

**PEMODELAN REGRESI NON LINEAR MENGGUNAKAN
ALGORITMA GENETIKA UNTUK PREDIKSI KEBUTUHAN AIR
PDAM KOTA MALANG**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

VITARA NINDYA PUTRI HASAN

NIM: 125150202111020



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016

PENGESAHAN

PEMODELAN REGRESI NON LINEAR MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA
UNTUK KEBUTUHAN AIR PDAM KOTA MALANG

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :

VITARA NINDYA PUTRI HASAN
NIM: 125150202111020

Skrripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
22 Juli 2016

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.FD
NIP. 19720919 199702 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini 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 disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 1 Januari 2015



NIM: 125150202111020

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat, rahmat, ridho dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul "**Pemodelan Regresi Non Linear Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Prediksi Kebutuhan Air PDAM Kota Malang**" dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian skripsi ini. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy,S.Si.,M.T.,Ph.D., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak sekali memberikan ilmu, membantu dan membimbing serta saran untuk skripsi ini.
2. Seluruh dosen Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang atas segala bimbingan serta ilmu yang telah diajarkan kepada penulis.
3. Orang tua penulis dan saudara penulis, Bapak Drs. Ec. Ahmad Hasan, Spd dan Ibu Siti Marfuah, S.E., dan Syafira Putri Hasan yang memberikan dukungan moral dan material.
4. Teman-teman penulis Aria Bayu, Astanessa, Agnes, Ayu, Yosi, Hanif, Akbar, Bayu, Bila, Tenika, Variska, Alfin, Redila, Levi, Reza dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala bantuan yang diberikan.
5. Sahabat SMA penulis Sarah Khoirunisa, Dhara Anindhita, dan Dewi Fajar terimakasih atas support yang selalu diberikan semoga kelak kita sukses bersama.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi diri sendiri dan bagi semua pihak.

Malang, 26 Maret 2016

Penulis
Vitara Nindya Putri Hasan



ABSTRAK

Vitara Nindya Putri Hasan, 2016. Pemodelan Regresi Non Linear menggunakan Algoritma Genetika untuk Prediksi Kebutuhan Air PDAM Kota Malang.

Dosen Pembimbing : Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D

Kota Malang adalah kota yang selalu mengalami peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya karena banyaknya penduduk yang memilih transmigrasi dan menetap tinggal di Malang. Hal ini disebabkan oleh lokasi Kota Malang yang berada didataran tinggi dan dikelilingi oleh pegunungan sehingga memiliki iklim yang sejuk, selain itu Kota Malang dijuluki sebagai kota pendidikan. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Kota Malang maka meningkat pula kebutuhan konsumen air bersih dari PDAM. Perubahan pemakaian air tersebut jika tidak diolah dengan baik maka akan menyebabkan beberapa persoalan diantaranya apabila PDAM terlalu banyak mendistribusikan air bersih ke konsumen maka akan berakibat pemborosan air dan sebaliknya apabila distribusi air bersih PDAM kurang maka konsumen akan kekurangan air bersih. Oleh karena itu dibutuhkan suatu estimasi untuk memperkirakan dengan tepat seberapa besar volume air yang diperlukan di tahun-tahun berikutnya. Permasalahan tersebut akan dimodelkan dengan persamaan regresi non linear yang terdiri dari variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Solusi yang dapat diberikan adalah dengan memberikan koefisien regresi terbaik menggunakan konsep Algoritma Genetika. Proses reproduksi menggunakan *one-point-crossover* dan *random mutation*, untuk proses seleksinya menggunakan model *elitism selection*. Dari Algoritma Genetika tersebut didapatkan parameter terbaik yaitu ukuran populasi sebanyak 225, generasi terbaik sebanyak 1750 generasi, kombinasi $cr : mr$ adalah 0,6 : 0,4 dengan nilai *fitness* tertinggi yaitu 107.997. Hasil akhir berupa variabel yang menjadi model regresi.

Kata Kunci : Regresi Non Linear, Algoritma Genetika, Prediksi, Pemakaian air PDAM

ABSTRACT

Vitara Nindya Putri Hasan, 2016. Non Linear Regression Modeling using Genetic Algorithm for the Prediction of Water Supplies PDAM Malang.

Advisor : Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D

Malang is a city that the number of people is always increasing every year, because many people choose urbanization and stay in Malang. This is caused by the location of Malang that is located in the highlands and surrounded by mountains so it has a cool climate , furthermore Malang known as the city of education. Along with the increasing population in Malang the consumer water consumption from PDAM also increase. The change of water consumption if it is not treated properly , it will cause some problems when the PDAM has too many of water to distribute to consumers it will result in wastage of water and otherwise if the distribution of water less than normal, then the consumer will get a shortage of water. Therefore it is necessary to estimate for predict exactly how much the water volume needed in subsequent years. This problem will be modeled with non linear regression that consist of the independent variable (X) and the dependent variable (Y). Solution that can be given to provide the best regression coefisient using the concept of Genetic Algorithm. In the reproduction process using one-point-crossover and random mutation, for the selection process using a elitism selection models. Of the genetic algorithm parameters obtained the best population size is 225, the best generation as much as 1750 generation, combination of cr : mr is 0,6 : 0,4 with the highest fitness value is 107.997. The final result is a variable that changed into the regression model.

Keywords : Non Linear Regression, Genetic Algorithm, Predict, Water Consumption



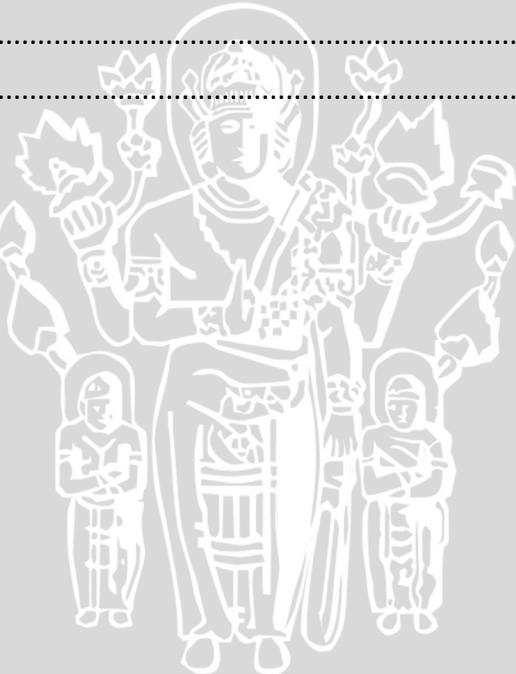
DAFTAR ISI

PENGESAHANii
PERNYATAAN ORISINALITASiii
KATA PENGANTAR.....	.iv
ABSTRAK.....	.v
ABSTRACT.....	.vi
DAFTAR ISIvii
DAFTAR TABEL.....	.x
DAFTAR GAMBAR.....	.xi
DAFTAR LAMPIRANxii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika pembahasan	4
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Air	6
2.2.1 Kebutuhan Air	7
2.2.2 Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM)	8
2.3 Regresi <i>Non Linear</i>	9
2.3.1 Polinomial.....	9
2.4 <i>Mean Square Error</i> (MSE)	10
2.5 Algoritma Genetika	10
2.5.2 Proses pada Algoritma Genetika.....	11
2.5.3 Representasi Kromosom	13
2.5.4 Reproduksi	14
2.5.5 Fungsi Fitness	14
2.5.6 Seleksi.....	15



BAB 3 METODOLOGI	16
3.1 Tahapan Penelitian	16
3.2 Teknik Pengumpulan Data	17
3.3 Algoritma yang Digunakan.....	18
3.4 Kebutuhan Sistem	18
3.4.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	18
3.4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	19
3.5 Pengujian Algoritma.....	19
BAB 4 PERANCANGAN.....	22
4.1 Formulasi Permasalahan.....	22
4.2 Siklus Penyelesaian Pemodelan Regresi <i>Non Linear</i> Menggunakan Algoritma Genetika	25
4.3 Siklus Penyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma Genetika ...	26
4.3.1 Representasi Kromosom, Mencari <i>Error</i> , dan Perhitungan <i>Fitness</i>	26
4.3.2 Inisialisasi Populasi Awal	27
4.3.3 Reproduksi	28
4.3.4 Proses Evaluasi	29
4.3.5 Proses Seleksi	30
4.4 Perancangan <i>User Interface</i>	31
4.4.1 Tampil Halaman Input Parameter dan Data Pemakaian Air	31
BAB 5 IMPLEMENTASI	33
5.1 Struktur <i>Class</i>	33
5.2 Implementasi Program	33
5.2.1 Implementasi Proses Mengambil Data Pemakaian Air.....	33
5.2.2 Implementasi Proses Pembangkitan Populasi Awal	35
5.2.3 Implementasi Proses Perhitungan <i>Error</i> dan <i>Fitness</i>	36
5.2.4 Implementasi Proses <i>Crossover</i>	36
5.2.5 Implementasi Proses Mutasi.....	38
5.2.6 Implementasi Proses seleksi dengan metode Elitism Selection .	39
5.2.7 Implementasi Proses Pengambilan Kromosom Terbaik Sebanyak <i>Popsizze</i> Awal.....	40
5.2.8 Implementasi Proses Iterasi.....	40

BAB 6 Pembahasan	42
6.1 Hasil dan Analisa Uji Coba Banyaknya Periode Pemakaian Air dalam Bulan	42
6.2 Hasil dan Analisa Uji Coba Ukuran Populasi (<i>popSize</i>)	43
6.3 Hasil dan Analisa Uji Coba Banyaknya Generasi	44
6.4 Hasil dan Analisa Uji Coba Kombinasi <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i>	46
6.5 Hasil dan Analisis Perbandingan Regresi <i>Non Linear</i> dengan Algoritma Genetika.....	47
BAB 7 PENUTUP	50
7.1 Kesimpulan.....	50
7.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN	53



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	6
Tabel 3.1 Skenario Pengujian Banyaknya Periode Pemakaian Air Dalam Bulan ..	19
Tabel 3.2 Skenario Pengujian Ukuran Populasi (<i>popSize</i>).....	20
Tabel 3.3 Skenario Pengujian Banyaknya Generasi	21
Tabel 3.4 Skenario Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate (cr)</i> dan <i>Mutation Rate (mr)</i>	21
Tabel 4.1 Pemakaian Air Per 6 Tahun Terakhir	22
Tabel 4.2 Pemakaian Air.....	22
Tabel 4.3 Data Pemakaian Air Berdasarkan Pemakaian 4 Bulan Kebelakang	23
Tabel 4.4 Pembentukan Kromosom.....	26
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Konsumsi Air dan Nilai Error	27
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan <i>Fitness</i>	27
Tabel 4.7 Data Populasi Awal	28
Tabel 4.8 <i>Crossover</i>	28
Tabel 4.9 Mutasi.....	29
Tabel 4.10 Transformasi Kromosom Biner Menjadi Model Regresi <i>Non Linear</i> ..	29
Tabel 4.11 Hasil Evaluasi	29
Tabel 4.12 Hasil Seleksi	30
Tabel 4.13 Kromosom Terbaik	30
Tabel 6.1 Pengujian Banyaknya Periode	42
Tabel 6.2 Skenario Pengujian Ukuran Populasi (<i>popSize</i>).....	43
Tabel 6.3 Pengujian Banyaknya Generasi	45
Tabel 6.4 Hasil Uji Coba Kombinasi <i>Crossover Rate (cr)</i> dan <i>Mutation Rate (mr)</i> ..	46
Tabel 6.5 Detail Error Regresi dan Error Algoritma Genetika	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik pemakaian air PDAM	2
Gambar 2.1 Grafik Fungsi Polinomial Berderajat.....	10
Gambar 2.2 Pseudocode Algoritma Genetika.....	11
Gambar 2.3 Flowchart Proses Algoritma Genetika.....	13
Gambar 2.4 Pseudocode Elitism Selection.....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian.....	16
Gambar 4.1 <i>Pseudocode</i> Sistem.....	25
Gambar 4.2 Rancangan Halaman Input Data Pemakaian Air	31
Gambar 5.1 <i>Class Diagram</i>	33
Gambar 6.1 Grafik Hasil Uji Coba Banyaknya Periode	43
Gambar 6.2 Grafik Hasil Uji Coba Populasi	44
Gambar 6.3 Grafik Hasil Uji Coba Generasi	45
Gambar 6.4 Grafik Hasil Uji Coba Kombinasi <i>Crossover Rate</i> dan <i>Mutation Rate</i>	47
Gambar 6.5 Grafik Hasil Perbandingan Data Aktual, Regresi, dan Algoritma Genetika Dalam Pemakaian Air.....	49



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	53
1. Data Distribusi dan Pemakaian Air PDAM Januari 2008-Desember 2013	53
2. Data periode 2 Bulan	54
3. Data periode 3 Bulan	56
4. Data periode 4 Bulan	58
5. Data periode 5 Bulan	60



BAB 1 PENDAHULUAN

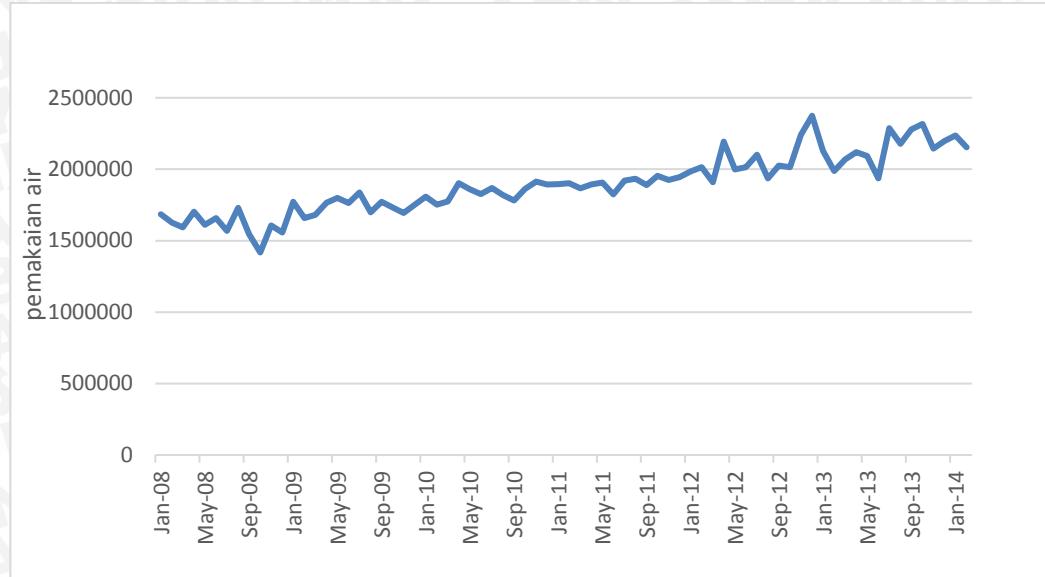
1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan makhluk hidup di bumi mulai dari manusia, hewan, dan tumbuhan ada berbagai senyawa kimia yang dibutuhkan salah satunya air. Air merupakan senyawa kimia H_2O yang terdiri dari H_2 (*hydrogen*) dan O_2 (*oksigen*). Senyawa tersebut adalah komponen yang paling penting untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup selain matahari yang menjadi sumber energi. Demi kelangsungan hidup manusia, hewan, dan tumbuhan memerlukan kebutuhan air yang cukup. Dalam kehidupan sehari-hari makhluk hidup menggunakan air untuk berbagai macam keperluan mulai dari makan, minum, mandi, cuci, bekerja, dan berbagai kebutuhan lainnya. Air bersih adalah air yang telah memenuhi syarat kesehatan dan dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari dalam melakukan berbagai aktifitas (Kesehatan, 1990).

Badan yang menangani air bersih di Indonesia adalah Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). PDAM didirikan di setiap kota di Indonesia sebagai badan yang melayani kebutuhan masyarakat akan air bersih, salah satunya yang ada di kota Malang. Kota Malang adalah kota yang selalu mengalami peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya (Pemerintahan, 2015). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya lokasi Kota Malang yang berada di daratan tinggi dan dikelilingi oleh pegunungan sehingga memiliki iklim yang sejuk, selain itu Malang memiliki fasilitas dan kualitas pendidikan yang memadai sehingga malang dijuluki sebagai kota pendidikan (Indonesia, 2015). Faktor-faktor inilah yang mengakibatkan banyak penduduk untuk memilih transmigrasi dan menetap tinggal di Malang. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Kota Malang maka meningkat pula kebutuhan konsumen akan air bersih dari PDAM (Syaiful & Achmad, 2012). Peningkatan kebutuhan air PDAM di Kota Malang akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.

Berdasarkan uraian singkat di atas maka PDAM harus meningkatkan kebutuhan air bersih setiap tahunnya guna memenuhi kebutuhan air bersih di Kota Malang. Keadaan tersebut menyebabkan beberapa persoalan diantaranya apabila PDAM terlalu banyak mendistribusikan air bersih ke konsumen maka akan mengakibatkan pemborosan pada konsumsi air bersih dan sebaliknya apabila distribusi air bersih PDAM kurang maka akan berakibat banyaknya konsumen yang kekurangan air bersih. Oleh karena itu dibutuhkan suatu estimasi untuk memperkirakan dengan tepat seberapa besar volume air PDAM Kota Malang yang diperlukan untuk melayani kebutuhan air para konsumen PDAM Kota Malang di tahun berikutnya.





Gambar 1.1 Grafik pemakaian air PDAM

Sumber : Diadaptasi dari Irawan, 2014

Untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan suatu analisis kebutuhan air konsumen PDAM dengan melakukan suatu pemodelan dengan metode regresi *non linear* menggunakan algoritma genetika. Regresi *non linear* adalah hubungan antara variable terikat (dependen, Y) dan variabel bebas (independent, X) (Yusnandar, 2004).

Penelitian yang menggunakan metode regresi *non linear* pernah dilakukan oleh Yusnandar (2014) untuk mengetahui sejauh mana aplikasi analisis regresi *non linear* model kuadratik terhadap produksi susu kambing PE selama 90 hari pertama laktasi. Dari hasil pengujian diperoleh persamaan regresi *non linear* model polynomial kuadratik pada analisis data produksi susu kambing PE selama 90 hari pertama laktasi dan tingkat maksimum produksi susu diketahui pada hari ke 20 setelah laktasi.

Pada kasus lain terdapat penelitian yang menggunakan pemodelan regresi *linear* dan algoritma genetika dalam konsumsi KWh listrik di Kota Batu yang dilakukan oleh Permatasari dan Mahmudy (2014). Pada koefisien yang dihasilkan oleh sistem menghasilkan nilai *error* yang lebih rendah dibandingkan dengan persamaan regresi.

Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Stonjovic, et al., (2013) yang bertujuan untuk menentukan model regresi linear (MLR) menggunakan algoritma genetika dalam sistem adaptif untuk bendungan Bocac di sungai Vrbas, Republic of Srpska. Hasil analisis menunjukkan bahwa, dalam periode waktu dimana satu atau lebih sensor yang aktif menunjukkan prediksi lebih baik daripada MLR asli yang mengasumsikan bahwa semua sensor selalu aktif.

