.7	5.494330
5.9	3.622520	9.8	5.543350
6	3.672120	9.9	5.592360



<b>Pressure Bargauge</b>	<b>Density Table kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Pressure Bargauge</b>	<b>Density Table kg/m<sup>3</sup></b>
10	5.641360	12.6	6.913710
10.1	5.690360	12.7	6.962610
10.2	5.739340	12.8	7.011510
10.3	5.788330	12.9	7.060410
10.4	5.837300	13	7.109310
10.5	5.886270	13.1	7.158210
10.6	5.935240	13.2	7.207100
10.7	5.984200	13.3	7.256000
10.8	6.033150	13.4	7.304900
10.9	6.082100	13.5	7.353800
11	6.131040	13.6	7.402700
11.1	6.179980	13.7	7.451600
11.2	6.228920	13.8	7.500500
11.3	6.277850	13.9	7.549400
11.4	6.326780	14	7.598300
11.5	6.375700	14.1	7.647200
11.6	6.424630	14.2	7.696110
11.7	6.473540	14.3	7.745020
11.8	6.522460	14.4	7.793920
11.9	6.571370	14.5	7.842840
12	6.620280	14.6	7.891750
12.1	6.669190	14.7	7.940660
12.2	6.718100	14.8	7.989580
12.3	6.767010	14.9	8.038500
12.4	6.815910	15	8.087420
12.5	6.864810	12.7	6.962610

### **3.4. Metode Pengolahan Data**

Pada tahap pengolahan data semua data yang telah dikumpulkan akan diproses dengan metode regresi linier dan akan dihitung secara manual dengan bantuan Microsoft excel. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi akurasi perhitungan antara metode rentang tabel dengan metode regresi linier untuk menghitung density saturated steam pada boiler.

Tahap dalam pengolahan data menggunakan metode regresi linier adalah sebagai berikut:

1. Tabulasi data
2. Membuat grafik hubungan antara tekanan (Pressure) dengan density pada microsoft excel untuk mendapatkan persamaan regresi linier sederhana.
3. Menghitung nilai density dengan menggunakan rentang tabel.
4. menghitung nilai density dengan metode persamaan regresi linier.
5. Identifikasi hasil perhitungan density dari metode rentang tabel dan regresi linier

### **3.5. Jalannya Penelitian**

Adapun data yang diambil berupa data nilai density saturated steam yang bersumber dari spirax sarco sebagai referensi, kemudian data tersebut dihitung dengan metode rentang tabel dan metode regresi linier untuk mengetahui perbedaan akurasi pembacaan density saturated steam, untuk menghitung perbedaan density sendiri menggunakan Microsoft Office Excel. Kemudian melakukan pembuatan Program PLC (Programmable Logic Controller), selanjutnya membuat ladder diagram pada PLC General Elektrik Versamax Nano/micro, dan membuat tampilan simulasi pada software HMI.

#### **3.5.1. Pembuatan Leader Program Programmable Logic Controller**

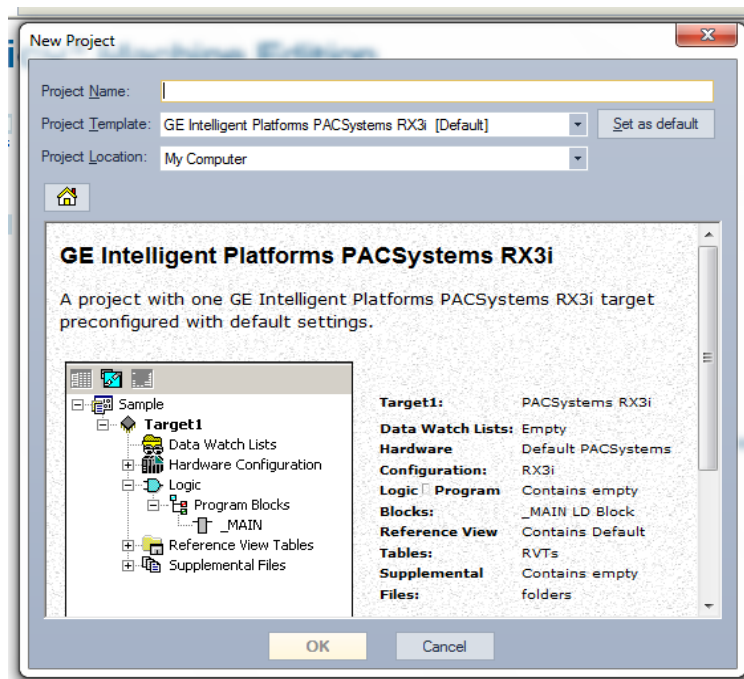
Pembuatan programmable logic controller (PLC) dari perbandingan metode rentang tabel dan metode regresi linier untuk menghitung density saturated steam adalah sebagai berikut:

## 1. pembuatan ladder diagram

Adapun langkah – langkah pembuatan ladder diagram adalah sebagai berikut :

1. Klik *Start* → *all Program* → *Proficy Machine edition*
2. selanjutnya akan muncul tampilan awal dari aplikasi *proficy machine edition*.
3. Pada jendela menu aplikasi PME klik menu lalu pilih *new Project*.

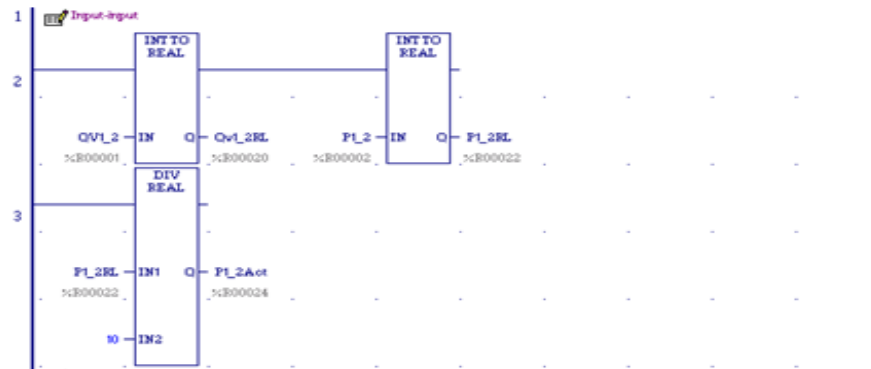
Kemudian masukkan nama proyek yang akan dibuat seperti yang terlihat pada gambar 3.1 dibawah ini:




Gambar 3.1 tampilan new project pembuatan ladder baru

4. isikan nama project pada project name, pada project template pilih jenis plc yang digunakan.
5. pada jendela navigator klik kanan program blocks → *new* → *LD block* untuk membuat folder baru pada halaman kerja.

6. buatlah input analog sebagai adres untuk tampilan HMI pada software cimplicity. adapun input analog yang dimaksud ditunjukkan seperti gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3.2 Input analog

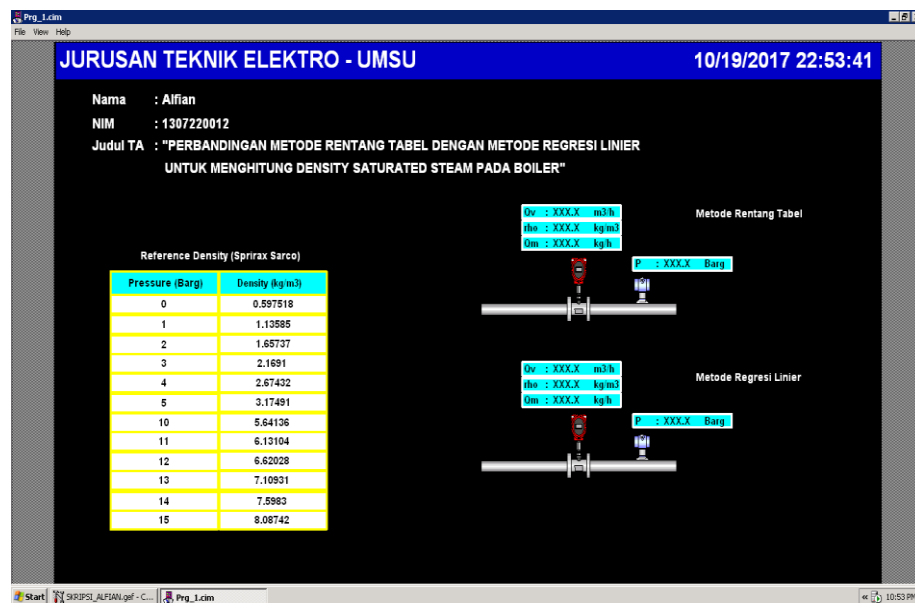
7. Selanjutnya membuat leader diagram dengan memasukkan input serta output yang digunakan.
8. Setelah leader diagram selesai koneksikan program ke plc dengan menklik lambang online/offline  pada jendela menu *profice machine edition* untuk mengecek kesalahan leader.