Berdasarkan penjelasan diatas bahwa model regresi yang dihasilkan melalui pendekatan algoritma genetika memberikan hasil yang lebih baik dibanding dengan model regresi. Sehingga penulis mengambil judul penelitian "Pemodelan

Model Regresi *Non Linear* Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Kebutuhan Air PDAM Kota Malang". Dalam penelitian ini akan membahas bagaimana membangun model regresi *non linear* dengan algoritma genetika dalam memprediksi kebutuhan air PDAM Kota Malang.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan nilai parameter algoritma genetika yang tepat untuk model regresi *non linear*?
2. Bagaimana perbandingan variabel yang terlibat pada model regresi dan model regresi yang dibentuk menggunakan algoritma genetika?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian dan penulisan skripsi ini adalah:

1. Agar dapat membangun model regresi *non linear* yang dioptimasi menggunakan algoritma genetika pada kasus prediksi kebutuhan air PDAM di Kota Malang.
2. Agar dapat menentukan kromosom untuk kasus prediksi kebutuhan air.
3. Agar dapat mengetahui tingkat akurasi algoritma genetika yang dapat dihasilkan oleh model regresi *non linear*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan suatu metode yang nantinya dapat digunakan dalam melakukan prediksi terhadap kebutuhan air dengan lebih baik. Hasil dari penelitian ini juga bermanfaat bagi instansi PDAM Kota Malang untuk bulan berikutnya sebagai bahan pertimbangan untuk pengambilan keputusan yang akan dilakukan oleh PDAM di masa mendatang serta dapat memberikan solusi bagi konsumen PDAM dalam penggunaan air PDAM di Kota Malang agar lebih optimal.

1.5 Batasan masalah

Batasan masalah yang akan dijadikan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan regresi yang digunakan dalam permasalahan ini adalah persamaan regresi *non linear*.
2. Metode yang dipakai adalah Algoritma Genetika yang dimulai dari proses inisialisasi, reproduksi, evaluasi, dan seleksi.
3. Obyek yang digunakan adalah pemakaian air oleh konsumen PDAM.
4. Data yang di buat acuan pemakaian air oleh konsumen PDAM 6 tahun terakhir, Januari 2008-Desember 2013.



1.6 Sistematika pembahasan

Sistematika pembahasan pada penelitian ini tersusun sebagai berikut:

BAB 1 : Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika pembahasan.

BAB 2 : Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan teori-teori yang erat hubungannya dengan regresi *non linear*, definisi dan konsep Algoritma Genetika dan mengenai kebutuhan air PDAM di Kota Malang.

BAB 3 : Metodologi Penelitian

Bab ini berisi metode yang digunakan dalam penelitian yang terdiri dari studi literature, perancangan sistem perangkat lunak, implementasi sistem perangkat lunak, pengujian dan analisis, serta penulisan laporan.

BAB 4 : Perancangan Sistem

Bab ini berisi perancangan yang terdiri dari formulasi permasalahan, siklus algoritma genetika, siklus penyelesaian masalah menggunakan algoritma genetika, dan perancangan user interface.

BAB 5 : Implementasi

Bab ini berisi penjelasan tentang implementasi perangkat lunak sesuai dengan perancangan sistem yang telah dibuat.

BAB 6 : Pengujian dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang tingkat akurasi dan analisa hasil terhadap metode yang digunakan.

BAB 7 : Penutup

Bab ini menguraikan tentang kesimpulan yang merupakan hasil dari seluruh rangkaian penelitian serta saran untuk pengembangan aplikasi selanjutnya.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kajian Pustaka

PDAM adalah instansi yang didirikan disetiap daerah di Indonesia yang melayani kebutuhan air bersih (Irawan, et al., 2015). Dalam melayani kebutuhan air bersih bagi konsumen PDAM di Kota Malang yang jumlah konsumennya mengalami peningkat dari tahun ke tahun, maka PDAM harus berupaya meningkatkan pasokan distribusi air berish guna memenuhi kebutuhan para konsumen. Dengan berupaya meningkatkan pasokan distribusi air bersih maka akan timbul permasalahan pemborosan air karena jumlah distribusi air PDAM ke konsumen lebih besar daripada jumlah pemakaian air oleh konsumen. Sedangkan apabila pasokan distribusi air PDAM ke konsumen lebih kecil daripada jumlah pemakaian air maka konsumen akan kekurangan air bersih dan mengalami kerugian karena air tidak mengalir.

Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan metode regresi non linier pernah dilakukan oleh Yusnandar (2014) untuk mengetahui sejauh mana aplikasi analisis regresi *non linear* model kuadratik terhadap produksi susu kambing PE selama 90 hari pertama laktasi. Metode regresi *non linear* ini diuji dalam analisis data produksi susu kambing PE selama 90 menggunakan model polynomial kuadratik. Dari hasil pengujian diperoleh persamaan regresi *non linear* model polynomial kuadratik pada analisis data produksi susu kambing PE selama 90 hari pertama laktasi adalah $\hat{Y} = 1.0369 - 0.0073X - 0.0025X^2$ dan tingkat maksimum produksi susu diketahui pada hari ke 20 setelah laktasi.

Pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Arini Indah Permatasari (2014) yang bertujuan unutuk mengetahui prakiraan besarnya konsumsi kWh listrik di Kota Batu menggunakan pemodelan regresi linear dan algoritma genetika. Pada penelitian ini dibentuk persamaan fungis regresi dari variable terikat dan variable bebas dengan menggunakan pemodel regresi linear. Selanjutnya hasil persamaan yang didapat tersebut dilakukan pengoptimasian menggunakan algoritma genetika. Pada penelitian ini dihasilkan 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 tertit tinggi adalah crossover rate sama dengan 0,7 dan mutation rate sama dengan 0,3 dengan rata-rata nilai fitness 0,83175.

Penelitian lain yang pernah dilakukan oleh Stonjovic, et al., (2013) yang bertujuan untuk menentukan model regresi linear (MLR) menggunakan algoritma genetika dalam sistem adaptif untuk bendungan Bocac di Sungai Vrbas, Republic of Srpska. Hasil analisis menunjukkan bahwa, dalam periode waktu di mana satu atau lebih sensor yang aktif menunjukkan prediksi lebih baik daripada model MLR asli yang mengasumsikan bahwa semua sensor selalu aktif. Pada periode yang tanpa melibatkan sensor suhu udara menghasilkan RMSE asli =2.423 sedangkan RMSE adaptif = 0.988. Pada periode ketika sensor suhu udara adalah satu-satunya



sensor yang aktif menghasilkan RMSE asli = 3.718 sedangkan RMSE adaptif = 1.743. Disamping itu, sistem telah menunjukkan kemampuan menolak variabel yang memiliki pengaruh pada model bendungan. Kemampuan ini membuat sistem yang diusulkan berguna untuk kegiatan pemantauan dan sebagai alat peramalan.

Pada penelitian ini, akan dibentuk pemodelan model regresi *non linear* yang dioptimasi dengan algoritma genetika sebagai solusi untuk memperkirakan kebutuhan air PDAM di Kota Malang, model regresi yang dihasilkan nantinya akan dibuat menjadi persamaan untuk mencari perkiraan kebutuhan air di bulan selanjutnya. Perbandingan skripsi penulis dengan penelitian yang sebelumnya ditunjukan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

No.	Judul	Penulis	Perbandingan	
			Kajian Pustaka	Skripsi Penulis
1.	Aplikasi analisis regresi <i>non linear</i> model kuadratik terhadap produksi susu kambing Peranakan etawah (PE) selama 90 hari pertama laktasi	Yusnandar	Analisis regresi <i>non linear</i> model kuadratik menggunakan SPSS	Kombinasi model regresi <i>non linear</i> dengan algoritma genetika
2.	Pemodelan Regresi Linear Dalam Konsumsi KWH Listrik di Kota Batu Menggunakan Algoritma Genetika	Arini Indah Permatasari dan Wayan Firdaus Mahmudy	Melakukan prediksi dengan menggunakan model regresi linear dengan algoritma genetika	Melakukan prediksi dengan menggunakan model regresi <i>non linear</i> dengan menggunakan algoritma genetika
3.	<i>Adaptive System For Dam Behavior Modeling Based In Linear Regression And Genetic Algorithms</i>	B. Stonjovic, M. Milivojevic, M. Ivanovic, N. milivojevic, D. Divac	Membentuk modelan regresi <i>linear</i> dengan algoritma genetika	Membentuk model regresi <i>non linear</i> dengan algoritma genetika

2.2 Air

Menurut peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air (Kesehatan, 1990) pengertian air adalah air minum, air bersih, air kolam renang, dan air pemandian umum. Air minum adalah

air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Air kolam renang adalah air di dalam kolam renang yang digunakan untuk olah raga renang dan kualitasnya memenuhi syarat-syarat kesehatan. Air Pemandian Umum adalah air yang digunakan pada tempat pemandian umum tidak termasuk pemandian untuk pengobatan tradisional dan kolam renang yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan.

2.2.1 Kebutuhan Air

Kebutuhan air merupakan jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup diantaranya keperluan rumah tangga, pengelolaan kota, industri dan lain-lainnya. Kebutuhan air diperlukan untuk berbagai macam tujuan diantaranya kebutuhan domestik dan non domestic (Suryadmaja, et al., 2015). Berikut akan dijelaskan mengenai kebutuhan domestic dan non domestik.

2.2.1.1 Kebutuhan Domestik

Kebutuhan domestik adalah kebutuhan air yang digunakan untuk kebutuhan didalam rumah, diluar rumah, dan kran umum (Suryadmaja, et al., 2015). Kebutuhan air didalam rumah meliputi kebutuhan untuk minum, makan, mandi, cuci, kakus (MCK). Sedangkan kebutuhan air diluar rumah yaitu menyiram tanaman dan kolam renang. Kebutuhan kran umum adalah kran yang dimanfaatkan oleh masyarakat umum.

2.2.1.2 Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air selain pada kebutuhan air domestik yaitu keperluan didalam rumah, diluar rumah, dan kran umum. kebutuhan air non domestik meliputi kebutuhan air untuk industri, kebutuhan air untuk instansi/kantor, dan kebutuhan air untuk fasilitas umum (Suryadmaja, et al., 2015).

Pada suatu daerah, kebutuhan air bersih berubah dari satu waktu ke waktu berikutnya. Hal ini dikarenakan pengguna air bersih disetiap daerah memiliki kebutuhan yang berbeda. Untuk sebuah system penyediaan air, perlu diketahui besarnya kebutuhan dan pemakaian air. Kebutuhan air dipengaruhi oleh besarnya populasi penduduk, tingkat ekonomi dan faktor-faktor lainnya. Menurut Linsley (1968) faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan air bersih adalah:

1. Iklim
Pada iklim yang hangat dan kering memiliki kebutuhan air yang lebih besar daripada iklim yang lembab, dan dingin.
2. Pendapatan penduduk
Pada daerah yang memiliki penduduk dengan rata-rata pendapatan yang rendah pemakaian air bersihnya jauh lebih sedikit daripada di daerah yang memiliki penduduk dengan rata-rata pendapatan yang tinggi.
3. Pertumbuhan penduduk



Suatu daerah yang memiliki tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi akan lebih membutuhkan air bersih yang banyak dibanding dengan suatu daerah yang memiliki tingkat pertumbuhan yang rendah.

4. Keberadaan Industri dan Perdagangan

Suatu daerah yang memiliki perindustrian dan perdagangan yang maju membutuhkan air yang lebih banyak dibandingkan daerah yang memiliki perindustrian dan perdagangan yang rendah.

5. Iuran Air dan Meteran

Apabila harga air mahal, orang akan menghemat pemakaian air dan pelanggan yang pemakaian airnya diukur dengan meteran akan mempergunakan air dengan jarang. Pemasangan meteran pada beberapa kelompok masyarakat telah menurunkan penggunaan air hingga sebanyak 40 persen.

6. Ukuran Kota

Semakin luas sebuah kota maka semakin besar juga kebutuhan air bersih yang dibutuhkan untuk berbagai keperluan. Secara umum, perbedaan itu diakibatkan oleh lebih besarnya pemakaian oleh industri, lebih banyaknya taman-taman, dan lebih banyaknya pemakaian air untuk perdagangan.

2.2.2 Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM)

PDAM adalah perusahaan daerah air minum yang merupakan badan usaha milik negara (BUMN). PDAM didirikan disetiap kota di Indonesia sebagai badan yang melayani kebutuhan masyarakat akan air bersih.

Berdasarkan surat keputusan Menteri dalam negeri dan menteri pekerjaan umum No.5 tahun 1984 pasal 2, yang dimaksut dengan PDAM adalah:

- Perusahaan milik pemerintah daerah yang merupakan suatu alat kelengkapan otonomi daerah.
- Perusahaan daerah air minum yang diselenggarakan atas dasar ekonomi Indonesia berdasarkan Pancasila yang menjamin demokrasi ekonomi yang berfungsi sebagai alat meningkatkan kesejahteraan.

Berdasarkan surat keputusan tersebut diketahui bahwa PDAM adalah perusahaan yang dimiliki oleh pemerintah daerah masing-masing yang hak, wewenang dan kewajiban daerah untuk mengatur dan mengurus rumah tangganya sendiri dengan peraturan perundang undangan yang berlaku. Fungsi PDAM sebagai alat meningkatkan kesejahteraan masyarakat dalam memberikan pelayanan dan memenuhi kebutuhan air bersih.

PDAM Kota Malang adalah Badan Usaha Milik Daerah sebagai sumber penyedia air minum di Kota Malang. Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk Kota Malang maka meningkatnya pula kebutuhan air bersih. Oleh karenanya PDAM Kota Malang berusaha meningkatkan pelayanan pada masyarakat akan pemenuhan kebutuhan air khususnya dalam peningkatan kualitas air bersih (PDAM, 2001). Terdapat 15 Sumber air pdam yang berada di Kota malang ini, yaitu sumber Binaguna Lama, Binagun Baru, Karangan, Sumber Sari, Wendit II, Wendit

III, Banyuning, Badut I, Badut II, Badut III, Sumber Sari I, Sumber Sari II, Istana Dieng, dan Supit Urang (Irawan, et al., 2015).

2.3 Regresi Non Linear

Regresi *non linear* adalah metode untuk mendapatkan model *linear* yang menyatakan variable dependen (Y) dan independent (X). Variabel (X) bersifat tetap dan varaiabel (Y) bersifat random serta mengikuti suatu distribusi tertentu. Pada model *non linear* dalam parameternya bersifat kuadratik dan kubik dengan kurva yang dihasilkan membentuk garis lengkung (Yusnandar, 2004). Regresi *non linear* terdiri dari banyak tipe kurva diantaranya yaitu (Sugiarto, 1992):

- *Polinomial*
- Fungsi perpangkatan
- Fungsi *exponential*
- Fungsi *logarithmic*
- Fungsi *resiprokal*
- Fungsi *trigonometri*

Pada penelitian ini menggunakan model regresi *non linear* polinomial kuadratik. Berikut akan dijelaskan tentang model polinomial.

2.3.1 Polinomial

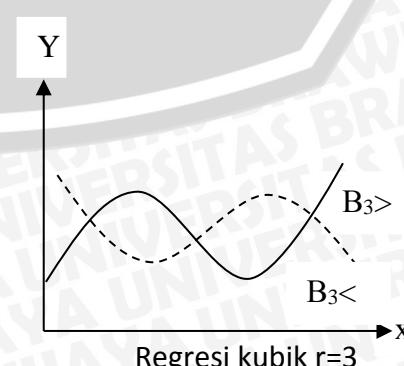
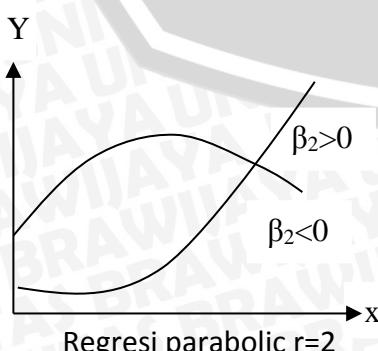
Model polinom mempunyai hanya satu peubah dasar, yaitu (X). Untuk $k=1$ adalah model regresi linear sederhana yang berbentuk garis lurus. Polinomial derajat dua yaitu $k=2$ mempunyai model kuadratik yang berbentuk parabola yang ditunjukan pada persamaan (2-1) (Sugiarto, 1992):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \cdots + \beta_r X^r \quad (2-1)$$

Dimana:

- Y = variabel terikat atau dependen
 X = variabel bebas atau independen
 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r$ = parameter koefisien regresi variabel bebas
 β_0 = konstanta

Pada persamaan diatas koefisien regresi tetap bersifat linear. Pangkat tertinggi dari X adalah r oleh karena itu fungsi ini disebut fungsi polynomial berderajat r (*rth degree polynomial*). Untuk $r = 2$ dan $r = 3$. Bentuk grafik fungsi ini seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik Fungsi Polinomial Berderajat

Sumber : Diadaptasi dari Prajitno, 1981

2.4 Mean Square Error (MSE)

Mean Square Error untuk mengevaluasi metode peramalan yang bertujuan untuk menunjukkan seberapa besar perbedaan hasil estimasi dengan nilai yang diestimasi. Semakin besar nilai MSE maka semakin besar perbedaan hasil estimasi dan nilai yang diestimasi.

Berikut merupakan persamaan (2-2) yang menjelaskan tentang fungsi MSE :

$$MSE = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2} \quad (2-2)$$

Keterangan :

- MSE = Nilai *error* MSE
n = Jumlah pemakaian yang diprediksi
Y = Harga pemakaian sebelumnya
Y' = Hasil prediksi harga pemakaian
i = Indeks

2.5 Algoritma Genetika

Teori dasar Algoritma Genetika dikembangkan oleh John Holland pada tahun 1960-an dan dipopulerkan oleh mahasiswanya yaitu David Goldberg pada tahun 1980-an. Prinsip Algoritma Genetik diambil dari teori evolusi Darwin yaitu “yang kuat adalah yang menang” yang artinya dalam proses seleksi alam hanya individu yang memiliki tingkat kebugaran tinggi yang akan bertahan hidup. Konsep dalam teori Darwin ini kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi untuk mencari solusi suatu permasalahan yang lebih alamiah (Zukri, 2014).

Algoritma Genetika merupakan cabang dari algoritma evolusi yang paling banyak diminati untuk mendapatkan solusi optimal dalam menyelesaikan permasalahan yang memiliki banyak kemungkinan solusi. Pada prinsip kerja Algoritma Genetika meniru proses evolusi biologi, berawal dari individu yang berperan sebagai induk (*parent*) lalu individu-individu tersebut melakukan proses reproduksi yang bertujuan untuk menghasilkan keturunan atau yang biasa disebut sebagai *offspring*. *Parent* dan *offspring* akan berevolusi menghasilkan individu-individu yang mampu beradaptasi dengan lingkungannya. Individu-individu yang mampu beradaptasi dengan lingkungannya akan mempunyai peluang lebih besar untuk seleksi alam dan bertahan hidup (Mahmudy, 2013).

Keuntungan dalam penggunaan Algoritma Genetika yaitu untuk menemukan solusi yang dapat diterima secara cepat dan tepat untuk permasalahan yang mempunyai kesulitan maupun kompleksitas tinggi. Beberapa permasalahan yang dapat diselesaikan dengan Algoritma Genetika antara lain (Mahmudy, 2013):

1. *Travelling Salesman Problem (TSP)*
2. *Flow-Shop Schedulling*
3. *Two-Stage Assembly Flow-Shop Scheduling Proble*



4. Job-Shop Scheduling Problem (JSP)
5. Transportation Problem
6. Flexible Job-Shop Scheduling Problem (FJSP)
7. Multi Travelling Salesman Problem (m -TSP)

2.5.2 Proses pada Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan algoritma pencarian hasil terbaik yang berdasarkan pada seleksi alam dan genetika alam dengan melakukan proses reproduksi atau perkawinan. Pada Algoritma Genetika setiap individu dalam populasi dinamakan kromosom, setiap kromosom mewakili sebuah solusi untuk masalah yang akan dihadapi. Variabel solusi dikodekan ke dalam string yang memetakan barisan gen, yang akan menjadikan karakteristik dari sebuah solusi dari suatu permasalahan (Mahmudy, 2013).

Kromosom-kromosom yang terpilih nantinya akan melakukan proses reproduksi. Pada proses reproduksi kombinasi individu-individu dilakukan secara acak. Proses reproduksi akan menghasilkan struktur gen yang nantinya akan menghasilkan suatu gen yang baru untuk proses selanjutnya yaitu proses seleksi (Mahmudy, 2013).

Pada proses reproduksi menghasilkan gen induk yang terbaik untuk setiap generasi. Dengan mengambil gen induk yang terbaik harapannya akan diperoleh gen *offspring* yang lebih baik, tetapi pada kenyataanya tidak selalu mendapatkan hasil keturunan yang lebih baik dari induknya. Kemungkinan hasil keturunanya bias lebih baik, sama baiknya, atau lebih buruk (Mahmudy, 2013).

Berikut adalah *pseudocode* proses pada Algoritma Genetika yang diawali dari inisialisasi kromosom sampai proses seleksi yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.

```

Procedure Algoritmagenetika
begin
j = 0
inisialisasi  $P(j)$ 
while (bukan kondisi berhenti) do
reproduksi  $I(j)$  dari  $P(j)$ 
evaluasi  $P(j)$  dan  $I(j)$ 
seleksi  $P(j+1)$  dari  $P(j)$  dan  $I(j)$ 
j = j + 1
end while
end

```

Gambar 2.2 Pseudocode Algoritma Genetika

Sumber : Diadaptasi dari Mahmudy, 2013

Pada Algoritma Genetika terdapat beberapa definisi umum yang digunakan diantaranya (Permatasari & Mahmudy, 2014):

1. Gen, merupakan bagian *chromosom* yang memiliki nilai dan membentuk suatu arti tertentu.
2. Kromosom/individu adalah gabungan dari beberapa gen yang memiliki nilai dan mewakili solusi untuk masalah yang akan dihadapi.
3. Populasi adalah gabungan dari individu-individu yang akan diproses bersama dalam satu siklus proses evolusi

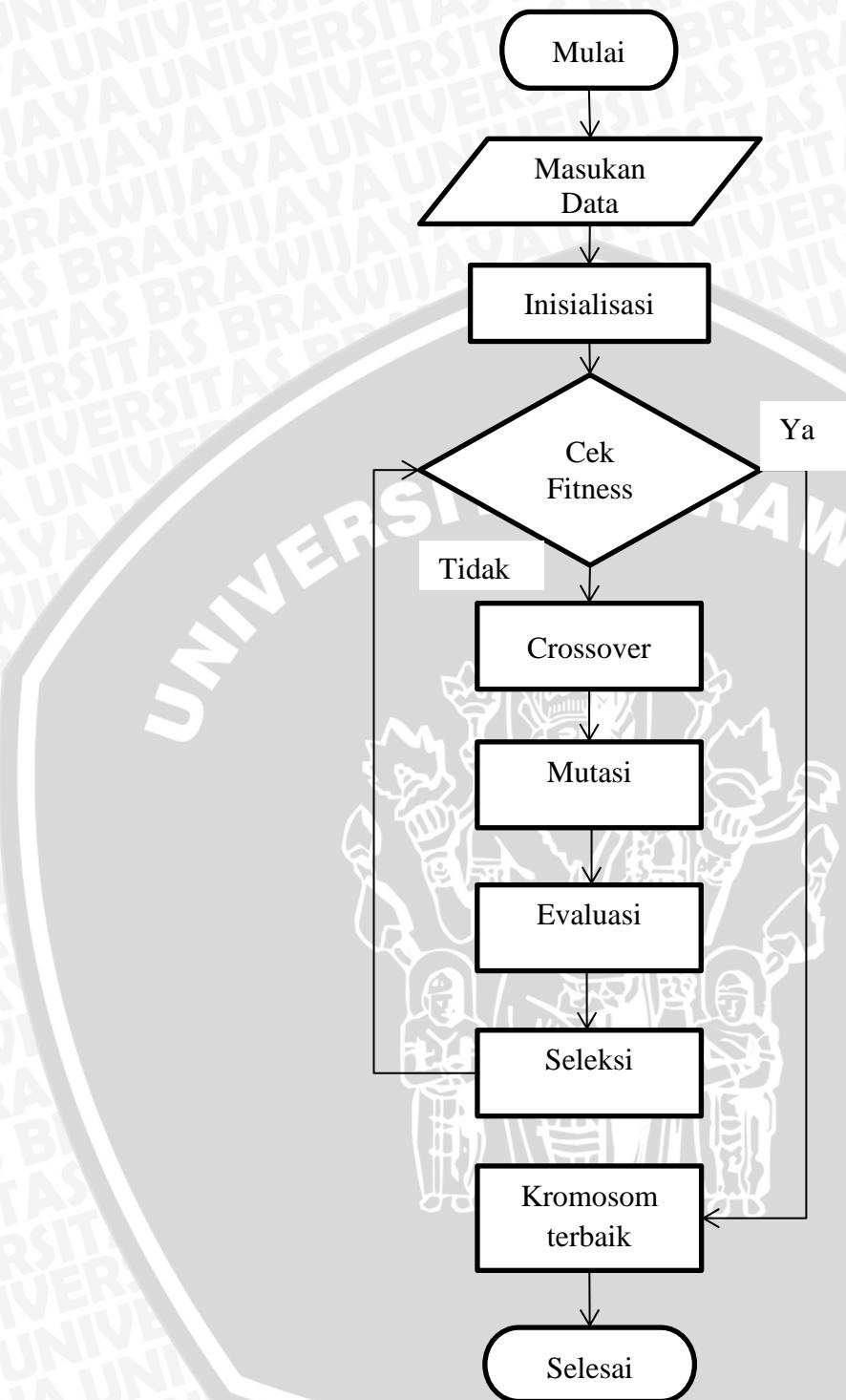


4. *Fitness*, adalah nilai yang menyatakan *baik atau tidaknya* suatu individu yang didapatkan. Semakin baik nilai fitness maka semakin baik chromosome untuk dijadikan calon solusi.
5. *Seleksi* adalah proses untuk memilih calon induk yang *baik untuk tetap dipertahankan*
6. *Crossover* adalah proses perkawinan silang antara gen-gen dari dua induk tertentu.
7. Mutasi adalah proses mengubah nilai salah satu atau lebih gen yang terpilih.
8. Generasi adalah urutan iterasi dimana beberapa kromosom bergabung.
9. *Offspring*, merupakan anak dari perkawinan individu membentuk individu baru atau kromosom baru yang dihasilkan.

Berikut adalah *flowchart* Algoritma Genetika untuk memperjelas proses serta tahapan-tahapan yang harus dilakukan, akan ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Pada proses algoritma genetika pencarian dimulai dengan inisialisasi yaitu membangkitkan individu secara acak yang disebut dengan kromosom. Kromosom-kromosom ini yang akan melambangkan sebuah solusi dari permasalahan dan akan dinilai tingkat kebugarannya. Kromosom yang terpilih untuk bertahan dalam populasi hanya kromosom yang memiliki tingkat kebugaran yang tinggi. Kromosom yang terpilih ini akan melakukan proses reproduksi, yaitu proses perkawinan antar gen dengan tujuan untuk menghasilkan keturunan atau offspring dari parent atau individu yang ada di dalam populasi. Pada Algoritma Genetika terdapat dua proses reproduksi yaitu crossover dan mutasi (Mahmudy, 2013).

Setelah diperoleh hasil *offspring* kemudian dilakukan evaluasi, yaitu untuk menghitung nilai *fitness* dari setiap kromosom. Semakin besar nilai *fitness* maka semakin baik pula kromosom tersebut untuk dijadikan solusi. Terdapat pernyataan bahwa “jika kita memilih yang baik-baik maka semakin lama akan semakin baik”, oleh karena itu dibutuhkan penyeleksian. Proses selanjutnya pada Algoritma Genetika adalah seleksi, proses ini merupakan proses terakhir dari Algoritma Genetika. Proses seleksi adalah proses untuk memilih kromosom-kromosom yang berkualitas yang dapat bertahan hidup pada generasi berikutnya. Kromosom yang mempunyai nilai *fitness* yang lebih besar, maka akan besar pula peluang untuk terpilih (Mahmudy, 2013).



Gambar 2.3 Flowchart Proses Algoritma Genetika

Sumber: Diadaptasi dari Mahmudy, 2013

2.5.3 Representasi Kromosom

Kromosom tersusun dari sejumlah gen yang menjadi calon solusi untuk masalah yang akan dihadapi. Representasi kromosom terdiri dari berbagai bentuk yaitu representasi integer, biner, permutasi, dan *real code* (Mahmudy, 2013).

Representasi yang digunakan pada permasalahan dengan menggunakan pemodelan regresi *non linear* ini adalah representasi bilangan biner. Setiap variabel diwakilkan oleh angka (0) atau (1), jika (0) maka variabel tersebut tidak digunakan dan jika (1) maka variabel tersebut digunakan (Stonjovic, et al., 2013).

2.5.4 Reproduksi

Proses reproduksi adalah suatu proses untuk menciptakan individu baru. Dalam Algoritma Genetika proses reproduksi menggunakan *crossover* dan mutasi. Proses *crossover* yang dipilih menggunakan metode *one-point-crossover* yaitu proses pemilihan dua induk secara acak dari populasi dan menghasilkan offspring (anak) dari kedua induk tersebut (Mahmudy, 2013). Jumlah crossover yang dihasilkan sesuai dengan kemungkinan *offspring* berdasarkan $cr \times popSize$. Setelah dipilih induk kemudian menentukan satu titik potong dimana pada titik potong dilakukan tukar silang terhadap gen, sehingga akan dihasilkan offspring baru hasil crossover (Stonjovic, et al., 2013). Misalkan didapatkan induk 1(P1) dan induk 2 (P2) dengan titik potong [3,3] maka metode *crossover* adalah seperti berikut:

$$P_1 [110|01100100]$$

$$P_2 [011|00010001]$$

Maka akan menghasilkan offspring yaitu sebagai berikut :

$$C_1 [11000010001]$$

$$C_1 [01101100100]$$

Pada mutasi metode yang digunakan adalah dengan *random mutation* yaitu sebuah proses acak dimana memilih salah satu gen didalam kromosom yang ditentukan untuk kemudian dirubah nilainya dari 0 menjadi 1 dan sebaliknya (Mahmudy, 2013). Misal terpilih *parent 1* dengan titik random adalah 4 maka mutasinya akan menjadi seperti berikut :

$$P_1 [110\textcolor{red}{1}1010101]$$

$$C_1 [110\textcolor{red}{0}1010101]$$

2.5.5 Fungsi Fitness

Fungsi *fitness* digunakan untuk mengukur kebaikan solusi yang dibawa oleh suatu individu. Individu terbaik dengan nilai *fitness* yang tinggi cenderung menghasilkan solusi yang terbaik. Fungsi *fitness* yang digunakan untuk masalah pemodelan regresi *non linear* dalam kebutuhan air ditunjukkan pada Persamaan (2.25).

$$fitness = \frac{c}{error} + \frac{1}{1+(\alpha \times n)} \quad (2-3)$$

Dimana :

c = konstanta

n = Jumlah kromosom bernilai 1

$error$ = Nilai MSE yang dihasilkan

= 0,1

2.5.6 Seleksi

Seleksi adalah pemilihan individu-individu dari himpunan populasi dan offspring yang bertujuan untuk mendapatkan keturunan yang lebih baik dari keturunan yang sebelumnya. Seleksi dalam Algoritma Genetika terdapat banyak model diantaranya seleksi roda rolet (*roulette wheel selection*), *elitism selection*, seleksi rangking (*rank selection*), seleksi turnamen (*tournament selection*) dan lain-lain. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *elitism selection* yaitu memilih individu berdasarkan *popSize* terbaik dengan mengurutkan individu-individu dari nilai fitness tertinggi sampai terendah (Mahmudy, 2013). Individu yang lolos seleksi akan menjadi *parent* pada generasi berikutnya. *Pseudocode elitism selection* ditunjukkan pada Gambar 2.4.

```
PROCEDURE SeleksiElitisme
Input:
    POP: individu-individu yang membentuk suatu himpunan dalam populasi
          pop_size: ukuran populasi yang digunakan
          OS: himpunan (offspring) yang didapat dari proses reproduksi menggunakan crossover dan mutasi
Output :
    POP: himpunan individu baru pada populasi yang terbentuk setelah dilakukan proses seleksi
    /*Menempatkan individu POP dan OS ke dalam TEMP*/
    TEMP <- Merge (POP,OS)
    /*Mengurutkan individu berdasarkan nilai fitness dari besar ke kecil dengan cara ascending*/
    OrderAscending (Temp)
    /*Menyimpan individu berdasarkan nilai fitness terbaik kedalam POP*/
    POP <- CopyBest (Temp, pop_size)
END PROCEDURE
```

Gambar 2.4 Pseudocode Elitism Selection

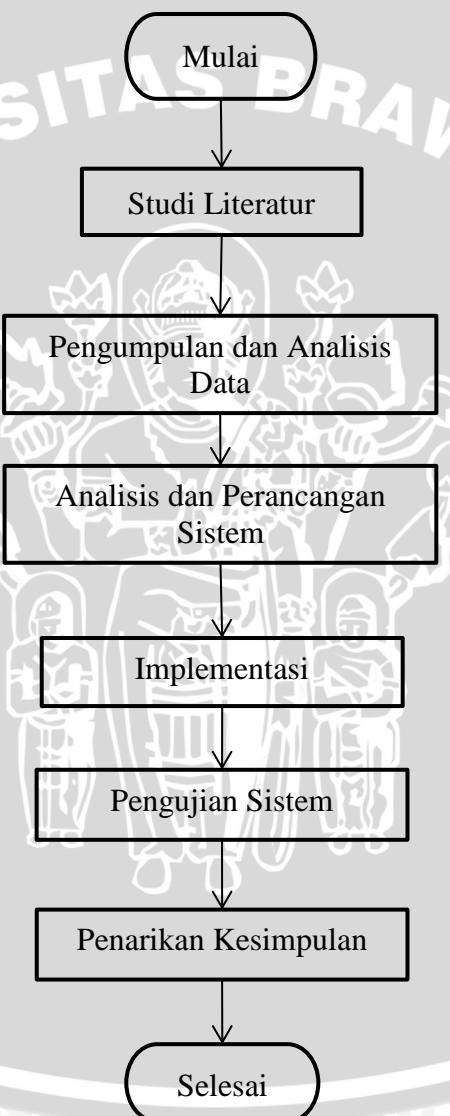
Sumber: Diadaptasi dari Mahmudy, 2013

BAB 3 METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan tahapan susunan kegiatan penelitian membuat sebuah system Algoritma Genetika secara terstruktur serta perancangan system yang baik.

3.1 Tahapan Penelitian

Agar memudahkan dalam memberikan penjelasan metode penelitian yang digunakan, maka akan ditunjukkan diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Sumber: Diadaptasi dari Permatasar dan Mahmudy, 2013

Berdasarkan Gambar 3.1 akan dijelaskan tiap tahapan-tahapan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Dalam penelitian ini studi literatur adalah penelusuran literatur yang bertujuan untuk mempelajari tentang penjelasan dasar teori yang digunakan serta kajian pada penelitian sebelumnya untuk menunjang skripsi. Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi yang bersumber dari buku, naskah penelitian, dan informasi dari internet. Teori-teori yang dibutuhkan untuk menunjang penulisan skripsi diantaranya tentang:

- a. Model regresi *non linear*
- b. Algoritma Genetika, yang digunakan untuk mengoptimasi metode dalam model regresi *non linear* dengan data kebutuhan air PDAM

2. Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data pemakaian Air yang bersumber dari penelitian sebelumnya oleh Irawan, et al., (2015). Data yang diperoleh berupa data pemakaian air PDAM Januari 2008- Desember 2013.

3. Analisis dan Perancangan Sistem

Menganalisis dan merancang system Algoritma Genetika pada pemodelan regresi *non linear*.

4. Implementasi

Mengimplementasikan hasil analisis dan perancangan system dengan membangun sebuah perangkat lunak dengan bahasa pemrograman Java.

5. Pengujian Sistem

Pada tahapan ini penulis melakukan pengujian hasil implementasi sistem yang telah dibangun apakah memenuhi parameter algoritma genetika yang tepat sehingga menghasilkan solusi yang terbaik.

6. Penarikan Kesimpulan

Melakukan evaluasi dan analisis terhadap hasil pengujian perangkat lunak, kemudian ditarik ke dalam sebuah kesimpulan. Kesimpulan diambil untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang berkenaan dengan hasil yang telah dicapai untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi serta untuk memberikan pertimbangan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan adalah data pemakaian air PDAM Januari 2008- Desember 2013. Data tersebut didapat dari penelitian sebelumnya oleh Irawan (2015). Data pemakaian air PDAM yang diolah adalah data pemakaian air oleh pelanggan setiap bulan.

2. Parameter algoritma genetika yang diperlukan berupa jumlah populasi (*popSize*), jumlah generasi, *crossover rate* (cr), dan *mutation rate* (mr).

3.3 Algoritma yang Digunakan

Pada penelitian ini menggunakan algoritma genetika yang seperti telah diuraikan pada Bab 2 telah terbukti efektif digunakan untuk memberikan nilai estimasi yang lebih akurat dengan rata-rata *error* yang lebih kecil dibandingkan estimasi menggunakan linear biasa serta memberikan solusi optimal dalam menyelesaikan permasalahan yang memiliki banyak kemungkinan solusi.

Sistem ini memerlukan beberapa inputan dari *user* yaitu *popSize*, banyaknya generasi, *crossover rate* dan *mutation rate* serta dapat mengolah data kebutuhan air PDAM. Pada inputan yang telah dimasukkan, sistem akan mengolah data tersebut dalam suatu algoritma genetika yang nantinya akan menciptakan persamaan regresi baru untuk menghasilkan prakiraan kebutuhan air PDAM agar nantinya dapat digunakan secara optimal. Dari sisi model regresi *non linear* dibutuhkan beberapa variabel x dan variabel y, setelah itu diolah dari sisi Algoritma Genetika, ditentukan terlebih dahulu berapa kromosom atau gen dalam suatu populasi (*popSize*), setelah itu dibangkitkan kromosom dari *popSize* yang dibentuk, kemudian dilakukan proses reproduksi untuk menghasilkan keturunan baru diperlukan *crossover rate* (cr) dan *mutation rate* (mr), serta ditentukan pula jumlah generasinya. Sistem diharapkan dapat memberikan keluaran berupa solusi yaitu persamaan regresi yang efisien terhadap permasalahan pemodelan regresi *non linear* terhadap prediksi kebutuhan air PDAM.

Implementasi aplikasi yang menerapkan pemodelan model regresi *non linear* menggunakan metode algoritma genetika dilakukan dengan mengacu pada perancangan sistem. Implementasi perangkat lunak dengan menggunakan bahasa pemrograman Java. Implementasi aplikasi meliputi:

1. Pembuatan antarmuka pengguna
2. Pengimplementasian algoritma

3.4 Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem bertujuan untuk mendapatkan kebutuhan yang diperlukan untuk sistem pemodelan regresi *non linear* dengan algoritma genetika dengan obyek pemakaian air PDAM di Kota Malang. Kebutuhan sistem diterapkan sesuai dengan lokasi penelitian, variabel penelitian dan mempersiapkan kebutuhan penelitian.