## 2. Desain Sistem Tampilan

Desain sistem ini dibuat untuk mensimulasikan program density saturated steam dengan metode rentang tabel. adapun langkah – langkah pembuatan desain tampilan perhitungan density saturated steam adalah sebagai berikut:

1. klik *Start* → *all Program* → *Cimplicity* → *HMI* → *Workbench*
2. selanjutnya akan muncul tampilan awal dari aplikasi *cimplicity*.
3. klik *file* → *new project*


4. buatlah tampilan dengan object yang diperlukan dalam simulasi perhitungan density saturated steam menggunakan metode rentang tabel dan regresi linier. Adapun tampilan simulasi dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.6 dibawah ini:





Gambar 3.3 Tampilan hmi density saturated steam


### 3.5.2. Pengoprasian Simulasi Program Density Saturated Steam

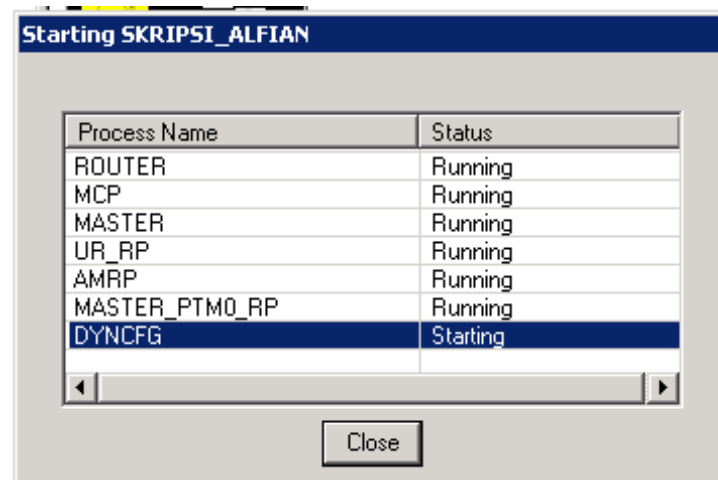
#### a. langkah – langkah store program leader

1. buka aplikasi *proficy machine edition* dengan mengklik *start* → *all program* → *proficy* → *proficy machine edition*.
2. klik *file* → *open project* → *skripsi\_alfian* → klik *ok* .
3. klik lambang  *online/* untuk mengkoneksi pc dengan plc.
4. Download leader diagram dengan mengklik lambang *toggle online mode* → *stop active target* → *download active target*.
5. Pastikan hardware dengan software telah EQ, dan logic program blok juga dalam keadaan EQ.

6. agar program dapat berjalan klik start active target atau lambang 
  - klik ok
7. Offlinekan kembali aplikasi profice machine edition dengan mengklik lambang  agar aplikasi hmi dapat dijalankan.

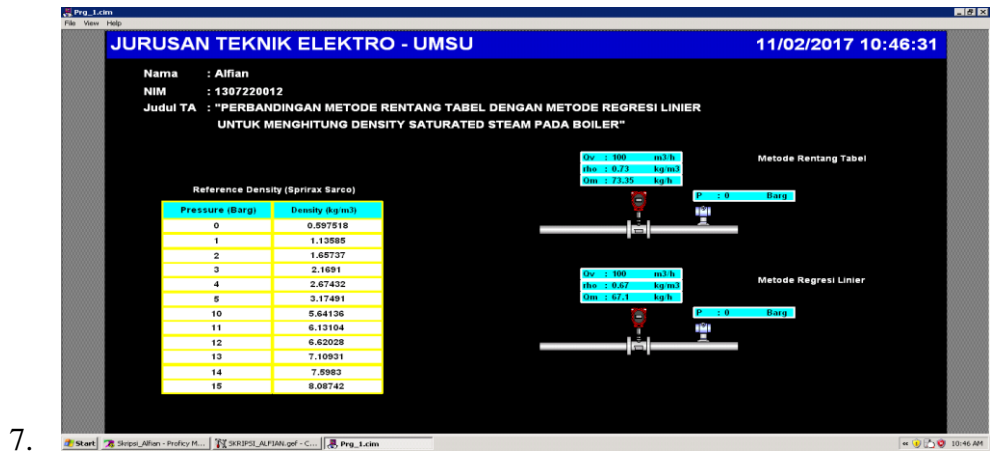
**b. langkah – langkah menjalankan simulasi**

1. klik *Start* → *all Program* → *Cimlicity* → *HMI* → *Workbench*
2. Selanjutnya akan muncul tampilan awal dari aplikasi *cimlicity*.
3. klik *file* → *open* → *skripsi\_alfian*.
4. klik lambang *run*  untuk menjalankan program simulasi.
5. Selanjutnya akan muncul proses starting seperti gambar 3.7 dibawah ini:



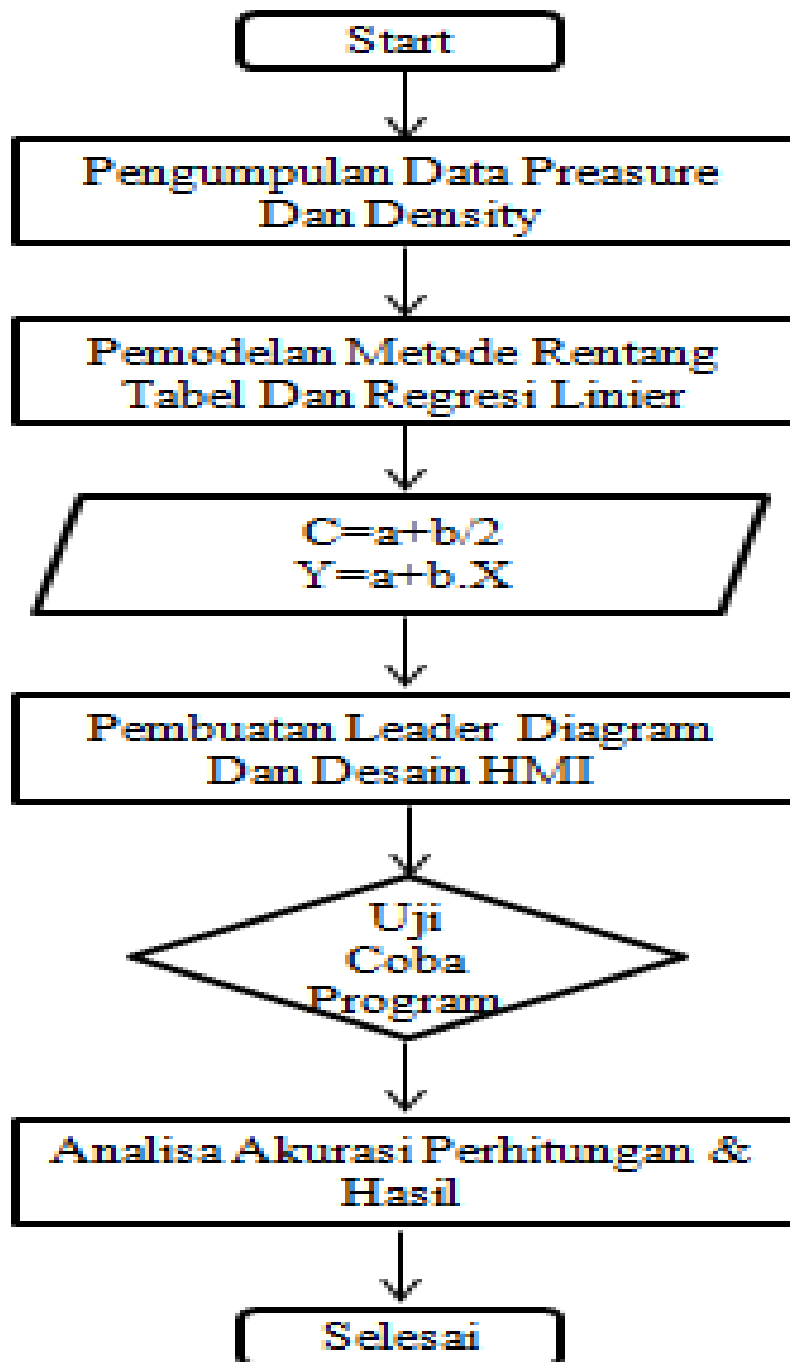
Gambar 3.4 tampilan proses starting program

6. Tunggu sampai proses starting selesai kemudian double klik *Prg\_1* maka akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini



Gambar 3.5 Tampilan program simulasi

### 3.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Flowchart Pembuatan Simulasi



## BAB IV

### ANALISA DAN HASIL

Bermula dari tujuan penelitian ini yaitu perbandingan metode rentang tabel dan metode regresi linier untuk menghitung *density saturated steam*, maka tingkat keberhasilan dari penelitian ini melalui beberapa aspek diantaranya.

#### 4.1. Analisa Hasil Perhitungan Density

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan *density* antara metode rentang tabel dan metode regresi linier dan mengimplementasikan pada program plc. Perhitungan dari metode ini dapat dihitung seperti dibawah ini:

##### 1. Metode rentang tabel

Ide awal metode ini adalah metode table, dimana area dibagi menjadi N bagian. Langkah dari perhitungan *density* menggunakan metode rentang tabel adalah menentukan *a* sebagai batas atas dan *b* sebagai batas bawah sehingga dapat diselesaikan seperti dengan persamaan dibawah ini.

$$c = \frac{a + b}{2}$$

Dimana dengan memisalkan :

*c* = nilai *density* baru

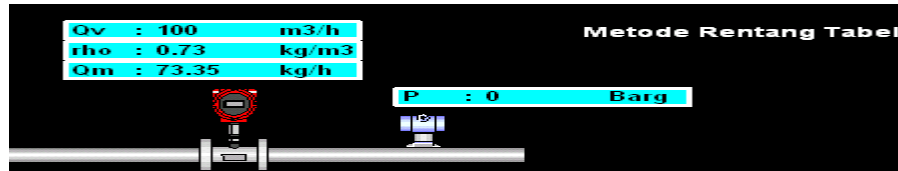
*a* = batas atas nilai *density*

*b* = batas bawah nilai *density*

Perhitungan *density* menggunakan metode rentang tabel ialah satu nilai kalkulasi hasil perhitungan yang digunakan untuk 5 nilai pressure. Hasil kalkulasi nilai *density* menggunakan metode rentang tabel dapat dilihat seperti dibawah ini:

$$c = \frac{a + b}{2} = \frac{(0.597518 + 0.869543)}{2} = \frac{1.467061}{2} = 0.733531 = 0.73$$

Hasil perhitungan secara program dapat dilihat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.1 Hasil Perhitungan PLC metode rentang tabel