3.4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam tahap pengembangan perangkat lunak prototype untuk membentuk model regresi *non linear* dengan algoritma genetika sebagai prediksi kebutuhan air adalah sebagai berikut:

1. Processor Intel® Core™ i3-4005U (1.7 GHz, 3MB L3 cache)
2. RAM 2 GB



3. Harddisk dengan kapasitas 500GB

3.4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak yang digunakan sebagai bagian dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Microsoft Windows 8 sebagai sistem operasi yang digunakan
2. Microsoft office 2013 sebagai pengolah dokumentasi dan manual perhitungan
3. Menggunakan Netbeans 8.0.2 untuk membuat aplikasi

3.5 Pengujian Algoritma

Pengujian algoritma digunakan untuk menguji parameter dari algoritma genetika sehingga dapat memberikan solusi terbaik. Parameter algoritma genetika yang diujikan antara lain banyaknya periode pemakaian air dalam bulan, ukuran populasi (*popSize*), banyaknya generasi, dan kombinasi *crossover rate* serta *mutation rate*. Selain pengujian terhadap parameter algoritma genetika, akan dilakukan pengujian terhadap algoritma genetika itu sendiri. Pengujian ini adalah perbandingan hasil regresi dengan algoritma genetika. Penjelasan dari 4 skenario pengujian adalah sebagai berikut:

1. Skenario Pengujian Banyaknya Periode Pemakaian Air Dalam Bulan

Pada skenario pengujian ini akan dilakukan pengujian banyaknya periode kebutuhan air (dalam bulan) terhadap perubahan nilai *fitness*. Banyak periode yang akan diuji adalah 2 bulan kebelakang sampai 10 bulan kebelakang yaitu 2,3,4,5,6,7,8,9,dan 10. Saat melakukan pengujian banyaknya periode kebutuhan air (dalam bulan), ukuran populasi (*popsize*), banyaknya generasi, serta nilai kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) menggunakan nilai hasil dari proses pengujian sebelumnya. Setiap periode yang diuji akan dilakukan 10 kali percobaan. Tabel perancangan skenario pengujian banyaknya periode kebutuhan air (dalam bulan) yang ditunjukan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Skenario Pengujian Banyaknya Periode Pemakaian Air Dalam Bulan

Banyak Periode	Nilai Fitness										Rata-rata nilai fitness	
	Percobaan ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4												
6												
8												
10												
12												
14												

16											
18											
20											

2. Skenario Pengujian Ukuran Populasi (*popSize*)

Pada skenario pengujian ini akan dilakukan pengujian ukuran populasi terhadap nilai *fitness*. Banyaknya ukuran populasi (*popSize*) yang digunakan untuk pengujian ini adalah kelipatan 25 yaitu mulai dari 25 *popSize* sampai 250 *popSize*. Pengujian ukuran populasi (*popSize*) disini digunakan untuk menentukan ukuran populasi (*popSize*) yang akan digunakan selanjutnya. Setiap ukuran populasi yang diuji akan dilakukan 10 kali percobaan. Saat melakukan pengujian ukuran populasi (*popSize*), digunakan jumlah generasi sebanyak 1000 dan nilai *crossover rate* (*cr*) serta *mutation rate* (*mr*) sebesar 0,6 dan 0,4. Tabel perancangan scenario pengujian ukuran populasi (*popSize*) ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Skenario Pengujian Ukuran Populasi (*popSize*)

Banyak PopSize	Nilai <i>Fitness</i>										Rata-rata nilai <i>fitness</i>	rata-rata waktu (detik)		
	Percobaan ke-													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
25														
50														
75														
100														
125														
150														
175														
200														
225														
250														

3. Skenario Pengujian Banyaknya Generasi

Pada skenario pengujian ini akan dilakukan pengujian ukuran generasi terhadap perubahan nilai *fitness*. Jumlah generasi yang digunakan adalah kelipatan 250 mulai dari 250 generasi sampai 2000 generasi. Setiap ukuran banyaknya generasi yang diuji akan dilakukan 10 kali percobaan. Saat melakukan pengujian ukuran populasi (*popSize*), nilai *crossover rate* (*cr*) serta *mutation rate* (*mr*) sebesar 0,6 dan 0,4. Sedangkan ukuran populasi yang digunakan yaitu nilai dari hasil pengujian sebelumnya. Tabel perancangan skenario pengujian ukuran generasi ditunjukkan pada Tabel 3.3.



Tabel 3.3 Skenario Pengujian Banyaknya Generasi

Jumlah Generasi	Nilai Fitness										Rata-rata nilai fitness	
	Percobaan ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
250												
500												
750												
1000												
1250												
1500												
1750												
2000												

4. Skenario Pengujian Kombinasi Crossover Rate (*cr*) dan Mutation Rate (*mr*)

Pada skenario pengujian ini akan dilakukan pengujian kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) terhadap perubahan nilai *fitness*. Nilai kombinasi variabel *mr* dan *cr* yang digunakan adalah selang antara 0 hingga 1. Setiap kombinasi *cr* dan *mr* yang diuji akan dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Banyaknya generasi dan ukuran populasi (*popSize*) yang digunakan dalam pengujian ini merupakan nilai hasil dari pengujian sebelumnya. Tabel perancangan skenario pengujian kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Skenario Pengujian Kombinasi Crossover Rate (*cr*) dan Mutation Rate (*mr*)

Kombinasi		Nilai Fitness										Rata-Rata Nilai Fitness
		Percobaan generasi ke-										
cr	Mr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0											
0.9	0.1											
0.8	0.2											
0.7	0.3											
0.6	0.4											
0.5	0.5											
0.4	0.6											
0.3	0.7											
0.2	0.8											
0.1	0.9											
0	1											

BAB 4 PERANCANGAN

4.1 Formulasi Permasalahan

Pada penelitian prediksi pemakaian air dengan pemodelan regresi *non linear* menggunakan algoritma genetika yaitu berfokus untuk mencari model variabel apa saja yang digunakan. Untuk perhitungan koefisien regresi *non linear* menggunakan *library commons-math 3.3.6*.

Formulasi permasalahan dalam penelitian ini akan dijelaskan kasus yang terkait beserta komputasi perhitungannya. Dimisalkan PDAM ingin memprediksi pemakaian volume air PDAM di Kota Malang dengan berdasarkan data 6 tahun terakhir yang akan ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pemakaian Air Per 6 Tahun Terakhir

THN	PENCAPAIAN PERBULAN DALAM 6 TAHUN TERAKHIR											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES
2008	1684536	1627438	1592618	1702344	1611804	1658421	1568368	1729248	1546298	1417037	1606972	1558064
2009	1773087	1658690	1680750	1765834	1799518	1763284	1837567	1698905	1772154	1732172	1694870	1751939
2010	1807659	1752567	1773785	1901589	1858807	1825106	1869328	1820043	1780592	1861409	1913115	1894268
2011	1894655	1902542	1867345	1893539	1905850	1824748	1920348	1932854	1888674	1953525	1924508	1943646
2012	1986071	2014645	1908264	2192472	1999456	2013574	2102384	1934682	2024783	2014573	2240356	2374281
2013	2127658	1987364	2068653	2118364	2092653	1936538	2287385	2178435	2278648	2317424	2144479	2198034

Pada Tabel 4.1 merupakan Tabel pemakaian air dalam 6 tahun terakhir, untuk menentukan prediksi pemakaian pada bulan berikutnya maka akan diformulasikan ke dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pemakaian Air

No	TAHUN	BULAN	PEMAKAIAN
1	2008	JUNI	1658421
2	2008	JULI	1568368
3	2008	AGUSTUS	1729248
4	2008	SEPTEMBER	1546298
5	2008	OKTOBER	1417037
6	2008	NOVEMBER	1606972
7	2008	DESEMBER	1558064
8	2009	JUNI	1763284
9	2009	JULI	1837567
10	2009	AGUSTUS	1698905
11	2009	SEPTEMBER	1772154
12	2009	OKTOBER	1732172
13	2009	NOVEMBER	1694870
14	2009	DESEMBER	1751939
15	2010	JUNI	1825106
16	2010	JULI	1869328



17	2010	AGUSTUS	1820043
18	2010	SEPTEMBER	1780592
19	2010	OKTOBER	1861409
20	2010	NOVEMBER	1913115
21	2010	DESEMBER	1894268
22	2011	JUNI	1824748
23	2011	JULI	1920348
24	2011	AGUSTUS	1932854
25	2011	SEPTEMBER	1888674
26	2011	OKTOBER	1953525
27	2011	NOVEMBER	1924508
28	2011	DESEMBER	1943646
29	2012	JUNI	2013574
30	2012	JULI	2102384
31	2012	AGUSTUS	1934682
32	2012	SEPTEMBER	2024783
33	2012	OKTOBER	2014573
34	2012	NOVEMBER	2240356
35	2012	DESEMBER	2374281
36	2013	JUNI	1936538
37	2013	JULI	2287385
38	2013	AGUSTUS	2178435
39	2013	SEPTEMBER	2278648
40	2013	OKTOBER	2317424
41	2013	NOVEMBER	2144479
42	2013	DESEMBER	2198034

Berdasarkan Tabel 4.2 selanjutnya akan dibentuk Tabel 4.3 untuk mendapatkan prediksi pemakaian bulan berikutnya berdasarkan pemakaian 4 bulan ke belakang. Pembentukan data historis pemakaian air ditentukan berdasarkan periodenya (X). Dengan periode tertentu (X) data satu bulan membutuhkan pemakaian air sejumlah banyaknya periode lebih 1(Y). Sehingga dengan data pemakaian air 4 periode (4X), data pemakaian pada bulan ini diprediksi berdasarkan data 1 bulan, 2 bulan, 3 bulan, sampai 4 bulan ke belakang. Permasalahan tersebut akan diformulasikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Pemakaian Air Berdasarkan Pemakaian 4 Bulan Kebelakang

No	Bln-Thn	Y	X1	X2	X3	X4
1	Mar-13	2068653	1987364	2127658	2374281	2240356
2	Apr-13	2118364	2068653	1987364	2127658	2374281
3	May-13	2092653	2118364	2068653	1987364	2127658
4	Jun-13	1936538	2092653	2118364	2068653	1987364
5	Jul-13	2287385	1936538	2092653	2118364	2068653

6	Aug-13	2178435	2287385	1936538	2092653	2118364
7	Sep-13	2278648	2178435	2287385	1936538	2092653
8	Oct-13	2317624	2278648	2178435	2287385	1936538
9	Nov-13	2144479	2317624	2278648	2178435	2287385
10	Dec-13	2198034	2144479	2317624	2278648	2178435

Pada data yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 akan dilakukan pembentukan fungsi regresi menggunakan persamaan (2-1) yang dijabarkan pada bab sebelumnya, maka pembentukan regresi yang terbentuk dari Tabel 4.3 ditunjukkan pada persamaan (4-1).

$$Y' = 101129951.1 - 27.97564522 X_1 - 33.00710196 X_2 - 14.39848558 X_3 - 16.60370498 X_4 + 6.46142E - 06 X_1^2 + 7.80195E - 06 X_2^2 + 3.29401E - 06 X_3^2 + 3.74523E - 06 X_4^2 \quad (4-1)$$

Setelah didapat fungsi regresi pemakaian air pada persamaan (4-1) selanjutnya akan dihitung nilai *error* yang mengacu pada persamaan MSE yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya yaitu persamaan (2-2)

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2} \\ &= \frac{1}{10} \{(2068653) - (2126138.252))^2 + (2118364) - (2093626.805))^2 + \\ &\quad (2092653) - (1992019.759))^2 + (1936538) - (2077673.937))^2 + \\ &\quad (2287385) - (2239674.828))^2 + (2178435) - (2213060.134))^2 + \\ &\quad (2278648) - (2296093.025))^2 + (2317624) - (2244857.398))^2 + \\ &\quad (2144479) - (2179962.246))^2 + (2198034) - (2158068.836))^2 \\ &= \frac{1}{10} \sqrt{45893625478} \\ &= 21422.79755 \end{aligned}$$

Bln-Thn	Y	X1	X2	X3	X4	x_1^2	x_2^2	x_3^2	x_4^2	Y'	Y-Y'
Mar-13	2068653	1987364	2127658	2374281	2240356	3.95E+12	4.53E+12	5.64E+12	5.02E+12	2.13E+06	3304554215
Apr-13	2118364	2068653	1987364	2127658	2374281	4.28E+12	3.95E+12	4.53E+12	5.64E+12	2.09E+06	611928834.7
May-13	2092653	2118364	2068653	1987364	2127658	4.49E+12	4.28E+12	3.95E+12	4.53E+12	1.99E+06	10127049104
Jun-13	1936538	2092653	2118364	2068653	1987364	4.38E+12	4.49E+12	4.28E+12	3.95E+12	2.08E+06	19919352787
Jul-13	2287385	1936538	2092653	2118364	2068653	3.75E+12	4.38E+12	4.49E+12	4.28E+12	2.24E+06	2276260466
Aug-13	2178435	2287385	1936538	2092653	2118364	5.23E+12	3.75E+12	4.38E+12	4.49E+12	2.21E+06	1198899871
Sep-13	2278648	2178435	2287385	1936538	2092653	4.75E+12	5.23E+12	3.75E+12	4.38E+12	2.30E+06	304328914.4
Oct-13	2317624	2278648	2178435	2287385	1936538	5.19E+12	4.75E+12	5.23E+12	3.75E+12	2.24E+06	5294978368
Nov-13	2144479	2317624	2278648	2178435	2287385	5.37E+12	5.19E+12	4.75E+12	5.23E+12	2.18E+06	1259060751
Dec-13	2198034	2144479	2317624	2278648	2178435	4.60E+12	5.37E+12	5.19E+12	4.75E+12	2.16E+06	1597212167

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2} = 21422.79755$$

4.2 Siklus Penyelesaian Pemodelan Regresi Non Linear Menggunakan Algoritma Genetika

Pada subbab ini akan dibahas pemodelan regresi *non linear* pada pemakaian air dengan menggunakan algoritma genetika. Proses pemodelan regresi dengan algoritma genetika akan dideskripsikan pada *pseudocode* Gambar 4.1.

```
Procedure Pemodelan Regresi Linear dengan Algoritma Genetika
begin
    t = data history air
    inisialisasi parameter
    pemodelan regresi
    inisialisasi P(t)
    while (bukan kondisi stop) do
        reproduksi C(t) dari P (t)
        crossover
        mutasi
        evaluasi P(t) dan C(t)
        seleksi P(t+1) dari P(t) dan C(t)
        t = t + 1
    end while
    prediksi regresi non linear baru
end
```

Gambar 4.1 *Pseudocode* Sistem

Berikut penjabaran *pseudocode* yang telah dibuat :

1. Data histori pemakaian air berdasarkan 6 tahun terakhir terhitung dari tahun 2008 sampai 2013.
2. Inisialisasi Parameter awal:
 - Jumlah ukuran populasi (*popSize*)
 - Jumlah generasi
 - *Crossover rate (cr)*
 - *Mutation rate (mr)*
3. Data histori pemakaian air diloah dalam bentuk fungsi regresi *non linear*.
4. Generate populasi awal sebanyak jumlah populasi yang telah ditentukan.
5. Membuat populasi baru dengan menggunakan proses berikut sebanyak jumlah generasi yang ditentukan :
 - Melakukan proses reproduksi dengan proses *crossover*, metode yang digunakan adalah *one-cut-crossover* berdasarkan *cr* yang telah ditentukan sebelumnya.
 - Proses mutasi dengan metode *random mutation* berdasarkan *mr* yang telah ditentukan sebelumnya.
 - Masing-masing kromosom dihitung nilai *fitnessnya*.
 - Proses evaluasi dari individu awal (parent) dan *offspring*.
 - Melakukan proses seleksi dengan metode *elitism selection* untuk menentukan individu sebanyak ukuran populasi awal pada generasi selanjutnya.
6. Hasil akhir adalah kromosom terbaik pada akhir generasi, serta menghasilkan regresi *non linear* yang baru.



4.3 Siklus Penyelesaian Masalah Menggunakan Algoritma Genetika

Permasalahan dalam memprediksi pemakaian air menggunakan model regresi *non linear* dengan algoritma genetika dapat dijabarkan dengan perhitungan manual yang seperti telah dijelaskan pada Gambar 4.1. Sebagai contoh dalam perhitungan ini akan menggunakan contoh data pada Tabel 4.3. Berikut inisialisasi parameter awalnya :

- Jumlah Generasi = 1
- Ukuran Populasi (popSize) = 5
- Crossover rate (cr) = 0,6
- Mutation rate (mr) = 0,4

4.3.1 Representasi Kromosom, Mencari Error, dan Perhitungan Fitness

Kromosom tersusun atas bilangan biner acak yang menyatakan orde periode data yang berpengaruh pada prediksi pemakaian air dengan model regresi *non linear*. Panjang kromosom dalam satu individu adalah dua kali jumlah periode data dimana x_1, x_2, x_3, x_4 adalah data aktual pemakaian air dan $x_1^2, x_2^2, x_3^2, x_4^2$ adalah hasil perhitungan pangkat dari data aktual x_1, x_2, x_3, x_4 . Sehingga dalam menentukan model regresi *non linear* pada Tabel 4.4 indeks ke-1 hingga ke-8 menyatakan periode data yang akan digunakan apabila nilai biner bernilai 1 dan apabila biner bernilai 0 maka tidak digunakan (Stonjovic, et al., 2013). Detail pembentukan kromosom akan ditampilkan pada Tabel 4.4 dengan didapatkan model regresi *non linear* (x_3 dan x_4).