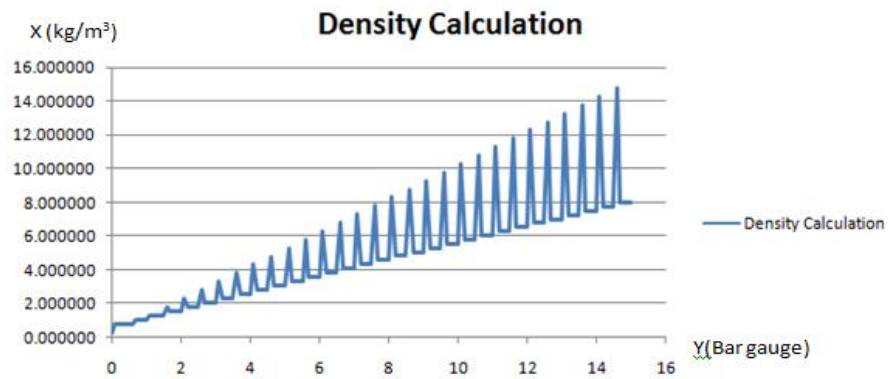
Pada keadaan pressure 0 bar sampai 0.5 bar menggunakan satu nilai *density* yaitu 0.733531 dan dibulatkan menjadi 0.73. Untuk perhitungan selanjutnya dapat dihitung seperti perhitungan diatas dengan nilai rentang keadaan 5 pressure. Hasil perhitungan dari metode rentang tabel dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Nilai *density* metode rentang tabel

Pressure ( Bar gauge)	Density Calculation (Kg/m <sup>3</sup> )	Selisih	
0	0.73	-0.13	-22%
0.5	0.73	0.14	16%
1	1.03	0.11	9%
1.5	1.29	0.11	8%
2	1.55	0.11	6%
2.5	1.81	0.10	5%
3	2.07	0.10	5%
3.5	2.32	0.10	4%
4	2.57	0.10	4%
4.5	2.82	0.11	4%
5	3.08	0.09	3%
5.5	3.32	0.10	3%
6	3.57	0.10	3%
6.5	3.82	0.10	3%
7	4.07	0.10	2%
7.5	4.31	0.10	2%
8	4.56	0.10	2%
8.5	4.81	0.10	2%
9	5.05	0.10	2%

Preasure ( Bar gauge)	Density Calculation (Kg/m <sup>3</sup> )	Selisih	
9.5	5.3	0.10	2%
10	5.54	0.10	2%
10.5	5.79	0.10	2%
11	6.03	0.10	2%
11.5	6.28	0.10	2%
12	6.52	0.10	2%
12.5	6.77	0.09	1%
13	7.01	0.10	1%
13.5	7.26	0.09	1%
14	7.5	0.10	1%
14.5	7.75	0.09	1%
15	7.99	0.10	1%

Berdasarkan tabel 4.1 diatas, Tingkat akurasi pembacaan *density* metode rentang tabel pada keadaan preasure 0 barg memiliki selisih -0.13 atau -22% dengan hasil perhitungan dibawah nilai aktual, pada preasure 0.5 dengan nilai density 0.73 memiliki selisih 0,14 atau 16% selisih ini menandakan nilai kalkulasi diatas nilai actual. Dan pada keadaan preasure 1 barg memiliki selisih nilai sebesar 0.11 atau 9%, 1.5 barg dengan selisih 0.11 atau 8% diatas nilai aktual, sedangkan untuk preasure 3.5 barg sampai dengan 4.5 barg memiliki selisih sebesar 4% dan pada preasure 5 sampai 6.5 memiliki selisih yang sama yaitu 0.10 atau 3% dari nilai aktual. Hasil perhitungan nilai density mulai mendekati nilai actual dari keadaan preasure 7 bar sampai dengan preasure 12 barg dengan selisih 0.10 atau 2% namun hasil ini masih diatas batas toleransi yaitu 1.5%. Untuk hasil perhitungan *density* dibawah batas toleransi yaitu pada *preasure* 12.5 barg sampai dengan 15 barg dengan selisih 0.9 dan 0.10 atau sebesar 1%. Nilai selisih yang melebihi toleransi dapat mempengaruhi nilai cos produksi yang dapat merugikan suatu *plant* departemen dan perhitungan menjadi tidak efisien.



Gambar 4.9 Grafik Density Metode Rentang Tabel

Pada gambar 4.9 diatas X adalah density ( $\text{kg/m}^3$ ) dan Y adalah pressure (Bar gauge) diketahui bahwa nilai *density* tidak linier karena nilai *density* yang dihasilkan jauh dari nilai *density* aktual. Untuk menghitung nilai selisih didapat dengan mengurangkan nilai aktual dengan nilai perhitungan dan dapat dipersekan dengan membagikan nilai *density* hasil perhitungan dengan nilai *density* aktual.

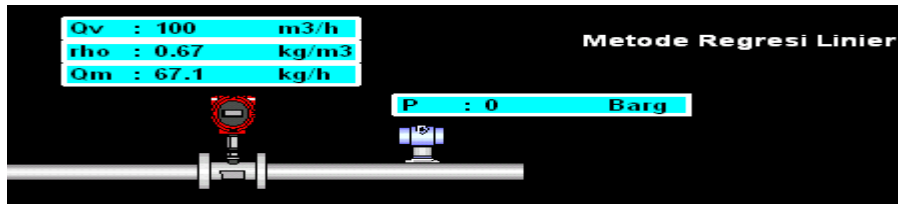
## 2. Metode regresi linier

Jika persamaan regresi linier sederhana seperti  $Y = 0,6714 + 0,6943 X$  (dimisalkan Y adalah density, dan X adalah pressure ) maka:

- Pengaruh variabel pressure terhadap *density* adalah positif, menunjukkan bahwa kenaikan dari pressure akan diikuti oleh kenaikan density.
- Nilai pendugaan regresi sebesar 0,6943 menunjukkan besaran pengaruh pressure terhadap *density* nya.

Persamaan regresi ini dapat digunakan untuk menghitung density, dengan nilai variabel seperti diatas yaitu bila diketahui X adalah nilai pressure maka Y dihitung seperti dibawah ini:

$$Y=a+bX = 0.6714 + (0.6943 \times 0) = 0.671 = 0.67$$



Gambar 4.2 Hasil Perhitungan PLC Menggunakan Metode Regresi Linier

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan yang ada pada program PLC pada pressure 0 Bar nilai density adalah 0.67. nilai yang dihitung baik secara manual maupun secara program adalah sama.

Hasil perhitungan nilai *density* dari metode regresi linier seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Nilai density metode regresi linier

Preasure (Bargauge)	Density Calculation (Kg/h)	Selisih	
0	0.67	-0.07	-12%
0.5	0.92	-0.05	-6%
1	1.17	-0.03	-3%
1.5	1.41	-0.01	-1%
2	1.66	0.00	0%
2.5	1.91	0.00	0%
3	2.16	0.01	0%
3.5	2.41	0.01	1%
4	2.65	0.02	1%
4.5	2.9	0.03	1%
5	3.15	0.02	1%
5.5	3.4	0.02	1%
6	3.65	0.02	1%
6.5	3.89	0.03	1%
7	4.14	0.03	1%
7.5	4.39	0.02	1%
8	4.64	0.02	0%
8.5	4.89	0.02	0%
9	5.13	0.02	0%
9.5	5.38	0.02	0%
10	5.63	0.01	0%
10.5	5.88	0.01	0%
11	6.13	0.00	0%

Preasure (Bargauge)	Density Calculation (Kg/h)	Selisih	
11.5	6.36	0.02	0%
12	6.62	0.00	0%
12.5	6.87	-0.01	0%
13	7.12	-0.01	0%
13.5	7.37	-0.02	0%
14	7.61	-0.01	0%
14.5	7.86	-0.02	0%
15	8.11	-0.02	0%

Berdasarkan tabel 4.2 diatas dapat dilihat, pada preasure 0 barg memiliki selisih -0.07 atau -12%, 0.5 barg dengan selisih -0.05 atau -6% dan 1 barg memiliki selisih -0.03 atau -3%. Nilai ini dibawah nilai aktual dimana selisih terjauh dibawah nilai aktual yaitu pada keadaan preasure 0 barg. Pada keadaan preasure 2 sampai 3 barg sendiri nilai *density* sama dengan nilai aktual dan pada preasure 3.5 barg sampai 7 barg nilai *density* hanya selisih sebesar 1% namun selisih ini masih dibawah batas toleransi. Dan hasil kalkulasi dengan metode regresi linier ini pada keadaan preasure 8 barg sampai dengan 15 barg nilai *density* yang dihasilkian sama dengan nilai *density* aktual.

#### **4.2. Analisa Perbandingan**

Berdasarkan hasil perhitungan *density saturated steam* metode regresi linier lebih mendekati nilai *density actual* yang dapat dilihat dari nilai selisih yang didapat baik secara perhitungan matematik maupun dengan program PLC. Pada perhitungan *density saturated steam* metode regresi linier selisih jauh dari nilai actual adalah pada preasure 0 barg dengan selisih 0.073 atau -12%, 0,5 barg dengan selisih 0,05 atau -6% serta 1 barg dengan selisih sebesar 0,3 atau -3%. Sedangkan pada perhitungan metode rentang tabel sendiri, pada preasure 0,5 barg selisih yang didapat adalah sebesar 0,14 atau 16% dan pada keadaan preasure 1.5

barg selisihnya adalah 0.11 atau 8%, dan rata-rata selisih pada preasur adalah sebesar 0,11.

Hasil perhitungan *density* menggunakan program plc dan matematik dapat dilihat pada tabel perbandingan 4.3 dibawah ini:

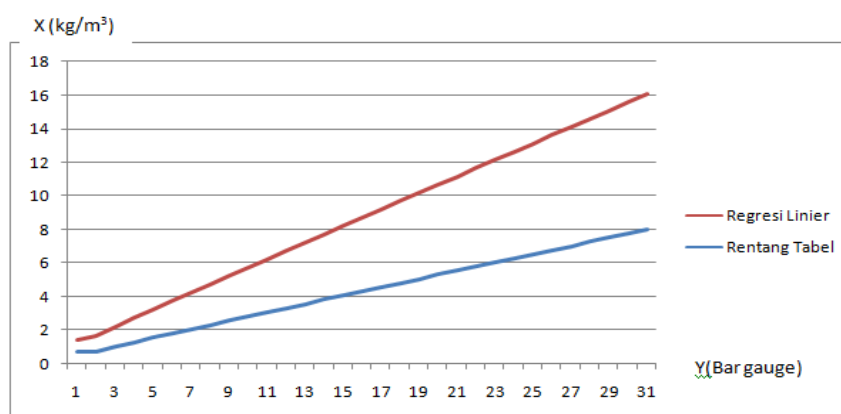
Tabel 4.3 Perbandingan nilai *density* metode rentang tabel dan regresi linier

Preasure (bar gauge)	Densi ty Actua l	Hasil Kalkulasi Rentang Tabel			Hasil Kalkulasi Regresi linier		
		Density (kg/m <sup>3</sup> )	Selisih		Density (kg/m <sup>3</sup> )	Selisih	
0	0.60	0.73	-0.13	-22%	0.67	-0.07	-12%
0.5	0.87	0.73	0.14	16%	0.92	-0.05	-6%
1	1.14	1.03	0.11	9%	1.17	-0.03	-3%
1.5	1.40	1.29	0.11	8%	1.41	-0.01	-1%
2	1.66	1.55	0.11	6%	1.66	0.00	0%
2.5	1.91	1.81	0.1	5%	1.91	0.00	0%
3	2.17	2.07	0.1	5%	2.16	0.01	0%
3.5	2.42	2.32	0.1	4%	2.41	0.01	1%
4	2.67	2.57	0.1	4%	2.65	0.02	1%
4.5	2.93	2.82	0.11	4%	2.9	0.03	1%
5	3.17	3.08	0.09	3%	3.15	0.02	1%
5.5	3.42	3.32	0.1	3%	3.4	0.02	1%
6	3.67	3.57	0.1	3%	3.65	0.02	1%
6.5	3.92	3.82	0.1	3%	3.89	0.03	1%
7	4.17	4.07	0.1	2%	4.14	0.03	1%
7.5	4.41	4.31	0.1	2%	4.39	0.02	1%
8	4.66	4.56	0.1	2%	4.64	0.02	0%
8.5	4.91	4.81	0.1	2%	4.89	0.02	0%
9	5.15	5.05	0.1	2%	5.13	0.02	0%
9.5	5.40	5.3	0.1	2%	5.38	0.02	0%
10	5.64	5.54	0.1	2%	5.63	0.01	0%
10.5	5.89	5.79	0.1	2%	5.88	0.01	0%
11	6.13	6.03	0.1	2%	6.13	0.00	0%
11.5	6.38	6.28	0.1	2%	6.36	0.02	0%
12	6.62	6.52	0.1	2%	6.62	0.00	0%
12.5	6.86	6.77	0.09	1%	6.87	-0.01	0%
13	7.11	7.01	0.1	1%	7.12	-0.01	0%
13.5	7.35	7.26	0.09	1%	7.37	-0.02	0%
14	7.60	7.5	0.1	1%	7.61	-0.01	0%
14.5	7.84	7.75	0.09	1%	7.86	-0.02	0%

Preasure (bar gauge)	Densi ty Actua l	Hasil Kalkulasi Rentang Tabel			Hasil Kalkulasi Regresi linier		
		Density (kg/m <sup>3</sup> )	Selisih		Density (kg/m <sup>3</sup> )	Selisih	
15	8.09	7.99	0.1	1%	8.11	-0.02	0%

Berdasarkan tabel 4.3 diatas selisih untuk metode rentang tabel lebih besar daripada metode regresi linier, hal ini dikarenakan nilai perhitungan *density* dengan menggunakan metode regresi linier lebih mendekati nilai *density* sebenarnya dan nilai *density* yang dipakai untuk setiap preasure masing – masing memiliki nilai sendiri. Sedangkan metode rentang tabel untuk 5 keadaan *prasure* menggunakan 1 nilai *density* hal ini tentu tidak efisien dan dapat merugikan suatu plant produksi. Besarnya selisih dapat dilihat dengan jauh nya nilai *density* yang dihitung dengan nilai aktual, tanda negatif menandakan bahwa hasil perhitungan dibawah nilai *density* actual dan positif menandakan bahwa hasil perhitungan diatas nilai aktual.

Dibawah ini adalah gambar grafik perbandingan nilai *density* hasil perhitungan antara metode rentang tabel dan metode regresi linier.



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Nilai *Density* Metode Rentang Tabel Dan Regresi Linier.



Berdasarkan grafik perbandingan dari metode rentang tabel dan regresi linier, dapat dilihat bahwa metode rentang tabel lebih tinggi dibandingkan metode regresi linier yang lebih rendah dan stabil. Hal ini dikarenakan tingkat akurasi dan ketelitian metode regresi linier lebih mendekati nilai aktual dari *density* itu sendiri.

Untuk industry yang sudah familiar dalam menggunakan sistem PLC, penggunaan PLC biasanya sudah mengambil alih beberapa fungsi alat dengan target untuk melakukan efisiensi, sehingga jika dilakukan efisiensi dalam pemilihan program yang sesuai maka metode regresi linier dapat dipilih sebagai program perhitungan *density* ini dengan alasan tingkat akurasi perhitungan lebih baik dari metode rentang tabel dan metode regresi linier hanya membutuhkan 3 rung ladder diagram saja sedangkan metode rentang tabel membutuhkan 62 rung ladder diagram.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Pada penulisan tugas akhir ini didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan hasil perhitungan tingkat akurasi pembacaan density metode rentang tabel pada keadaan pressure 0 barg sampai pada pressure 12 memiliki tingkat selisih yang melebihi batas toleransi yaitu 1.5% dengan tingkat selisih tertinggi pada keadaan pressure 0 barg dengan selisih 22% dan pada keadaan pressure 0.5 barg dengan tingkat selisih 16%. Sedangkan tingkat akurasi pembacaan density metode regresi linier yang melebihi batas toleransi hanya pada keadaan pressure 0 sampai 1.3 bar dengan nilai selisih tertinggi yaitu pada keadaan pressure 0 barg dengan tingkat selisih sebesar 12%.
2. Dari segi pembuatannya leader diagram metode rentang tabel membutuhkan banyak rung mencapai 62 rung sedangkan pada metode regresi linier hanya membutuhkan 3 rung saja dan tingkat akurasi pembacaan density steam metode regresi linier lebih baik dan efisien dibandingkan dengan metode rentang tabel yang memiliki tingkat akurasi rendah yang dapat mempengaruhi nilai cos produksi.

#### **5.2. Saran**

Dari penulisan tugas akhir ini penulis memiliki beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Pada tampilan simulasi dapat digunakan sistem scada untuk memudahkan sistem pengontrolan uap steam.

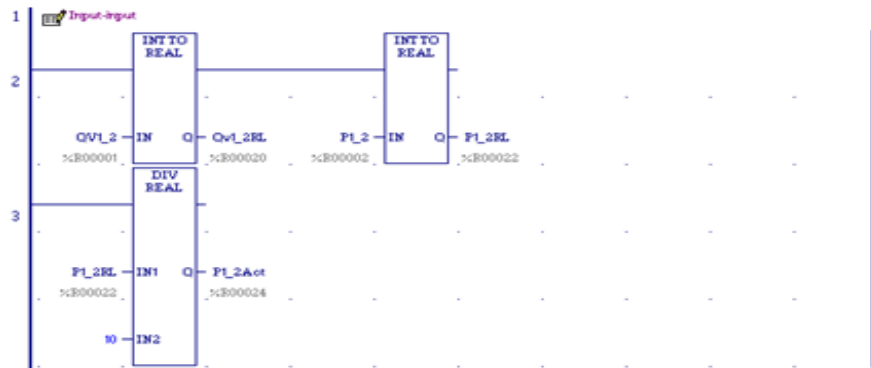
2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode perhitungan lain untuk meningkatkan akurasi pembacaan yang lebih baik dan lebih efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