Tabel 4.4 Pembentukan Kromosom

Kromosom								Model Rregresi
1	2	3	4	5	6	7	8	
x_1	x_2	x_3	x_4	x_1^2	x_2^2	x_3^2	x_4^2	
0	0	1	1	0	0	0	0	[x_3],[x_4]

Pada Pembentukan kromosom Tabel 4.4 didapatkan representasi model regresi *non linear* dan modelnya, lalu menghitung prediksi pemakaian air PDAM dengan fungsi regresi *non linear* menggunakan kromosom yang ada di Tabel 4.4 dengan menggunakan nilai-nilai yang ada pada persamaan (4-1). Pada perhitungan P1 menggunakan model regresi [x_3] dan [x_4] dengan menggunakan nilai-nilai yang ada pada persamaan (4-1), berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 Y'_1 &= 101129951.1 + (0 * 1987364) + (0 * 2127658) + (-14.39848558 * \\
 &2374281) + (-16.60370498 * 2240356) + (0 * 3.94962E + 12) + \\
 &(0 * 4.52693E + 12) + (0 * 5.63721E + 12) + (0 * 5.0192E + 12) \\
 Y'_1 &= 29745690.28
 \end{aligned}$$

Setelah didapat prediksi pemakaian air dengan fungsi regresi selanjutnya akan dihitung nilai *error* yang mengacu pada persamaan MSE yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya yaitu persamaan (2-2).



$$\begin{aligned}
 \varepsilon &= \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'i)^2} \\
 &= \frac{1}{10} \{(2068653) - (29745690.28))^2 + (2118364) - (31073036.80))^2 + \\
 &\quad (2092653) - (37187913.47))^2 + (1936538) - (38346875.17))^2 + \\
 &\quad (2287385) - (36281413.47))^2 + (2178435) - (35826226.16))^2 + \\
 &\quad (2278648) - (38500943.59))^2 + (2317624) - (36041365.53))^2 + \\
 &\quad (2144479) - (31784720.45))^2 + (2198034) - (32150778.67))^2 \\
 &= \frac{1}{10} \sqrt{10674605519402600} \\
 &= 10331798.26
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Konsumsi Air dan Nilai Error

Bln-Thn	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	Y'P1	Y-Y'P1
Mar-13	2068653	1987364	2127658	2374281	2240356	3.950E+12	4.527E+12	5.637E+12	5.019E+12	29745690.28	7.660E+14
Apr-13	2118364	2068653	1987364	2127658	2374281	4.279E+12	3.950E+12	4.527E+12	5.637E+12	31073036.8	8.384E+14
May-13	2092653	2118364	2068653	1987364	2127658	4.487E+12	4.279E+12	3.950E+12	4.527E+12	37187913.47	1.232E+15
Jun-13	1936538	2092653	2118364	2068653	1987364	4.379E+12	4.487E+12	4.279E+12	3.950E+12	38346875.17	1.326E+15
Jul-13	2287385	1936538	2092653	2118364	2068653	3.750E+12	4.379E+12	4.487E+12	4.279E+12	36281413.47	1.156E+15
Aug-13	2178435	2287385	1936538	2092653	2118364	5.232E+12	3.750E+12	4.379E+12	4.487E+12	35826226.16	1.132E+15
Sep-13	2278648	2178435	2287385	1936538	2092653	4.746E+12	5.232E+12	3.750E+12	4.379E+12	38500943.59	1.312E+15
Oct-13	2317624	2278648	2178435	2287385	1936538	5.192E+12	4.746E+12	5.232E+12	3.750E+12	36041365.53	1.137E+15
Nov-13	2144479	2317624	2278648	2178435	2287385	5.371E+12	5.192E+12	4.746E+12	5.232E+12	31784720.45	8.785E+14
Dec-13	2198034	2144479	2317624	2278648	2178435	4.599E+12	5.371E+12	5.192E+12	4.746E+12	32150778.67	8.972E+14

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'i)} = 10331798.26$$

Hasil perhitungan MSE akan digunakan untuk perhitungan *fitness*. Berikut perhitungan nilai *fitness*:

$$\begin{aligned}
 fitness &= \frac{10000000}{error} + \frac{1}{1 + (\alpha \times n)} \\
 &= \frac{10000000}{10331798.26} + \frac{1}{1 + (0.1 \times 2)} = 0.930121905
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan fitness dari pembentukan kromosom sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Fitness

Kromosom								model regresi	Fitness
1	2	3	4	5	6	7	8		
x1	X2	X3	x4	x1 ²	x2 ²	x3 ²	x4 ²	[x3],[x4]	0.930121905
0	0	1	1	0	0	0	0		

4.3.2 Inisialisasi Populasi Awal

Inisialisasi populasi awal merupakan pembentukan kromosom-kromosom sebanyak jumlah populasi yang telah ditemukan pada awal pembuatan

parameter. Ukuran populasi atau sering disebut dengan *popSize* pada permasalahan kali ini dibuat sebanyak 5 populasi yang dibangkitkan secara acak yaitu [1] dan [0] (Stonjovic, et al., 2013). Representasi kromosom awal akan ditunjukan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Populasi Awal

Individu	Kromosom								
	P(t)	x1	X2	X3	x4	$x1^2$	$x2^2$	$x3^2$	$x4^2$
P1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
P2	1	1	0	0	1	0	0	1	
P3	0	1	1	1	1	0	0	0	
P4	0	0	0	0	1	1	0	0	
P5	1	0	0	0	0	0	0	1	

4.3.3 Reproduksi

Tahapan selanjutnya setelah inisialisasi populasi awal adalah reproduksi. Proses reproduksi merupakan proses individu untuk menghasilkan keturunan baru. Pada proses reproduksi dibagi menjadi 2 metode yaitu, yaitu *crossover* dan *mutation* (Stonjovic, et al., 2013). Kedua metode tersebut akan menghasilkan anak atau *offspring*.

4.3.3.1 Crossover

Pada kasus ini metode *crossover* yang dipilih adalah metode *one-cut-point crossover*, yaitu dengan memilih dua induk secara acak dari populasi yang telah dibentuk, setelah itu menentukan titik sebagai *cut point*, gen yang berada di titik potong akan dipindah silang, dan hasilnya akan didapat anak (*offspring*) dari kombinasi kedua induk tersebut (Stonjovic, et al., 2013). Pada penelitian ini populasi awal sebanyak 5 individu dengan *crossover rate* (cr) sebanyak 0,6 maka akan menghasilkan *offspring* $0,6 \times 5 = 3$. Berikut akan ditunjukan proses *one cut point cross* pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Crossover

P1	0	0	1	1	0	0	0	0
P3	0	1	1	1	1	0	0	0
C1	0	0	1	1	1	0	0	0
C2	0	1	1	1	0	0	0	0
P2	1	1	0	0	1	0	0	1
P5	1	0	0	0	0	0	0	1
C3	1	1	0	0	0	0	0	1

4.3.3.2 Mutasi

Proses mutasi yang digunakan adalah *random mutation* yaitu dengan memilih satu induk secara acak dari populasi, kemudian menentukan titik mutasi. Setelah titik itu terpilih maka dilakukan mutasi terhadap gen yang apabila nilai awal

bernilai 1 maka berubah menjadi 0, begitu juga sebaliknya (Stonjovic, et al., 2013). Dengan mutation rate sebesar 0.4 maka banyaknya *offspring* yang dihasilkan adalah $0.4 \times 5 = 2$. Proses mutasi akan ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Mutasi

P4	0	0	0	0	1	1	0	0
C4	0	0	0	1	1	1	0	0

P5	1	0	0	0	0	0	0	1
C5	1	0	0	1	0	0	0	1

4.3.4 Proses Evaluasi

Proses evaluasi merupakan proses untuk menghitung nilai *fitness* dari seluruh kromosom yang ada baik itu *parent* maupun *offspring*. Pada proses evaluasi kromosom yang terpilih untuk dijadikan solusi selanjutnya adalah kromosom yang memiliki nilai *fitness* lebih baik. Proses menghitung nilai *fitness* yaitu dengan menghitung nilai *error* terkecil dari kemungkinan model yang terbentuk dari kromosom. Oleh karena itu kromosom yang dibangun dengan biner diubah kedalam kemungkinan model regresi *non linear* pada Tabel 4.10 berikut :

Tabel 4.10 Transformasi Kromosom Biner Menjadi Model Regresi Non Linear

Individu	Kromosom								model regresi
	x1	X2	X3	x4	$x1^2$	$x2^2$	$x3^2$	$x4^2$	
P1	0	0	1	1	0	0	0	0	[x3],[x4]
P2	1	1	0	0	1	0	0	1	[x1],[x2],[x1 ²],[x4 ²]
P3	0	1	1	1	1	0	0	0	[x2],[x3],[x4],[x1 ²]
P4	0	0	0	0	1	1	0	0	[x1 ²],[x2 ²]
P5	1	0	0	0	0	0	0	1	[x1],[x4 ²]
c1	0	0	1	1	1	0	0	0	[x3],[x4],[x1 ²]
c2	0	1	1	1	0	0	0	0	[x2],[x3],[x4]
c3	1	1	0	0	0	0	0	1	[x1],[x2],[x4 ²]
c4	0	0	0	1	1	1	0	0	[x4],[x1 ²],[x2 ²]
c5	1	0	0	1	0	0	0	1	[x1],[x4],[x4 ²]

Hasil evaluasi semua individu dari *parent* dan *offspring* akan ditampilkan pada pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Evaluasi

No	Kromosom	Model	MSE	Fitness
1	p1	[x3],[x4]	10331798.256	0.930121905
2	p2	[x1],[x2],[x1 ²],[x4 ²]	5092770.040	0.910642509
3	p3	[x2],[x3],[x4],[x1 ²]	3229181.440	1.023961717
4	p4	[x1 ²],[x2 ²]	52052333.965	0.852544768
5	p5	[x1],[x4 ²]	17853150.810	0.889345855

6	c1	[x3],[x4],[x1 ²]	19740568.345	0.819887872
7	c2	[x2],[x3],[x4]	12152359.484	0.851519316
8	c3	[x1],[x2],[x4 ²]	4956310.157	0.970993768
9	c4	[x4],[x1 ²],[x2 ²]	40827473.057	0.79372408
10	c5	[x1],[x4],[x4 ²]	6649438.446	0.919619409

4.3.5 Proses Seleksi

Proses selanjutnya adalah Proses seleksi yaitu mengeliminasi kromosom yang memiliki fitness rendah. Tujuannya adalah untuk mempertahankan individu yang mempunyai nilai *fitness* tinggi agar dapat bertahan hidup pada generasi selanjutnya. Pada penelitian ini metode seleksi yang digunakan adalah *elitism selection*, yaitu dengan mengumpulkan semua kromosom *parent* dan *offspring* dalam satu penampungan (Stonjovic, et al., 2013). Individu dengan nilai *fitness* yang lebih besar dibanding dengan individu yang lain merupakan kromosom terbaik dalam populasi yang mampu bertahan hidup pada generasi selanjutnya. Jumlah Individu terbaik yang bertahan hidup diambil sesuai dengan *popSize* yang telah ditentukan sebelumnya. Metode *elitism selection* akan menjamin menghasilkan individu yang terbaik dan akan selalu lolos dalam seleksi (Mahmudy, 2013).

Hasil akhir berupa hasil seleksi individu-individu terbaik sejumlah populasi awal untuk dilanjutkan ke generasi selanjutnya. Hasil seleksi individu terbaik ditampilkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Seleksi

No	Asal P	Asal P(t-1)	Model	Fitness
1	P1	P3	[x2],[x3],[x4],[x1 ²]	1.023961717
2	P2	C3	[x1],[x2],[x4 ²]	0.970993768
3	P3	P1	[x3],[x4]	0.930121905
4	P4	C5	[x1],[x4],[x4 ²]	0.919619409
5	P5	P2	[x1],[x2],[x1 ²],[x4 ²]	0.910642509

Setelah dilakukan proses seleksi, maka dilanjutkan dengan memilih kromosom terbaik yang dapat ditentukan berdasarkan nilai *fitness* terbesar. Pada Tabel 4.9, kromosom yang memiliki fitness terbesar adalah parent ke-1, detail *parent* ke-1 ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Kromosom Terbaik

Parent	Kromosom					Fitness
	Bo	x2	x3	x4	x1 ²	
P3	101129951.1	-33.00710196	-14.39848558	-16.603705	6.4614E-06	1.023961717

4.4 Perancangan User Interface

Pada perancangan *user interface* aplikasi terdiri dari satu halaman yaitu halaman untuk memasukan data pemakaian, memasukan nilai parameter algoritma genetika, dan sekaligus menampilkan hasil proses dari algoritma genetika untuk menentukan model regresi *non linear* terbaik hasil pembentukan dengan algoritma genetika.

4.4.1 Tampil Halaman Input Parameter dan Data Pemakaian Air

Halaman input parameter dan data konsumsi air merupakan tampilan awal ketika memulai aplikasi, halaman ini berisi nilai parameter dari algoritma genetika yang akan ditentukan, serta merupakan halaman untuk input data pemakaian air PDAM Kota Malang dan sekaligus menampilkan hasil proses dari algoritma genetika untuk menentukan model regresi *non linear* terbaik hasil pembentukan dengan algoritma genetika. Rancangan halaman input parameter dan data Pemakaian air akan ditampilkan pada Gambar 4.2.

The screenshot shows a web-based application interface titled "PEMODELAN REGRESI NON LINEAR MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK PREDIKSI KEBUTUHAN AIR PDAM KOTA MALANG". It includes a user ID "VITARA NINDYA PUTRI HASAN / 12515020211020 S" and a "Browse" button labeled "R". On the left, there are five input fields labeled A through E, each with a "Browse" button to its right. Below these is a table with columns labeled F through Q, and rows labeled "Data", "Biner Awal", "Hasil Biner", "Hasil Akhir", "Regresi", "Regresi Algen", "Data Pengujian", "Biner Awal", "Hasil Biner", "Hasil Akhir", "Regresi", and "Regresi Algen". A large text area is located below the table. At the bottom, there is a "Submit" button labeled "T", a "Browse Pengujian" button labeled "U", and a "Submit Pengujian" button labeled "V".

Gambar 4.2 Rancangan Halaman Input Data Pemakaian Air

Halaman ini menampilkan hasil proses dari algoritma genetika untuk menentukan model regresi *non linear* terbaik yang dapat digunakan dalam prediksi pemakaian air. Rancang halaman dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Keterangan:

- TextField* untuk memasukan data pemakaian air PDAM.
- TextField* untuk memasukan banyaknya *popSize*.
- TextField* untuk memasukan banyaknya *crossover rate* (CR).
- TextField* untuk memasukan banyaknya *mutation rate* (MR).
- TextField* untuk memasukan banyaknya generasi.
- Table* untuk menampilkan data pemakaian air PDAM.

- G. *Table* untuk menampilkan biner awal.
- H. *Table* untuk menampilkan hasil biner setelah dilakukan proses reproduksi (CR) dan (MR).
- I. *Table* untuk menampilkan hasil terbaik dari biner, *fitness*, dan *error* setelah dilakukan proses seleksi.
- J. *Table* untuk menampilkan model regresi *non linear*.
- K. *Table* untuk menampilkan model regresi *non linear* yang dioptimasi menggunakan algoritma genetika.
- L. *Table* pengujian untuk menampilkan data pengujian pemakaian air PDAM.
- M. *Table* pengujian untuk menampilkan biner awal.
- N. *Table* pengujian untuk menampilkan hasil biner setelah dilakukan proses reproduksi (CR) dan (MR).
- O. *Table* pengujian untuk menampilkan hasil terbaik dari biner, *fitness*, dan *error* setelah dilakukan proses seleksi.
- P. *Table* pengujian untuk menampilkan model regresi *non linear*.
- Q. *Table* pengujian untuk menampilkan model regresi *non linear* yang dioptimasi menggunakan algoritma genetika.
- R. *Button* untuk melakukan proses pemilihan data.
- S. *Title* untuk menampilkan judul program yang dibuat.
- T. *Button* untuk melakukan proses optimasi.
- U. *Button* pengujian untuk melakukan proses pemilihan data pengujian.
- V. *Button* pengujian untuk melakukan proses optimasi.

BAB 5 IMPLEMENTASI

5.1 Struktur Class

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana mengimplementasikan sebuah sistem yang telah dirancang menjadi sebuah program yang mana di dalam program tersebut berisi kode program. Proses implementasi program diawali dengan membentuk beberapa *class* didalam sistem. Pada *class-class* ini berisi kode program yang dapat dijalankan, sehingga dapat menghasilkan sebuah sistem yang mampu memproses sesuai dengan perancangan sebelumnya. Berikut adalah struktur *class* pembentuk sistem yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Gambar 5.1 Class Diagram

Nama class	Deskripsi
fitness.class	Kelas ini mengimplementasikan algoritma genetika secara keseluruhan
regresi.class	Kelas ini mengimplementasikan model regresi <i>non linear</i>
random.class	Kelas ini mengimplementasikan salah satu proses di dalam algoritma genetika yaitu mengacak angka biner
mutation.class	Kelas ini mengimplementasikan salah satu proses di dalam algoritma genetika yaitu reproduksi dengan melakukan mutasi
onecutpoint.class	Kelas ini mengimplementasikan salah satu proses algoritma genetika yaitu reproduksi dengan melakukan crossover
test.class	Kelas ini mengimplementasikan antarmuka untuk proses optimasi dengan algoritma genetika

5.2 Implementasi Program

5.2.1 Implementasi Proses Mengambil Data Pemakaian Air

Pengambilan data konsumsi air dilakukan dengan membaca file “4bulan.txt”, “8bulan.txt”, “12bulan.txt”, “16bulan.txt”, dan “20bulan.txt”. File tersebut berisi data konsumsi air berdasarkan periode, baik periode pemakaian air yang disusun dari perhitungan 4bulan kebelakang sampai 20 bulan kebelakang. Kode program pengambilan data pemakaian air dapat dilihat pada Kode Program 5.2.

```

1 public class TeksToArray {
2     private String fileName;
3     private double[][] data;
4     private Object[][] data2;
5     private String[] colName;
6     private int rowCount, colCount, errorRow;
7     private boolean error;
8 }
```



```
9     public TeksToArray(String fileName) {
10        this.fileName = fileName;
11        error = false;
12        rowCount = 0;
13        colCount = 0;
14    }
15
16    private void init(String delimiter) {
17        try {
18            BufferedReader br = new BufferedReader(new
19 FileReader(new File(fileName)));
20            String line;
21            int counter = 0;
22            while ((line = br.readLine()) != null) {
23                counter++;
24                errorRow = counter;
25                if (colCount == 0) {
26                    colCount = line.split(delimiter).length;
27                } else {
28                    if (colCount != line.split(delimiter).length)
29                {
30                    System.out.println("Line " + counter + ", "
31 different column's length");
32                    error = true;
33                }
34            }
35            rowCount = counter - 1;
36            if (error) {
37                System.out.println("ERROR~");
38                return;
39            }
40            data = new double[rowCount] [colCount];
41            colName = new String[colCount];
42        } catch (Throwable t) {
43            error = true;
44            System.out.println(errorRow);
45            System.out.println(t.getMessage());
46        }
47    }
48
49
50    public double[][] getArray(String delimiter) {
51        if (delimiter == null) {
52            System.out.println("Delimiter can't be null");
53            return null;
54        }
55        init(delimiter);
56        if (!error) {
57            try {
58                BufferedReader br = new BufferedReader(new
59 FileReader(new File(fileName)));
60                String line;
61                int counter = 0;
62                while ((line = br.readLine()) != null) {
63                    if (counter == 0) {
64                        colName = line.split(delimiter);
65                    } else {
66                        for (int i = 0; i < colCount; i++) {
67                            data[counter - 1][i] =
68 Double.parseDouble(line.split(delimiter)[i]);
69                        }
70                    }
71                    counter++;
72                }
73            }
```

```

74         } catch (IOException t) {
75             System.out.println(t.getMessage());
76             System.out.println(errorRow);
77             return null;
78         }
79         return data;
80     } else {
81         return null;
82     }
83 }
84 //mengambil nama kolom
85 public String[] getColName() {
86     String[] res = new String[colName.length + 1];
87     res[0] = "No";
88     System.arraycopy(colName, 0, res, 1, colName.length);
89     return res;
90 }
91 //memanggil array dan mengubah nilainya menjadi double
92 public Object[][] getArrayDouble() {
93     data2 = new Object[rowCount][colCount + 1];
94     for (int i = 0; i < rowCount; i++) {
95         for (int j = 0; j < colCount + 1; j++) {
96             if (j == 0) {
97                 data2[i][j] = Integer.valueOf(i + 1);
98             } else if (j == colCount) {
99                 data2[i][j] = Integer.valueOf((int) data[i][j]
100 - 1));
101         } else {
102             data2[i][j] = Double.valueOf(data[i][j - 1]);
103         }
104     }
105     return data2;
106 }
107 }
108 }
```

Kode Program 5.1 Implementasi Proses Pengambilan Data Pemakaian Air

5.2.2 Implementasi Proses Pembangkitan Populasi Awal

Pembangkitan populasi awal dilakukan dengan merepresentasikan kromosom berdasarkan hasil pembangkitan jumlah individu (*popSize*) yang diinputkan oleh *user* dan data pemakaian air. Proses representasi kromosom serta pembangkitan populasi awal dapat dilihat pada Kode Program 5.3.

```

1 public class random {
2
3     public Random rand = new Random();
4     public int binerRandom[][][];
5
6     public random(int x, int y) {
7         binerRandom = new int[x][y];
8         randomData();
9     }
10    //proses random biner
11    public void randomData() {
12        for (int i = 0; i < binerRandom.length; i++) {
13            for (int j = 0; j < binerRandom[0].length; j++) {
14                //proses random selanjutnya
15                int n = rand.nextInt(2);
16                binerRandom[i][j] = n;
17            }
18        }
19    }
}
```