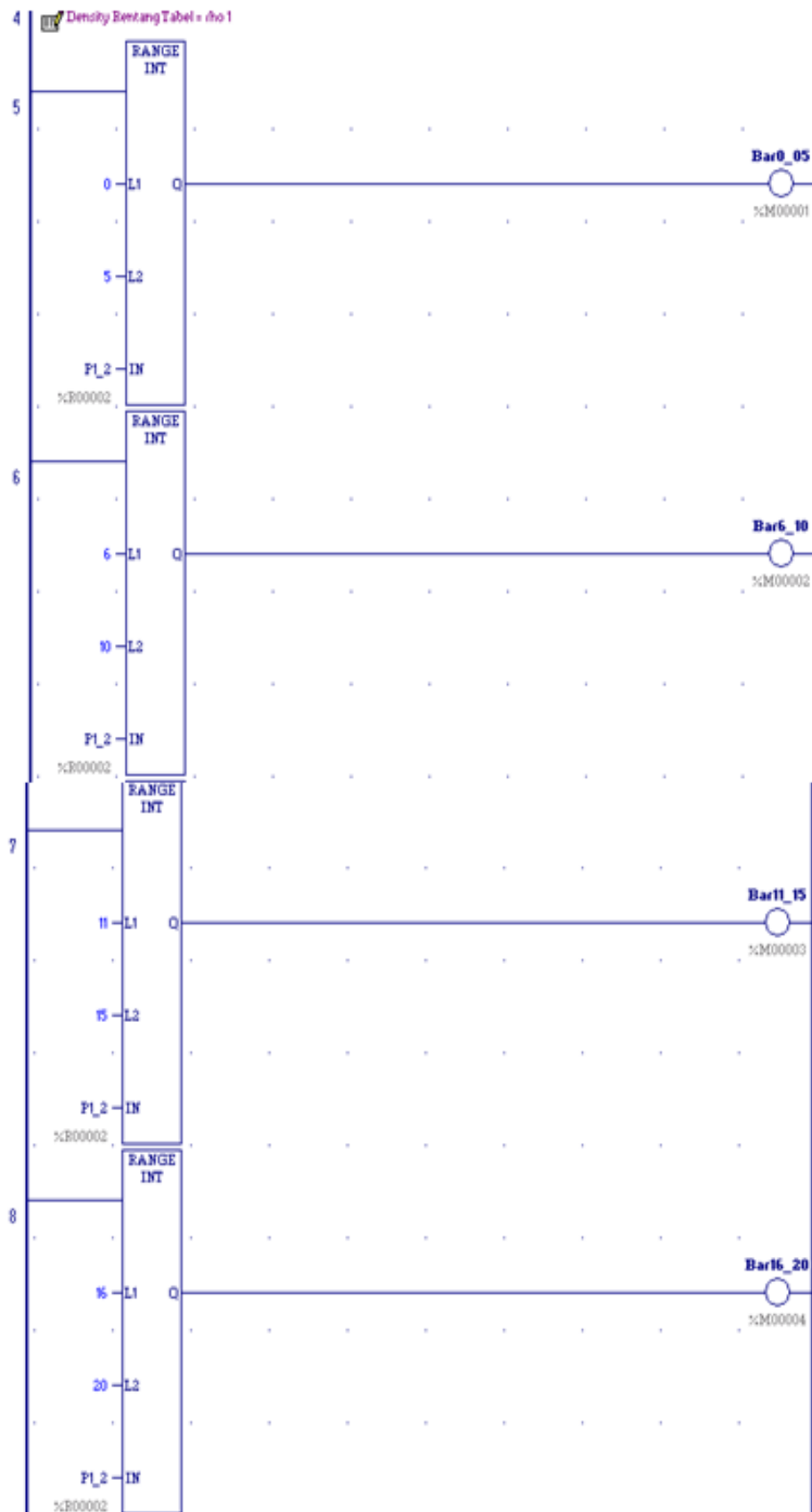
- Antonov,2015, “*Prakiraan Dan Analisa Kebutuhan Energy Listrik Provinsi Sumatera Barat Hingga Tahun 2024 Dengan Metode Regresi Linier Berganda*”, Institut Teknologi Padang.
- Budianto, W. 2003, “*Pengenalan Dasar-Dasar PLC*”, Gava Media Yogyakarta.
- Chapter\_II,”*Uap(Steam)*” Universitas Sumatera Utara.
- Denny Kurniawan,2008, “*Forum statistika Regresi Linier*”.
- Hijriani, 2016, “*Implementasi Metode Regresi Linier Sederhana Pada Penyajian Hasil Prediksi Pemakaian Air Bersih PDAM Way Rilau Kota Bandar Lampung Dengan Sistem Informasi Geografis*, Universitas Lampung.
- Insani, 2006, “*Penerapan Metode Bagi Dua (Bisection) Pada Analisis Pulang Pokok (Break Event)*” Yogyakarta
- Nafi'iah Nur, 2016, “*Perbandingan Regresi Linear, Backpropagation Dan Fuzzy Mamdani Dalam Prediksi Harga Emas*”, Universitas Islam Lamongan
- Permatasari, 2015, '*Pemodelan Regresi Linear Dalam Konsumsi Kwh Listrik Di Kota Batu Menggunakan Algoritma Genetika* ', DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, vol. 5, no. 14.
- Sena, 2015, “*Pengaruh Densitas Dan Viskositas Terhadap Profil Kecepatan Pada Aliran Fluida Laminar Didalam Pipa Horizontal*”, Universitas Indraprasta PGRI.
- Tanady, 2013, “*Analisis Perbandingan Metode Regresi linier Dan Exponential Smoothing Dalam Parameter Tingkat Error*”, Universitas Bunda Mulia.