Kode Program 5.2 Implementasi Proses Representasi Kromosom

5.2.3 Implementasi Proses Perhitungan *Error* dan *Fitness*

Perhitungan nilai *fitness* didapatkan dari perhitungan nilai *error* terlebih dahulu. Nilai *error* didapatkan dari jumlah kuadrat selisih kromosom (sebagai koefisien) dengan semua data historis pemakaian air. Proses *error* dan *fitness* ditunjukkan pada Kode Program 5.4.

```

1  //proses menghitung error dan fitness
2  public void method() {
3      for (int i = 0; i < popSize + mutation.mrPopsize
4 + one.crPopsize; i++) {
5          sum[i] = 0;
6          int n = 0;
7
8          for (int j = 0; j < data.x.length; j++) {
9              //mengambil variabel di dalam kelas regresi
10             Y[i][j] = regresi.B[0];
11             n = 0;
12             for (int k = 0; k < data.x[0].length; k++)
13             {
14                 //perhitungan Y'
15                 Y[i][j] += all[i][k] * data.x[j][k] *
16                 regresi.B[k + 1];
17                 n += all[i][k];
18             }
19             }
20             //perhitungan error
21             Error[i][j] = Math.pow(data.y[j] -
22             Y[i][j], 2);
23             //penjumlahan error
24             sum[i] += Error[i][j];
25         }
26         //perhitungan akar
27         akar[i] = Math.pow(sum[i], 0.5);
28         //rumus perhitungan error MSE
29         mse[i] = (double) (1.00 / data.y.length) *
30         akar[i];
31         //rumus perhitungan fitness
32         fitnes[i] = (1000000.00 / mse[i]) + (1.00 /
33         (1.00 + (n * 0.01)));
34         fitnes[i];
35         for (int j = 0; j < i; j++) {
36             if (fitnes[i] == fitnes[j]) {
37                 fitnes[i] = 0;
38             }
39         }
40     }
41 }
42 }
43 }
```

Kode Program 5.3 Implementasi Proses *Error* dan *Fitness Parent*

5.2.4 Implementasi Proses *Crossover*

Proses perhitungan *crossover* menggunakan metode *one-cut-point* yaitu proses pemilihan dua induk secara acak dari populasi yang nantinya menghasilkan *offspring* (anak) dari ke dua induk tersebut dengan cara menentukan titik awal dan titik akhir sebagai titik potong dimana diantara titik potong tersebut dilakukan



tukar silang terhadap gen, sehingga akan dihasilkan *offspring* baru hasil *crossover*. Proses *crossover* akan ditunjukkan pada Kode Program 5.5.

```
1 //proses crossover
2 public class onecutpoint {
3 //nama variabel
4     public random biner;
5     public int popSize;
6     public double cr;
7     public int crPopsize;
8     public int cOne[][];
9     public Random rand = new Random();
10 //inisialisasi variabel
11     public onecutpoint(double CR, int POPSIZE, int x[][][]) {
12
13         biner = new random(x.length, x[0].length);
14         cr = CR;
15         popSize = POPSIZE;
16         crPopsize();
17         cOne = new int[crPopsize][biner.binerRandom[0].length];
18         method();
19     }
20     public void crPopsize() {
21         crPopsize = (int) (cr * popSize);
22     }
23     public int getCrpopsize() {
24         return crPopsize;
25     }
26     public void method() {
27         for (int i = 0; i < crPopsize; i++) {
28             int x1 = rand.nextInt(popSize);
29             int x2 = rand.nextInt(popSize);
30 //Dilakukan pengecekan apabila biner x1 sama dengan biner x2 maka
31             dirandom lagi
32             while (x1 == x2) {
33                 x2 = rand.nextInt(popSize);
34             }
35 //penentuan titik potong
36             int n = (int) ((biner.binerRandom[0].length - 2) *
37             Math.random() + 1);
38 //dilakukan pengecekan 0+1 di mod 2 = 0 ? cek apakah nilai kurang
39             dari cr popsiz
40 // 1 mod 2 = 1 ganjil, semua angka genap di mod 2 = genap
41             if ((i + 1) % 2 != 0 && i < crPopsize - 1) {
42                 for (int j = 0; j < biner.binerRandom[0].length;
43                     j++) {
44 //untuk pertukaran biner jika p1 dan p2 genap
45 //1 mod 2 = 1 ganjil, karena array mulai dr 0 jadi ini untuk
46 // pengecekan genap
47                     cOne[i][j] = biner.binerRandom[x1][j];
48                     cOne[i + 1][j] = biner.binerRandom[x2][j];
49
50                     }
51                     for (int j = biner.binerRandom[0].length - n; j <
52             biner.binerRandom[0].length; j++) {
53                         cOne[i][j] = biner.binerRandom[x2][j];
54                         cOne[i + 1][j] = biner.binerRandom[x1][j];
55                     }
56                     i++;
57                 } else {
58 //untuk penukaran biner jika tersisa satu parent yg belum
59 // dicrossover
60 //semua angka genap di mod 2 = genap karena array mulai dr 0 jadi
61 // ini untuk pengecekan ganjil
```



```
61             for (int j = 0; j < biner.binerRandom[0].length;
62                 j++) {
63                 cOne[i][j] = biner.binerRandom[x1][j];
64             }
65             for (int j = biner.binerRandom[0].length - n; j <
biner.binerRandom[0].length; j++) {
66                 cOne[i][j] = biner.binerRandom[x2][j];
67             }
68         }
69     }
70 }
71 }
```

Kode Program 5.5 Implementasi Proses *Crossover*

5.2.5 Implementasi Proses Mutasi

Proses mutasi menggunakan metode sebuah proses acak dimana memilih salah satu gen didalam kromosom yang ditentukan untuk kemudian dirubah nilainya dari 0 menjadi 1 dan sebaliknya. Proses mutasi akan ditunjukkan pada Kode Program 5.6.



```
1 public class mutation {
2     //nama variabel
3     public Random rand = new Random();
4     public TeksToArray TA;
5
6     public random biner;
7     public int popSize;
8     public double mr;
9     public int mrPopsize;
10    public int mutation[][];
11    //inisialisasi variabel
12    public mutation(double MR, int POPSIZE, int x[][]) {
13        biner = new random(x.length, x[0].length);
14        mr = MR;
15        popSize = POPSIZE;
16        mrPopsize();
17        mutation = new
18        int[mrPopsize][biner.binerRandom[0].length];
19        method();
20    }
21    //proses mutasi
22    public void method() {
23        for (int i = 0; i < mrPopsize; i++) {
24            //remake adalah titik potong
25            int remake = rand.nextInt(biner.binerRandom[0].length);
26            int x1 = rand.nextInt(popSize);
27            for (int j = 0; j < biner.binerRandom[0].length; j++) {
28
29                mutation[i][j] = biner.binerRandom[x1][j];
30                if (j == remake) {
31                    if (mutation[i][j] == 0) {
32                        mutation[i][j] = 1;
33                    } else {
34                        mutation[i][j] = 0;
35                    }
36                }
37            }
38        }
39    }
40    private void mrPopsize() {
41        mrPopsize = (int) (mr * popSize);
42    }
43 }
```

Kode Program 5.6 Implementasi Proses Mutasi

5.2.6 Implementasi Proses seleksi dengan metode Elitism Selection

Metode seleksi yang digunakan adalah *elitism selection* dimana dengan mengumpulkan semua individu baik *parent* maupun *offspring* dalam satu penampungan (Mahmudy, 2013). Metode ini menjamin bahwa individu terbaik saja yang dapat lolos ke dalam generasi selanjutnya. Pada proses seleksi ini skaligus mengurutkan nilai *fitness* dari nilai *fitness* yang paling besar ke nilai *fitness* yang paling kecil. Proses seleksi tersebut akan ditunjukkan pada Kode Program 5.7.

```
1 public void sort() {
2     //mengambil biner dan fitness dari semua individu dan
3     //dikumpulkan dalam satu penampung
4     for (int i = 0; i < popSize + one.crPopsize +
5         mutation.mrPopsize; i++) {
```

```
8         for (int j = i; j < popSize + one.crPopsize + mutation.mrPopsize; j++) {
9             // temp adalah temporary nilai sebelumnya untuk penyimpanan
10            int binerTemp[] = null;
11            double tempHasil = 0;
12            //untuk mengurutkan fitness dari yang paling besar ke fitness yang paling kecil;
13            if (fitnes[i] < fitnes[j]) {
14                binerTemp = all[i];
15                all[i] = all[j];
16                all[j] = binerTemp;
17                tempHasil = fitnes[i];
18                fitnes[i] = fitnes[j];
19                fitnes[j] = tempHasil;
20            }
21        }
22    }
23
24
25    for (int j = 0; j < all[0].length; j++) {
26    }
27 }
```

Kode Program 5.7 Implementasi Proses Seleksi

5.2.7 Implementasi Proses Pengambilan Kromosom Terbaik Sebanyak *Popsize* Awal

Proses pengambilan kromosom terbaik sebanyak *popSize* awal merupakan pengambilan kromosom terbaik sejumlah *popSize* awal dari proses seleksi sebelumnya. Proses pengambilan kromosom terbaik sebanyak *popSize* awal akan ditunjukkan pada Kode Program 5.8.

```
1 // mengambil nilai fitness yang paling besar sebanyak
2 popsize
3     for (int i = 0; i < popSize; i++) {
4         end[i] = all[i];
5         for (int j = 0; j < end[0].length; j++) {
6             System.out.print(end[i][j] + " ");
7         }
8     }
9 }
```

Kode Program 5.8 Implementasi Proses Pemilihan Kromosom Terbaik

5.2.8 Implementasi Proses Iterasi

Proses Iterasi merupakan proses perulangan perhitungan Algoritma Genetika sebanyak inputan generasi yang di-inputkan oleh *user*. Proses iterasi generasi ditunjukkan pada Kode Program 5.9.

```
1 //proses genarsi
2     public void generate(int x) {
3         in(0);
4         method();
5         sort();
6         for (int i = 1; i < x; i++) {
7             one = new onecutpoint(cr, popSize, end);
8             mutation = new mutation(mr, popSize, end);
9             in(i + 1);
10            method();
11            sort();
12        }
13    }
14}
15}
```

Kode Program 5.9 Implementasi Proses Iterasi



BAB 6 PEMBAHASAN

6.1 Hasil dan Analisa Uji Coba Banyaknya Periode Pemakaian Air dalam Bulan

Pengujian periode data ini dilakukan untuk mengetahui banyaknya periode pemakaian air (dalam bulan) yang optimal berdasarkan dari hasil rata-rata fitness terbaik. Data periode pemakaian air yang digunakan dimulai dari 4 bulan kebelakang sampai 20 bulan kebelakang. Dengan menggunakan ukuran populasi yaitu 60 populasi, jumlah generasi yaitu 10 generasi, dan kombinasi cr dan mr yaitu 0.6:0.4. Untuk data yang di uji menggunakan data pemakaian air PDAM dari tahun 2008 sampai 2013. Setiap periode yang diuji akan dilakukan 10 kali percobaan. Hasil percobaan banyaknya generasi ditunjukkan pada Tabel 6.4.

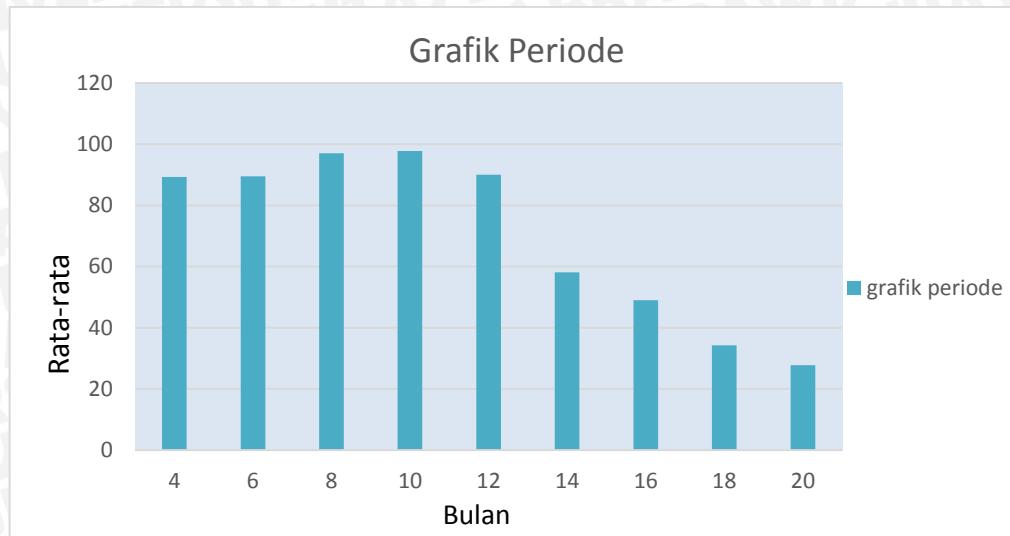
Tabel 6.1 Pengujian Banyaknya Periode

Banyak Periode	Nilai Fitness										Rata-rata nilai fitness	
	Percobaan ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4	89.346	89.346	89.346	89.346	89.346	89.346	89.346	89.346	89.346	89.346	89.346	
6	89.545	89.545	89.545	89.545	89.545	89.545	89.545	89.545	89.545	89.545	89.545	
8	97.082	97.082	97.082	97.082	97.082	97.082	97.082	97.082	97.082	97.082	97.082	
10	92.564	96.420	107.997	92.564	117.465	80.749	117.465	96.420	90.916	84.832	97.739	
12	89.872	99.676	87.540	91.637	90.921	90.839	89.520	82.085	91.787	86.941	90.082	
14	50.334	60.894	66.647	71.090	59.679	56.387	54.661	41.463	46.910	73.545	58.161	
16	49.275	53.844	60.888	36.329	60.656	42.424	41.223	61.169	47.922	36.799	49.053	
18	33.163	27.969	25.664	28.891	32.967	67.975	32.534	36.651	27.528	29.648	34.299	
20	37.206	30.430	28.416	29.879	29.506	23.622	26.771	25.898	23.758	22.511	27.800	

Hasil pengujian banyaknya periode (dalam bulan) pada Tabel 6.4 akan direpresentasikan dalam sebuah grafik hasil uji coba banyaknya periode yang ditunjukkan pada Gambar 6.1.

Pada Gambar 6.1 grafik uji coba banyaknya periode (dalam bulan) menghasilkan jumlah periode data terbaik adalah sebanyak 10 dengan nilai rata-rata *fitness* sebesar 97.739. Sedangkan nilai rata-rata fitness paling rendah ada pada periode 20 bulan dengan nilai rata-rata fitness sebesar 27.800. Hasil uji coba untuk ukuran populasi mengalami peningkatan dimulai dari periode 4 bulan kebelakang hingga 10 bulan kebelakang dan mengalami penurunan dari periode 10 bulan hingga 20 bulan kebelakang.



**Gambar 6.1 Grafik Hasil Uji Coba Banyaknya Periode**

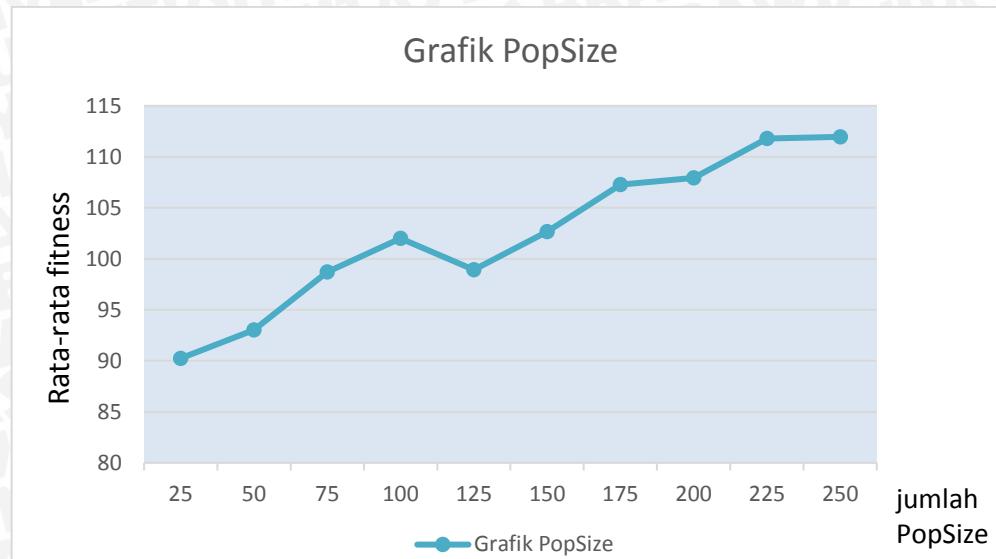
6.2 Hasil dan Analisa Uji Coba Ukuran Populasi (*popSize*)

Pengujian ukuran populasi ini bertujuan untuk mengetahui ukuran populasi yang optimal dengan mengacu dari hasil rata-rata fitness terbaik pada permasalahan prediksi kebutuhan air. Data yang digunakan dalam pengujian ukuran populasi ini sebanyak 340 data pemakaian air PDAM untuk prediksi 4 bulan kebelakang mulai tahun 2008 sampai 2013. Jumlah generasi yang dipakai adalah 2000 dengan banyak populasi kelipatan 25, mulai dari 25 *popSize* sampai 250 *popSize*. Nilai *crossover rate* yang digunakan adalah 0,6 dan *mutation rate* yang digunakan adalah 0,4. Setiap ukuran populasi yang diuji akan dilakukan 10 kali percobaan. Untuk hasil percobaan ukuran populasi ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.2 Skenario Pengujian Ukuran Populasi (*popSize*)

Banyak <i>PopSize</i>	Nilai Fitness										Rata-rata nilai fitness	rata-rata waktu (detik)		
	Percobaan ke-													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
25	79.563	87.609	107.997	90.212	76.761	85.419	96.420	90.069	80.455	107.997	90.250	40.2		
50	94.550	83.279	107.008	80.455	90.166	85.299	90.916	98.770	82.505	117.465	93.041	75.8		
75	117.465	90.069	117.465	92.788	107.997	94.550	90.916	94.550	88.682	92.564	98.705	86.8		
100	107.008	117.465	96.420	107.008	117.465	90.212	92.564	90.212	107.008	94.550	101.991	93		
125	98.770	117.465	92.788	85.481	107.997	90.916	92.788	98.770	107.997	96.420	98.939	101.4		
150	92.788	94.550	107.008	107.008	107.008	88.169	117.465	96.420	98.770	117.465	102.665	119.2		
175	107.997	107.997	96.420	96.420	117.465	107.008	107.997	96.420	117.465	117.465	107.265	143.1		
200	117.465	117.465	107.008	90.916	98.770	107.008	107.008	98.770	117.465	117.465	107.934	162.9		
225	117.465	107.997	107.997	107.997	117.465	107.997	117.465	98.770	117.465	117.465	111.808	177.6		
250	107.008	92.788	107.008	117.465	117.465	117.465	117.465	117.465	117.465	107.997	111.959	198.7		

Hasil pengujian ukuran populasi pada Tabel 6.2 akan direpresentasikan dalam sebuah grafik hasil uji coba ukuran populasi yang ditunjukkan pada Gambar 6.2.



Gambar 6.2 Grafik Hasil Uji Coba Populasi

Pada Gambar 6.2 hasil uji coba populasi didapatkan jumlah populasi terbaik sebanyak 225 dengan rata-rata nilai *fitness* yaitu 111.808. Pada percobaan dengan ukuran populasi sebanyak 125 mengalami penurunan nilai rata-rata *fitness* meski tidak signifikan, tetapi percobaan selanjutnya menunjukkan nilai rata-rata *fitness* mengalami kenaikan dikarenakan semakin banyak populasi yang dihasilkan maka peluang untuk menghasilkan generasi dengan solusi terbaik semakin besar (Mahmudy, 2013). Pada penelitian kali ini saat batas tertentu ukuran populasi 225 dapat dilihat bahwa nilai *fitness* tidak mengalami kenaikan yang signifikan dan cenderung stabil. Sehingga percobaan dihentikan pada batas populasi 250 dan uji coba populasi sebanyak 225 yang dianggap sebagai solusi paling optimal. Pembatasan ukuran populasi perlu dilakukan karena semakin banyak ukuran populasi maka waktu yang dibutuhkan untuk proses Algoritma Genetika juga semakin lama (Permatasari & Mahmudy, 2014)

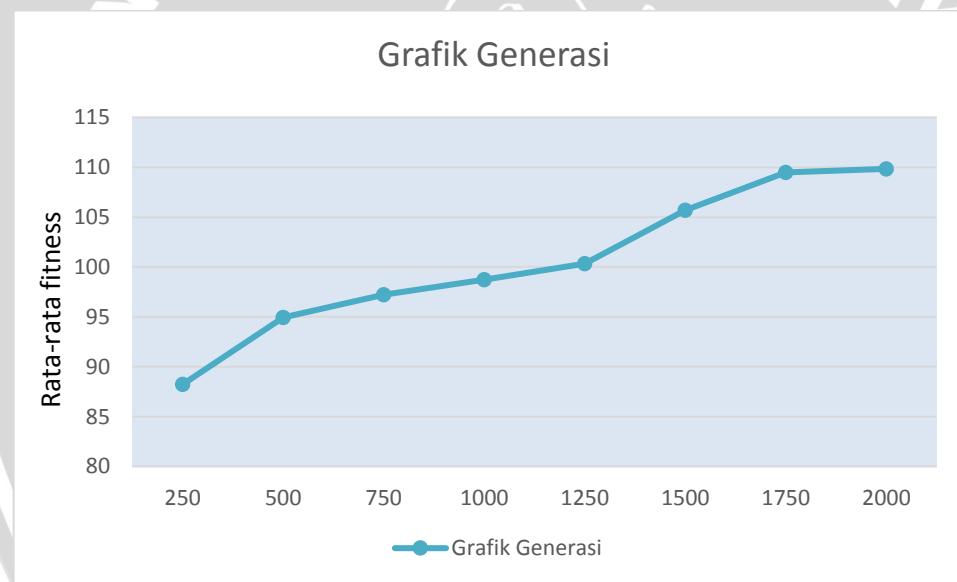
6.3 Hasil dan Analisa Uji Coba Banyaknya Generasi

Pengujian banyaknya generasi ini dilakukan untuk mengetahui ukuran generasi yang optimal berdasarkan dari hasil rata-rata *fitness* terbaik. Banyak generasi yang akan dilakukan dengan kelipatan 250 mulai dari 250 generasi sampai 2500 generasi. Menggunakan hasil uji coba ukuran populasi terbaik pada pengujian sebelumnya yaitu 225 populasi, nilai *crossover rate* dan *mutation rate* yang digunakan yaitu 0.6:0.4. Untuk data yang digunakan dalam pengujian ukuran populasi ini sebanyak 340 data pemakaian kebutuhan air PDAM untuk prediksi 4 bulan kebelakang mulai tahun 2008 sampai 2013. Setiap ukuran generasi akan dilakukan 10 kali percobaan. Hasil percobaan banyaknya generasi ditunjukan pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Pengujian Banyaknya Generasi

Jumlah Generasi	Nilai <i>Fitness</i>										Rata-rata nilai <i>fitness</i>	
	Percobaan ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
250	79.563	90.916	90.916	85.419	107.997	78.437	80.873	92.788	90.069	85.299	88.228	
500	82.382	92.788	90.916	94.550	107.008	83.279	90.069	117.465	96.420	94.550	94.943	
750	117.465	94.550	107.997	88.169	98.770	107.008	90.069	89.299	90.212	88.682	97.222	
1000	98.7697	107.997	96.4202	96.42	117.465	80.749	117.465	96.420	90.916	84.832	98.745	
1250	96.420	94.550	107.997	107.997	89.299	94.550	92.564	94.550	117.465	107.997	100.339	
1500	92.788	117.465	92.564	117.465	107.997	117.465	107.997	98.770	107.997	96.420	105.693	
1750	117.465	96.420	117.465	107.997	107.997	107.997	107.997	107.008	107.008	117.465	109.482	
2000	107.997	117.465	98.7697	107.997	117.465	107.997	98.7697	117.46	107.008	117.465	109.840	

Hasil uji coba banyaknya ukuran generasi pada Tabel 6.3 akan direpresentasikan dalam sebuah grafik hasil uji coba ukuran generasi yang ditunjukkan pada Gambar 6.3.

**Gambar 6.3 Grafik Hasil Uji Coba Generasi**

Pada Gambar 6.3 uji coba generasi didapat hasil penggunaan ukuran generasi terbaik adalah sebesar 1750 dengan rata-rata nilai *fitness* 109.482. Pada saat generasi sebesar 250 dengan rata-rata *fitness* 88.228 menjadi generasi terendah dikarenakan algoritma genetika belum melakukan proses secara optimal (Permatasari & Mahmudy, 2014). Dalam grafik pengujian ini bahwa sesudah generasi ke 1750 rata-rata *fitness* menjadi stabil , hal ini dikarenakan semakin banyak generasi nilai *fitness* yang dihasilkan akan cenderung sama sehingga terjadi konvergensi, apabila terus dilakukan penambahan generasi tidak akan menghasilkan solusi yang lebih baik dan cenderung akan membuang waktu (Mahmudy, 2013).

6.4 Hasil dan Analisa Uji Coba Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

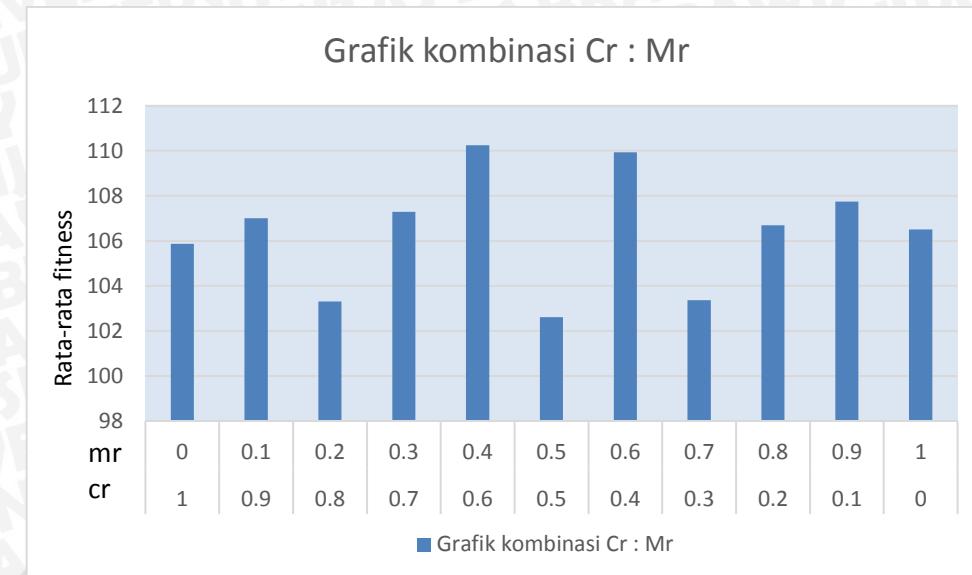
Pengujian kombinasi *crossover rate* (cr) dan *mutation rate* (mr) ini dilakukan untuk mengetahui kombinasi cr dan mr yang optimal berdasarkan hasil rata-rata *fitness* terbaik. Pada percobaan ini kombinasi cr dan mr berjumlah 1. Dengan menggunakan ukuran populasi terbaik yang telah diuji sebelumnya yaitu 225 populasi dan jumlah generasi terbaik sesuai dengan percobaan sebelumnya yaitu 1750 generasi. Data yang digunakan dalam pengujian kombinasi cr dan mr ini sebanyak 340 data pemakaian air PDAM untuk prediksi 10 bulan kebelakang mulai tahun 2008 sampai 2013. Setiap kombinasi cr dan mr yang diuji akan dilakukan 10 kali percobaan. Hasil percobaan kombinasi cr dan mr ditunjukkan pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Hasil Uji Coba Kombinasi *Crossover Rate* (cr) dan *Mutation Rate* (mr)

Kombinasi		Nilai Fitness										Rata-Rata Nilai Fitness
		Percobaan ke-										
cr	Mr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0	107.997	117.465	92.788	92.564	107.997	107.008	90.916	117.465	117.465	107.008	105.867
0.9	0.1	117.465	117.465	94.550	107.008	117.465	107.997	90.916	117.465	92.788	107.008	107.013
0.8	0.2	117.465	107.008	117.465	107.997	92.564	96.420	107.997	92.788	98.770	94.550	103.302
0.7	0.3	90.069	117.465	107.997	96.420	92.564	107.997	117.465	107.997	117.465	117.465	107.290
0.6	0.4	117.465	90.166	117.465	117.465	117.465	117.465	107.008	92.564	107.997	117.465	110.252
0.5	0.5	107.997	107.997	92.788	107.997	90.916	96.420	107.008	98.770	98.770	117.465	102.613
0.4	0.6	98.770	117.465	107.997	107.997	107.997	117.465	107.997	98.770	117.465	117.465	109.939
0.3	0.7	94.550	94.550	92.788	96.420	107.997	96.420	107.997	107.997	117.465	117.465	103.365
0.2	0.8	117.465	98.770	94.550	117.465	98.770	117.465	107.008	107.008	117.465	90.916	106.688
0.1	0.9	107.008	117.465	107.008	107.997	107.997	107.008	107.997	98.770	117.465	98.770	107.748
0	1	107.997	107.008	107.997	107.997	117.465	88.682	96.420	107.008	117.465	107.008	106.505

Hasil pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* pada Tabel 6.4 akan direpresentasikan dalam sebuah grafik hasil uji coba ukuran generasi yang ditunjukkan pada Gambar 6.4.





Gambar 6.4 Grafik Hasil Uji Coba Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

Pada Gambar 6.4 grafik hasil uji coba *Crossover Rate* (cr) dan *Mutation rate* (mr) menunjukkan bahwa kombinasi cr dan mr berpengaruh terhadap rata-rata nilai *fitness*. Rata-rata *fitness* dengan hasil terbaik adalah ketika cr dan mr berbanding 0.6 : 0.4 dengan rata-rata *fitness* sebesar 110.2524, sedangkan rata-rata nilai *fitness* terendah ketika cr 0.5 dan mr 0.5 dengan rata-rata *fitness* sebesar 102.613.

6.5 Hasil dan Analisis Perbandingan Regresi *Non Linear* dengan Algoritma Genetika

Pada percobaan dalam membentuk regresi *non linear* dengan algoritma genetika solusi terbaik yang diberikan untuk algoritma genetika yaitu pada ukuran *popSize* sebesar 225, generasi terbaik sebanyak 1750 generasi, kombinasi nilai *crossover rate* dan *mutation rate* terbaik yaitu 0.6 : 0.4.

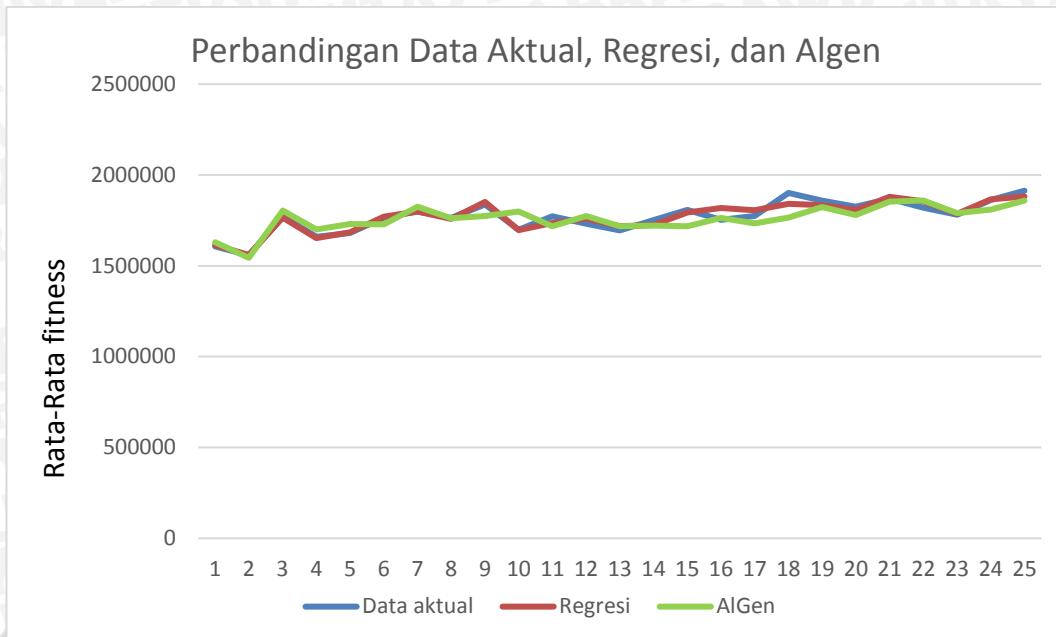
Persamaan dari model regresi *non linear* yang terbentuk dengan algoritma genetika ini akan dibandingkan dengan persamaan regresi *non linear* yang juga dapat melakukan prediksi di bulan selanjutnya. Sampel data yang diambil untuk testing perbandingan menggunakan pemakaian pada periode 10 bulan. Hasil pengujian perbandingan antara model regresi *non linear* yang dibentuk dengan algoritma genetika dengan regresi *non linear* dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Detail Error Regresi dan Error Algoritma Genetika

4	1658690	1652439.504	1699838.989	39068694.84	1693239282
5	1680750	1683713.16	1730606.593	8780319.056	24856779905
6	1765834	1771281.536	1728341.631	29675644.1	1405677740
7	1799518	1798813.23	1825805.532	496700.1629	691034331.8
8	1763284	1757549.303	1762365.357	32886748.63	843905.5054
9	1837567	1852024.338	1773967.301	209014625	4044921768
10	1698905	1696006.899	1797882.307	8398987.44	9796507213
11	1772154	1735972.362	1717332.663	1309110953	3005378952
12	1732172	1759987.911	1773294.318	773724894.5	1691045051
13	1694870	1717093.846	1717175.906	493899332.5	497553459.4
14	1751939	1725442.68	1720383.558	702054995.6	995745931.4
15	1807659	1793975.072	1717269.51	187249884.2	8170259929
16	1752567	1817925.311	1763774.637	4271708789	125611116.3
17	1773785	1806373.278	1732648.582	1061995843	1692204889
18	1901589	1840326.386	1765789.678	3753107883	18441455811
19	1858807	1834457.563	1822500.007	592895084.4	1318197719
20	1825106	1807663.543	1779285.395	304239312.9	2099527821
21	1869328	1879971.244	1854179.068	113278643.3	229490148.3
22	1820043	1854904.558	1859285.51	1215328239	1539974627
23	1780592	1786086.47	1789475.243	30189201.26	78912002.28
24	1861409	1864996.847	1809906.88	12872647.42	2652468368
25	1913115	1881624.33	1858277.714	991662309.1	3007127947
	Sumerror			16249530007	67333784210
	MSE			5098.945774	10379.50166
	Fitness			196.6745269	96.89929465

Hasil perbandingan pemakaian air PDAM antara algoritma genetika dengan regresi *non linear* dapat dilihat pada Gambar 6.5.

Pada Tabel 6.5 didapatkan nilai error MSE untuk model regresi *non linear* yang terbentuk dengan algoritma genetika sebesar 10379.50166. Sedangkan nilai error untuk regresi *non linear* sebesar 5098.945774 yang tanpa melibatkan algoritma genetika, meskipun nilai error MSE yang dihasilkan dibentuk dengan algoritma genetika lebih besar namun variabel yang terlibat lebih sedikit. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah alfa yang digunakan pada proses perhitungan *fitness*. Apabila nilai alfa yang digunakan adalah 0 maka variabel yang dihasilkan oleh model regresi akan terlibat semua dan jika nilai alfa diperbesar maka jumlah variabel yang dihasilkan oleh model regresi akan semakin sedikit. Secara prinsip lebih sedikit variabel yang terlibat maka lebih baik (Stonjovic, et al., 2013). Oleh karena itu model regresi *non linear* yang dibentuk dengan algoritma genetika lebih baik dibandingkan dengan regresi *non linear*.



Gambar 6.5 Grafik Hasil Perbandingan Data Aktual, Regresi, dan Algoritma Genetika Dalam Pemakaian Air



BAB 7 PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dihasilkan dari hasil uji coba yang telah dilakukan dalam penerapan Algoritma Genetika untuk pemodelan regresi *non linear* dalam pemakaian air PDAM adalah sebagai berikut:

1. Parameter Algoritma Genetika berpengaruh terhadap hasil solusi yang diberikan. Nilai parameter yang besar belum tentu menghasilkan solusi yang terbaik. Dari hasil uji coba sistem pemodelan regresi untuk pemakaian air PDAM dengan menggunakan algoritma genetika, ukuran populasi terbaik adalah sebanyak 225 *popSize* dengan rata-rata nilai *fitness* 111.808, generasi yang paling mendekati solusi terbaik adalah sebanyak 1750 generasi dengan rata-rata nilai *fitness* 109.482, serta nilai kombinasi tertinggi adalah *crossover rate* sama dengan 0,6 dan *mutation rate* sama dengan 0,4 dengan rata-rata nilai *fitness* 110.252.
2. Jumlah variabel yang dihasilkan algoritma genetika lebih sedikit dibanding dengan jumlah variabel model regresi, namun nilai error yang dihasilkan algoritma genetika lebih besar dibanding dengan model regresi, hal ini dikarenakan jumlah nilai alfa yang digunakan. Apabila nilai alfa yang digunakan adalah 0 maka semua variabel pada model regresi akan terlibat dan jika nilai alfa diperbesar maka jumlah variabel yang terlibat akan semakin sedikit. Secara prinsip lebih sedikit variabel yang terlibat maka lebih baik. Oleh karena itu model regresi *non linear* yang dibentuk dengan algoritma genetika lebih baik dibandingkan dengan regresi *non linear*.

7.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, ada beberapa point yang perlu diperhatikan jika pembaca ingin melakukan penelitian lebih lanjut.

1. Titik optimal pada uji coba populasi, uji coba generasi, dan uji coba kombinasi *cr* dan *mr* terjebak dalam kisaran yang sama. Untuk memperluas area pencarian algoritma genetika dalam kasus prediksi pemakaian air PDAM dengan pemodelan regresi *non linear* dapat diterapkan metode *crossover*, mutasi, dan seleksi yang lain.
2. Semakin besar periode yang digunakan, prediksi pemakaian air akan menjauhi data konsumsi pemakaian air aktual. Agar mendekati data aktual bisa dilakukan pengujian periode menggunakan data campuran, harian, ataupun mingguan.
3. Saran untuk penelitian selanjutnya agar nilai *error* yang dihasilkan oleh sistem mendekati minimum bisa dilakukan pengujian perbandingan terhadap variabel-variabel yang terlibat di dalam model regresi.

DAFTAR PUSTAKA

- Indonesia, P., 2015. *7 Alasan Ini Akan Memperkuat Kamu Untuk Kuliah di Kota Malang*. [Online] Available at: www.pendidikanindonesia.com [Accessed 21 Januari 2016].
- Irawan, Dewi, C. & Cholissodin, I., 2015. Implementasi Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Pada Peramalan Kebutuhan Air PDAM Kota Malang. *DORO : Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, Volume 6, p. 11.
- Kesehatan, D., 1990. *Peraturan Menteri Kesehatan RI No 416/Menkes/Per/IX/1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*, Jakarta: Departernen Kesehatan RI.
- Mahmudy, W. F., 2013. *Algoritma Evolusi. Modul Kuliah Semester Ganjil 2013-2014*. Malang: Universitas Brawijaya.PDAM, 2001. *situs resmi*. [Online] Available at: pdamkotamalang.com[Accessed 27 September 2015].
- Pemerintahan, B., 2015. *LKPJ Tahun Anggaran 2014*. [Online] Available at: pemerintahan.malangkota.go.id[Accessed 21 januari 2016].
- Permatasari, A. I. & Mahmudy, W. F., 2014. Pemodelan Regresi Linear dalam Konsumsi Kwh Listrik di Kota Batu Menggunakan Algoritma Genetika. *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, 5(14).
- Prajitno, 1981. *Analisis Regresi Dan Korelasi Untuk Penelitian Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada..* Yogyakarta: Liberty Yogyakarta.
- Stonjovic, B., Milivojevic, M. & Ivanovic, M., 2013. Adaptive System For Dam Behavior Modeling Based In Linear Regression And Genetic Algorithms. *IEEE*, Volume 65, pp. 182-190.
- Sugiarto, 1992. *Tahap Awal + Aplikasi Analisis Regresi*. Yogyakarta: Andi Offset Yogyakarta.
- Suryadmaja, I. B., Norken, I. N. & Dharma, I. G. S., 2015. Karakteristik Pola Pemakaian dan Pelayanan Air Bersih di Wilayah Usaha PAM PT. Tirtaartha Buanamulia. *Spektran*, Volume 3, pp. 20-29.
- Syaiful & Achmad, 2012. *Segudang Prestasi dan Layanan PDAM*. [Online] Available at: mediacenter.malangkota.go.id/2012/12/segudang-prestasi-dan-layananpdam [Accessed 21 September 2016].



Yusnandar, 2004. Aplikasi Analisis Regresi *Non Linear* Model Kuadratik Terhadap Produksi Susu Kambing Peranakan Etawah (PE) Selama 90 Hari Pertama Laktasi. *Informatika Pertanian*, Volume 13, pp. 736-743.

Zukri, 2014. *Algoritma Genetika Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta: Andi Offset Yogyakarta.



LAMPIRAN

1. Data Distribusi dan Pemakaian Air PDAM Januari 2008-Desember 2013

Bulan	Data Distribusi Air						Data Pemakaian Air
	Kecamatan Sukun	Kecamatan Lowokwaru	Kecamatan Blimbings	Kecamatan Klojen	Kecamatan Kedungkandang		
Jan-08	819093	606206	688812	594578	800803	1684536	
Feb-08	725199	566558	641813	570178	629370	1627438	
Mar-08	633996	552289	540374	538767	549897	1592618	
Apr-08	674939	587978	526338	525736	560124	1702344	
May-08	704258	607015	512606	510376	588996	1611804	
Jun-08	675075	551244	495916	497285	582487	1658421	
Jul-08	740356	587650	527684	519209	671016	1568368	
Aug-08	742920	602228	515162	502055	645462	1729248	
Sep-08	719003	582083	499634	485025	624368	1546298	
Oct-08	740206	602373	515537	503156	644916	1417037	
Nov-08	723159	579764	532453	508982	616881	1606972	
Dec-08	728086	603200	489092	508523	611465	1558064	
Jan-09	718911	603872	563796	569971	576006	1773087	
Feb-09	674555	546409	516290	528723	582495	1658690	
Mar-09	741504	604257	609567	638210	618328	1680750	
Apr-09	718185	581448	581605	622554	619969	1765834	
May-09	734559	600438	609190	672430	621005	1799518	
Jun-09	690576	578598	600399	641191	600732	1763284	
Jul-09	721092	597386	585375	701631	628545	1837567	
Aug-09	716987	596254	607076	684852	638969	1698905	
Sep-09	689067	572278	593863	654568	628237	1772154	
Oct-09	706977	595363	588081	666656	640286	1732172	
Nov-09	668837	572399	592315	642925	608597	1694870	
Dec-09	676200	593623	611559	675023	616446	1751939	
Jan-10	659669	587100	620924	683475	610637	1807659	
Feb-10	590825	530490	560908	614991	545352	1752567	
Mar-10	645204	595510	489685	671774	486168	1773785	
Apr-10	669244	581018	594827	763912	578386	1901589	
May-10	677865	604501	600195	789233	599247	1858807	
Jun-10	659249	586172	595553	767965	582337	1825106	
Jul-10	677569	602711	615010	794056	602412	1869328	
Aug-10	703762	605105	612978	794021	612569	1820043	
Sep-10	667609	585711	596012	767451	576048	1780592	
Oct-10	683950	596125	606333	773204	583013	1861409	
Nov-10	662021	577688	589936	730975	563631	1913115	



Dec-10	683686	597845	616831	725928	596764	1894268
Jan-11	622303	587107	622414	632183	561162	1894655
Feb-11	612393	573845	590198	678690	640224	1902542
Mar-11	568708	593671	594434	679922	598257	1867345
Apr-11	607869	575693	572740	691824	601109	1893539
May-11	654913	590394	570251	632955	535141	1905850
Jun-11	731130	587554	512591	614378	513744	1824748
Jul-11	706148	611538	590137	624567	566792	1920348
Aug-11	544047	576782	583826	717818	640670	1932854
Sep-11	689416	609121	671062	706346	562948	1888674
Oct-11	744380	589453	630221	718658	707179	1953525
Nov-11	825823	578227	614918	680754	607429	1924508
Dec-11	574020	592193	587465	729310	645672	1943646
Jan-12	659969	585394	565528	680241	633364	1986071
Feb-12	686881	571075	558559	664980	560355	2014645
Mar-12	620975	605050	615075	695486	616768	1908264
Apr-12	776683	582006	577439	649241	592413	2192472
May-12	586591	573254	491884	716728	637658	1999456
Jun-12	643663	551666	576011	640804	542934	2013574
Jul-12	758492	580469	596692	638265	500913	2102384
Aug-12	646831	612304	588591	718657	589417	1934682
Sep-12	682080	609542	689958	706395	622656	2024783
Oct-12	713309	595653	622193	683740	621219	2014573
Nov-12	666857	580010	635584	801042	787124	2240356
Dec-12	776509	600123	645933	714332	637505	2374281
Jan-13	765381	587253	585103	682601	605392	2127658
Feb-13	727754	591547	603721	671838	598100	1987364
Mar-13	743737	582726	582364	700542	594274	2068653
Apr-13	661349	571092	622312	668929	530222	2118364
May-13	734287	571216	587964	679811	598669	2092653
Jun-13	608149	596812	582363	686754	555435	1936538
Jul-13	728194	588610	577399	711403	620341	2287385
Aug-13	769431	597503	568841	715567	647405	2178435
Sep-13	656352	598531	636855	777037	683928	2278648
Oct-13	733149	582558	585414	660447	574178	2317424
Nov-13	671682	591495	592683	800634	841473	2144479
Dec-13	759185	597626	656240	698613	634636	2198034

2. Data periode 2 Bulan

No	Bln/Thn	y	x1	x2
1	Mar-08	1592618	1627438	1684536
2	Apr-08	1702344	1592618	1627438

3	May-08	1611804	1702344	1592618
4	Jun-08	1658421	1611804	1702344
5	Jul-08	1568368	1658421	1611804
6	Aug-08	1729248	1568368	1658421
7	Sep-08	1546298	1729248	1568368
8	Oct-08	1417037	1546298	1729248
9	Nov-08	1606972	1417037	1546298
10	Dec-08	1558064	1606972	1417037
11	Jan-09	1773087	1558064	1606972
12	Feb-09	1658690	1773087	1558064
13	Mar-09	1680750	1658690	1773087
14	Apr-09	1765834	1680750	1658690
15	May-09	1799518	1765834	1680750
16	Jun-09	1763284	1799518	1765834
17	Jul-09	1837567	1763284	1799518
18	Aug-09	1698905	1837567	1763284
19	Sep-09	1772154	1698905	1837567
20	Oct-09	1732172	1772154	1698905
21	Nov-09	1694870	1732172	1772154
22	Dec-09	1751939	1694870	1732172
23	Jan-10	1807659	1751939	1694870
24	Feb-10	1752567	1807659	1751939
25	Mar-10	1773785	1752567	1807659
26	Apr-10	1901589	1773785	1752567
27	May-10	1858807	1901589	1773785
28	Jun-10	1825106	1858807	1901589
29	Jul-10	1869328	1825106	1858807
30	Aug-10	1820043	1869328	1825106
31	Sep-10	1780592	1820043	1869328
32	Oct-10	1861409	1780592	1820043
33	Nov-10	1913115	1861409	1780592
34	Dec-10	1894268	1913115	1861409
35	Jan-11	1894655	1894268	1913115
36	Feb-11	1902542	1894655	1894268
37	Mar-11	1867345	1902542	1894655
38	Apr-11	1893539	1867345	1902542
39	May-11	1905850	1893539	1867345
40	Jun-11	1824748	1905850	1893539
41	Jul-11	1920348	1824748	1905850
42	Aug-11	1932854	1920348	1824748
43	Sep-11	1888674	1932854	1920348
44	Oct-11	1953525	1888674	1932854
45	Nov-11	1924508	1953525	1888674

46	Dec-11	1943646	1924508	1953525
47	Jan-12	1986071	1943646	1924508
48	Feb-12	2014645	1986071	1943646
49	Mar-12	1908264	2014645	1986071
50	Apr-12	2192472	1908264	2014645
51	May-12	1999456	2192472	1908264
52	Jun-12	2013574	1999456	2192472
53	Jul-12	2102384	2013574	1999456
54	Aug-12	1934682	2102384	2013574
55	Sep-12	2024783	1934682	2102384
56	Oct-12	2014573	2024783	1934682
57	Nov-12	2240356	2014573	2024783
58	Dec-12	2374281	2240356	2014573
59	Jan-13	2127658	2374281	2240356
60	Feb-13	1987364	2127658	2374281
61	Mar-13	2068653	1987364	2127658
62	Apr-13	2118364	2068653	1987364
63	May-13	2092653	2118364	2068653
64	Jun-13	1936538	2092653	2118364
65	Jul-13	2287385	1936538	2092653
66	Aug-13	2178435	2287385	1936538
67	Sep-13	2278648	2178435	2287385
68	Oct-13	2317624	2278648	2178435
69	Nov-13	2144479	2317624	2278648
70	Dec-13	2198034	2144479	2317624

3. Data periode 3 Bulan

No	Bln/Thn	y	x1	x2	x3
1	Apr-08	1702344	1592618	1627438	1684536
2	May-08	1611804	1702344	1592618	1627438
3	Jun-08	1658421	1611804	1702344	1592618
4	Jul-08	1568368	1658421	1611804	1702344
5	Aug-08	1729248	1568368	1658421	1611804
6	Sep-08	1546298	1729248	1568368	1658421
7	Oct-08	1417037	1546298	1729248	1568368
8	Nov-08	1606972	1417037	1546298	1729248
9	Dec-08	1558064	1606972	1417037	1546298
10	Jan-09	1773087	1558064	1606972	1417037
11	Feb-09	1658690	1773087	1558064	1606972
12	Mar-09	1680750	1658690	1773087	1558064
13	Apr-09	1765834	1680750	1658690	1773087

14	May-09	1799518	1765834	1680750	1658690
15	Jun-09	1763284	1799518	1765834	1680750
16	Jul-09	1837567	1763284	1799518	1765834
17	Aug-09	1698905	1837567	1763284	1799518
18	Sep-09	1772154	1698905	1837567	1763284
19	Oct-09	1732172	1772154	1698905	1837567
20	Nov-09	1694870	1732172	1772154	1698905
21	Dec-09	1751939	1694870	1732172	1772154
22	Jan-10	1807659	1751939	1694870	1732172
23	Feb-10	1752567	1807659	1751939	1694870
24	Mar-10	1773785	1752567	1807659	1751939
25	Apr-10	1901589	1773785	1752567	1807659
26	May-10	1858807	1901589	1773785	1752567
27	Jun-10	1825106	1858807	1901589	1773785
28	Jul-10	1869328	1825106	1858807	1901589
29	Aug-10	1820043	1869328	1825106	1858807
30	Sep-10	1780592	1820043	1869328	1825106
31	Oct-10	1861409	1780592	1820043	1869328
32	Nov-10	1913115	1861409	1780592	1820043
33	Dec-10	1894268	1913115	1861409	1780592
34	Jan-11	1894655	1894268	1913115	1861409
35	Feb-11	1902542	1894655	1894268	1913115
36	Mar-11	1867345	1902542	1894655	1894268
37	Apr-11	1893539	1867345	1902542	1894655
38	May-11	1905850	1893539	1867345	1902542
39	Jun-11	1824748	1905850	1893539	1867345
40	Jul-11	1920348	1824748	1905850	1893539
41	Aug-11	1932854	1920348	1824748	1905850
42	Sep-11	1888674	1932854	1920348	1824748
43	Oct-11	1953525	1888674	1932854	1920348
44	Nov-11	1924508	1953525	1888674	1932854
45	Dec-11	1943646	1924508	1953525	1888674
46	Jan-12	1986071	1943646	1924508	1953525
47	Feb-12	2014645	1986071	1943646	1924508
48	Mar-12	1908264	2014645	1986071	1943646
49	Apr-12	2192472	1908264	2014645	1986071
50	May-12	1999456	2192472	1908264	2014645
51	Jun-12	2013574	1999456	2192472	1908264
52	Jul-12	2102384	2013574	1999456	2192472
53	Aug-12	1934682	2102384	2013574	1999456
54	Sep-12	2024783	1934682	2102384	2013574
55	Oct-12	2014573	2024783	1934682	2102384
56	Nov-12	2240356	2014573	2024783	1934682

57	Dec-12	2374281	2240356	2014573	2024783
58	Jan-13	2127658	2374281	2240356	2014573
59	Feb-13	1987364	2127658	2374281	2240356
60	Mar-13	2068653	1987364	2127658	2374281
61	Apr-13	2118364	2068653	1987364	2127658
62	May-13	2092653	2118364	2068653	1987364
63	Jun-13	1936538	2092653	2118364	2068653
64	Jul-13	2287385	1936538	2092653	2118364
65	Aug-13	2178435	2287385	1936538	2092653
66	Sep-13	2278648	2178435	2287385	1936538
67	Oct-13	2317624	2278648	2178435	2287385
68	Nov-13	2144479	2317624	2278648	2178435
69	Dec-13	2198034	2144479	2317624	2278648

4. Data periode 4 Bulan

No	Bln/Thn	y	x1	x2	x3	x4
1	May-08	1611804	1702344	1592618	1627438	1684536
2	Jun-08	1658421	1611804	1702344	1592618	1627438
3	Jul-08	1568368	1658421	1611804	1702344	1592618
4	Aug-08	1729248	1568368	1658421	1611804	1702344
5	Sep-08	1546298	1729248	1568368	1658421	1611804
6	Oct-08	1417037	1546298	1729248	1568368	1658421
7	Nov-08	1606972	1417037	1546298	1729248	1568368
8	Dec-08	1558064	1606972	1417037	1546298	1729248
9	Jan-09	1773087	1558064	1606972	1417037	1546298
10	Feb-09	1658690	1773087	1558064	1606972	1417037
11	Mar-09	1680750	1658690	1773087	1558064	1606972
12	Apr-09	1765834	1680750	1658690	1773087	1558064
13	May-09	1799518	1765834	1680750	1658690	1773087
14	Jun-09	1763284	1799518	1765834	1680750	1658690
15	Jul-09	1837567	1763284	1799518	1765834	1680750
16	Aug-09	1698905	1837567	1763284	1799518	1765834
17	Sep-09	1772154	1698905	1837567	1763284	1799518
18	Oct-09	1732172	1772154	1698905	1837567	1763284
19	Nov-09	1694870	1732172	1772154	1698905	1837567
20	Dec-09	1751939	1694870	1732172	1772154	1698905
21	Jan-10	1807659	1751939	1694870	1732172	1772154
22	Feb-10	1752567	1807659	1751939	1694870	1732172
23	Mar-10	1773785	1752567	1807659	1751939	1694870
24	Apr-10	1901589	1773785	1752567	1807659	1751939
25	May-10	1858807	1901589	1773785	1752567	1807659

26	Jun-10	1825106	1858807	1901589	1773785	1752567
27	Jul-10	1869328	1825106	1858807	1901589	1773785
28	Aug-10	1820043	1869328	1825106	1858807	1901589
29	Sep-10	1780592	1820043	1869328	1825106	1858807
30	Oct-10	1861409	1780592	1820043	1869328	1825106
31	Nov-10	1913115	1861409	1780592	1820043	1869328
32	Dec-10	1894268	1913115	1861409	1780592	1820043
33	Jan-11	1894655	1894268	1913115	1861409	1780592
34	Feb-11	1902542	1894655	1894268	1913115	1861409
35	Mar-11	1867345	1902542	1894655	1894268	1913115
36	Apr-11	1893539	1867345	1902542	1894655	1894268
37	May-11	1905850	1893539	1867345	1902542	1894655
38	Jun-11	1824748	1905850	1893539	1867345	1902542
39	Jul-11	1920348	1824748	1905850	1893539	1867345
40	Aug-11	1932854	1920348	1824748	1905850	1893539
41	Sep-11	1888674	1932854	1920348	1824748	1905850
42	Oct-11	1953525	1888674	1932854	1920348	1824748
43	Nov-11	1924508	1953525	1888674	1932854	1920348
44	Dec-11	1943646	1924508	1953525	1888674	1932854
45	Jan-12	1986071	1943646	1924508	1953525	1888674
46	Feb-12	2014645	1986071	1943646	1924508	1953525
47	Mar-12	1908264	2014645	1986071	1943646	1924508
48	Apr-12	2192472	1908264	2014645	1986071	1943646
49	May-12	1999456	2192472	1908264	2014645	1986071
50	Jun-12	2013574	1999456	2192472	1908264	2014645
51	Jul-12	2102384	2013574	1999456	2192472	1908264
52	Aug-12	1934682	2102384	2013574	1999456	2192472
53	Sep-12	2024783	1934682	2102384	2013574	1999456
54	Oct-12	2014573	2024783	1934682	2102384	2013574
55	Nov-12	2240356	2014573	2024783	1934682	2102384
56	Dec-12	2374281	2240356	2014573	2024783	1934682
57	Jan-13	2127658	2374281	2240356	2014573	2024783
58	Feb-13	1987364	2127658	2374281	2240356	2014573
59	Mar-13	2068653	1987364	2127658	2374281	2240356
60	Apr-13	2118364	2068653	1987364	2127658	2374281
61	May-13	2092653	2118364	2068653	1987364	2127658
62	Jun-13	1936538	2092653	2118364	2068653	1987364
63	Jul-13	2287385	1936538	2092653	2118364	2068653
64	Aug-13	2178435	2287385	1936538	2092653	2118364
65	Sep-13	2278648	2178435	2287385	1936538	2092653
66	Oct-13	2317624	2278648	2178435	2287385	1936538
67	