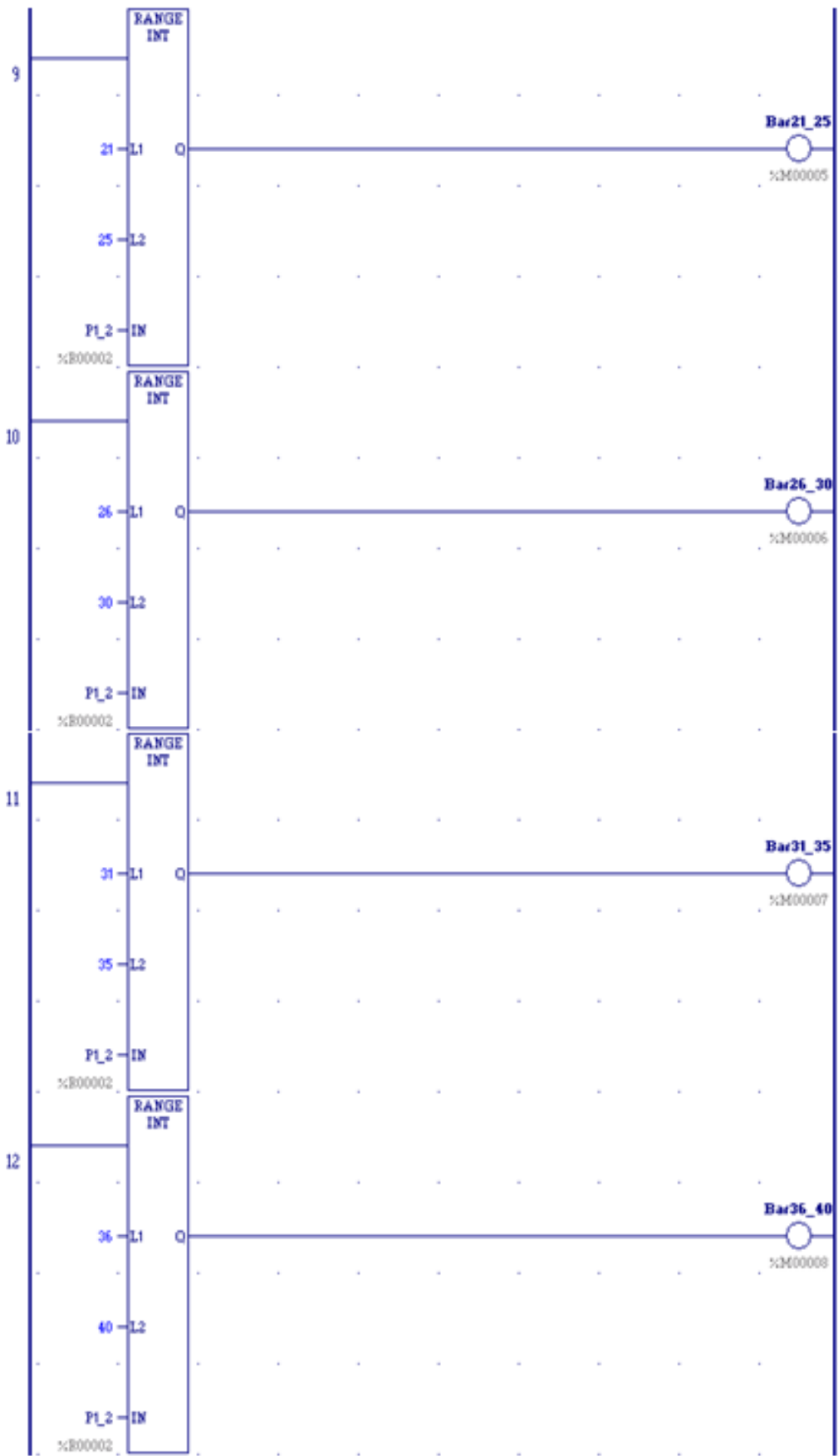
## LAMPIRAN

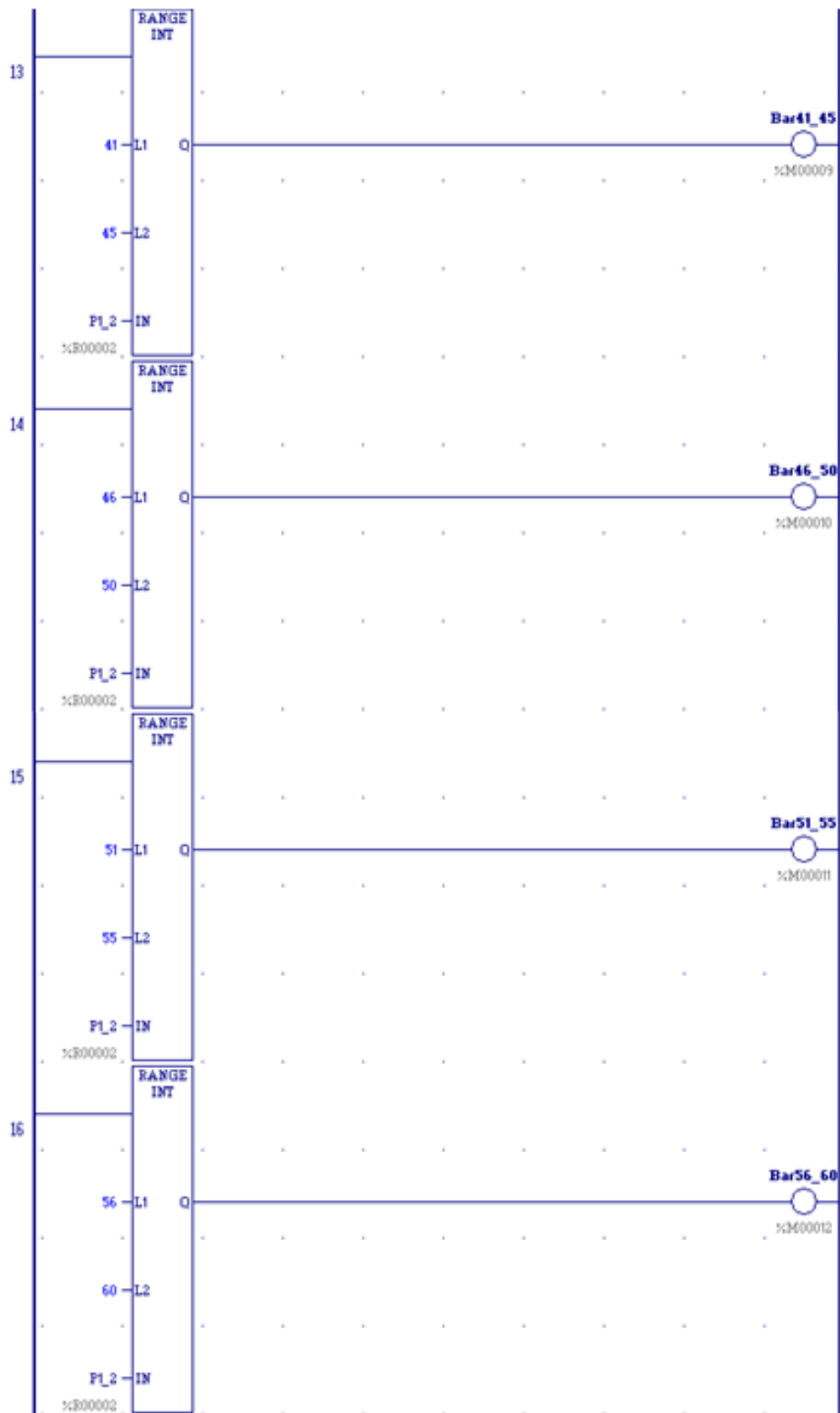
### a. Input Analog



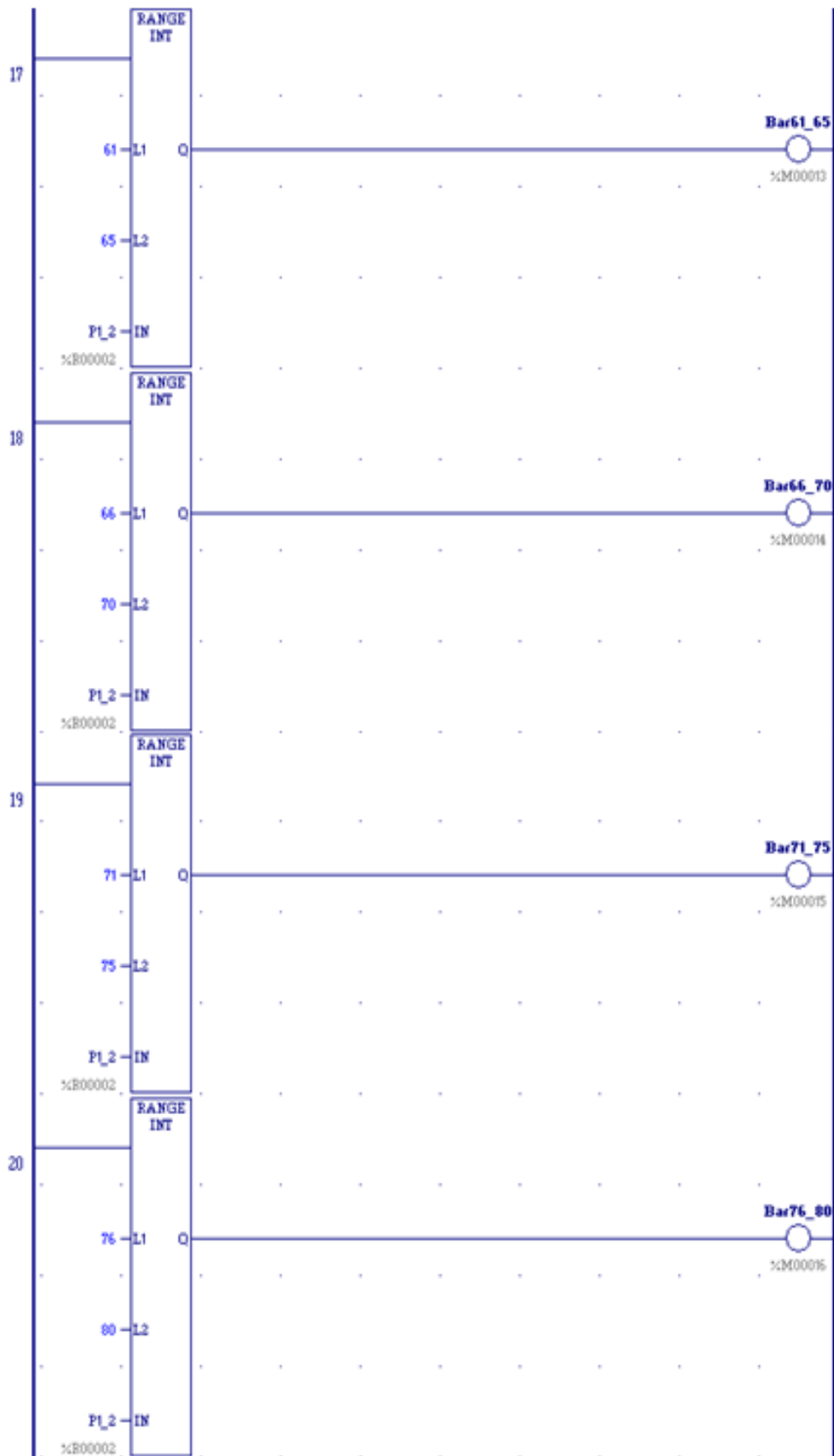
## B.Leader Diaram Metode Rentang Tabel

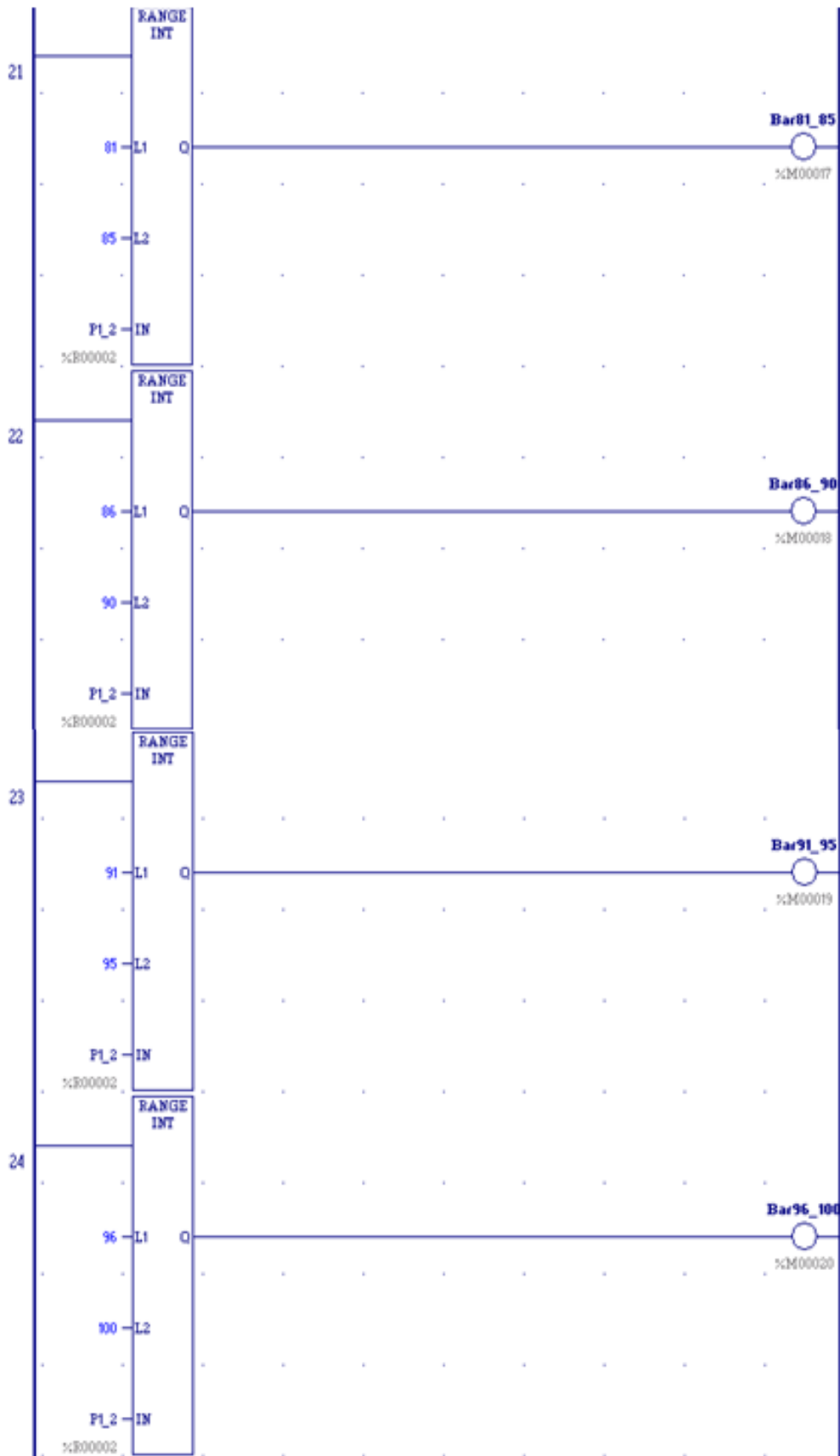


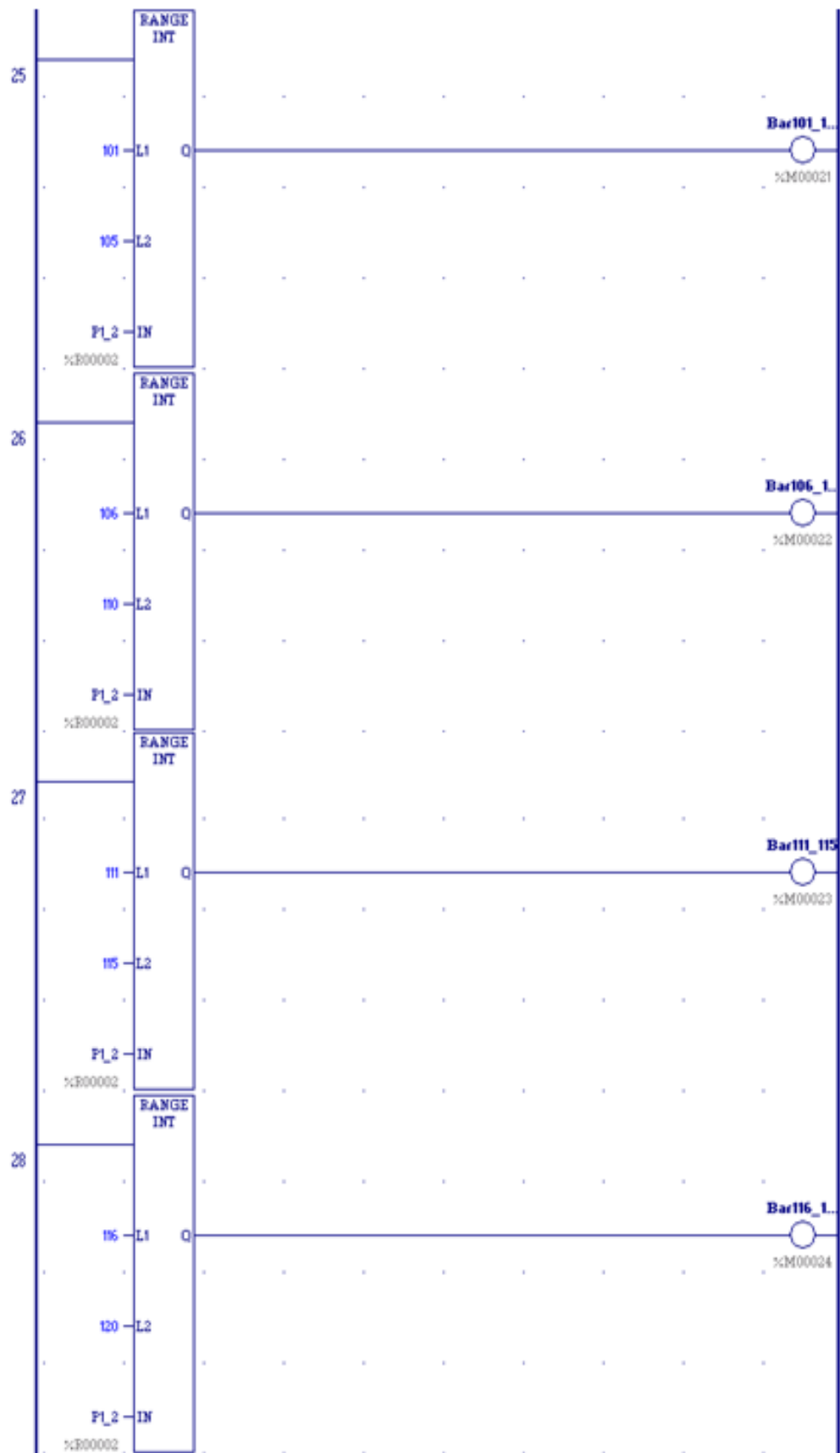


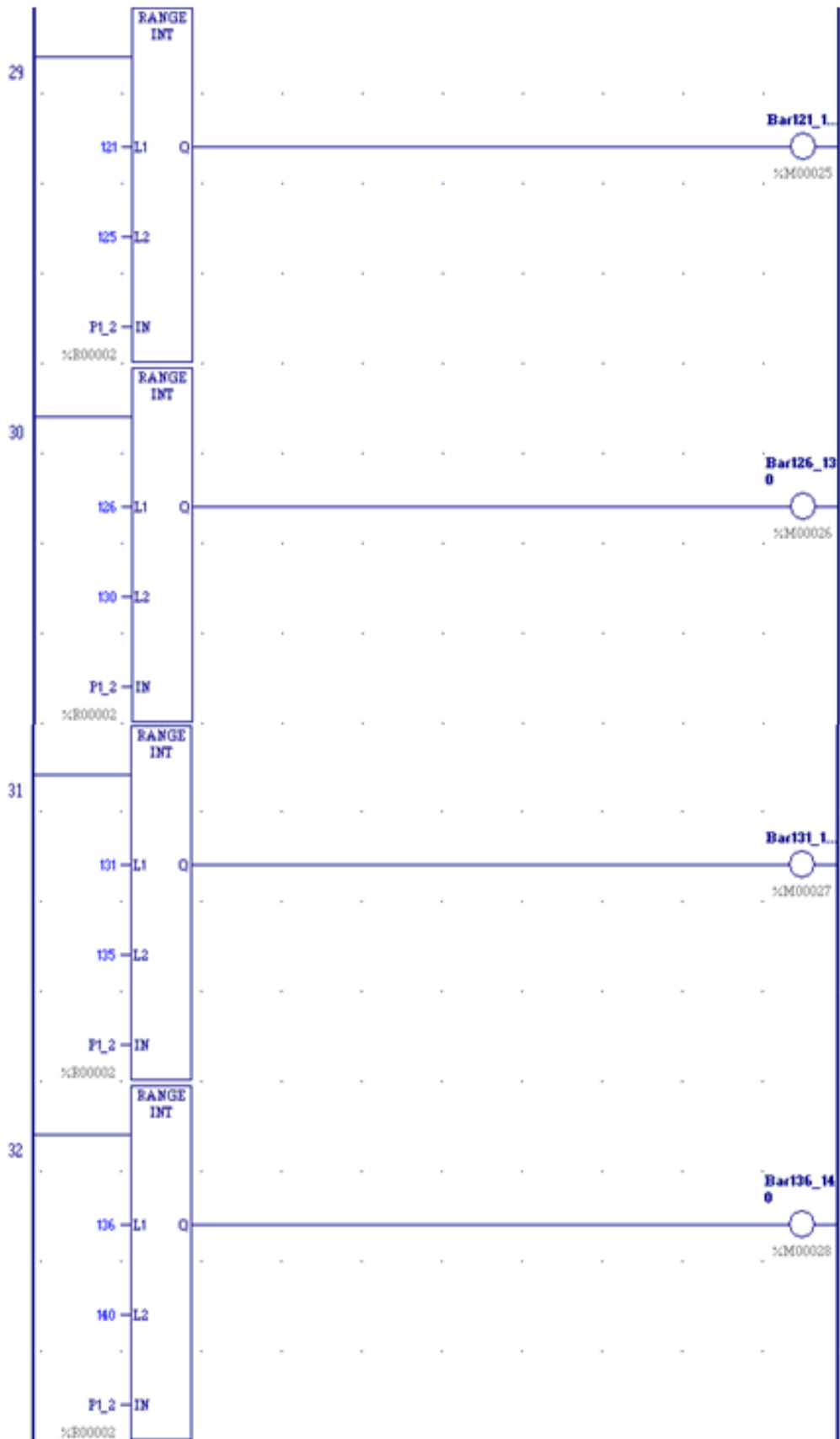


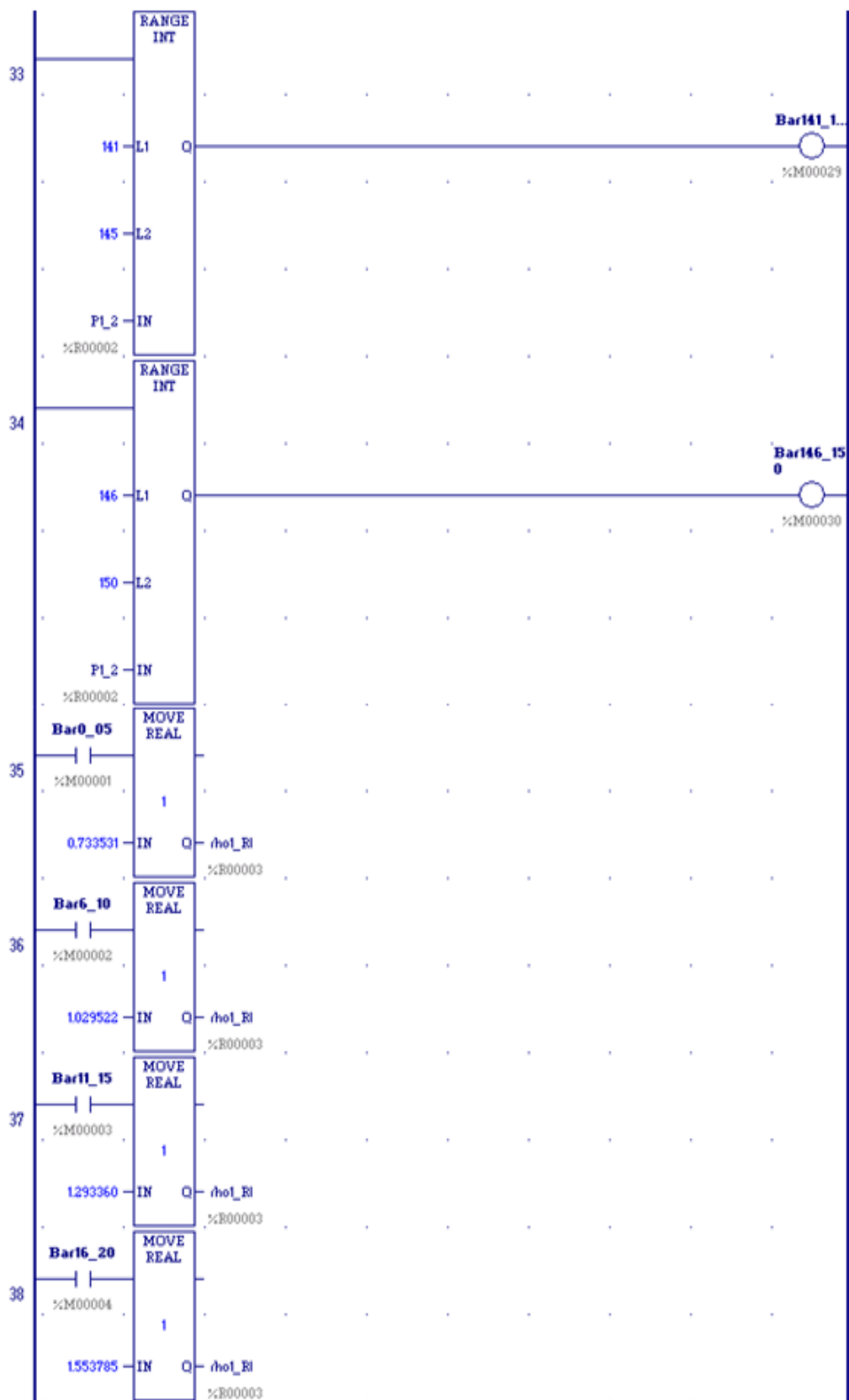


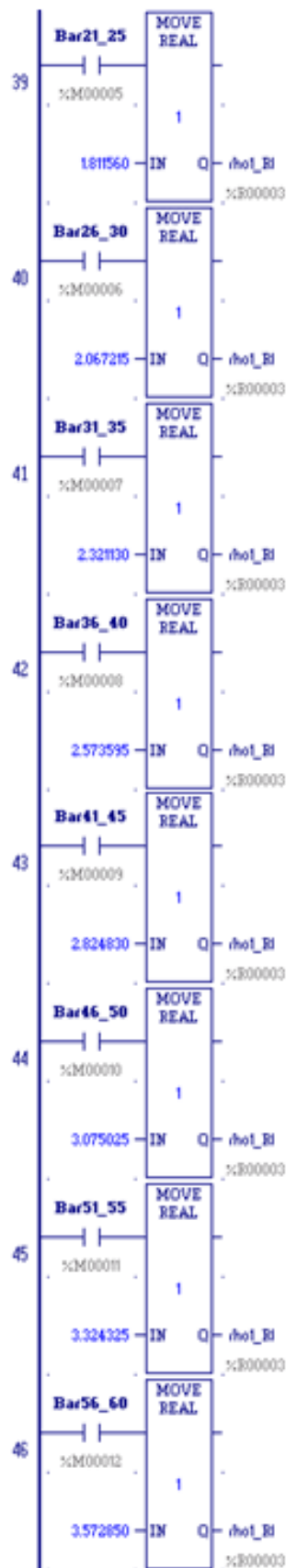


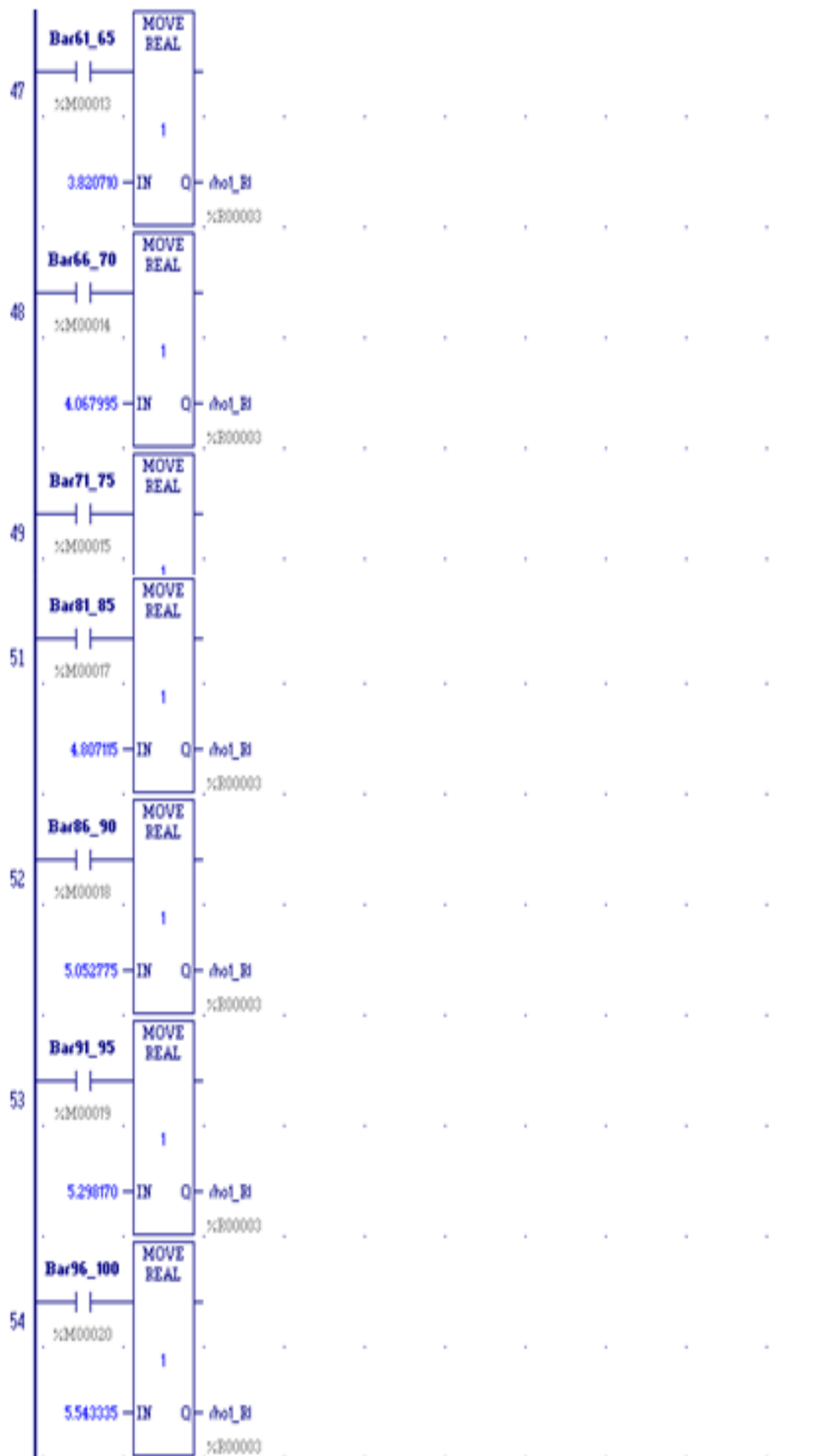


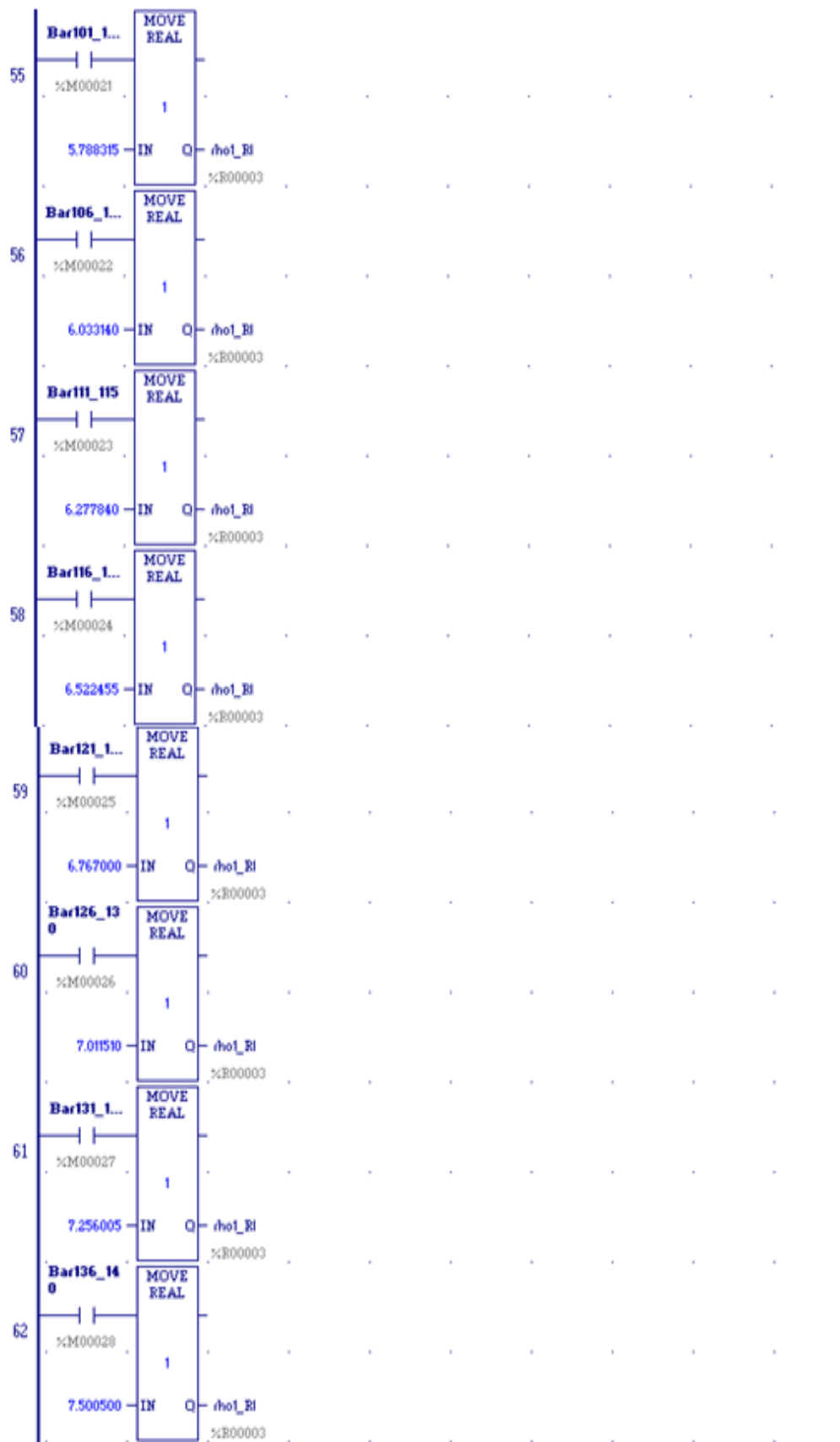
















C. Leader Diagram Metode Regresi Linier

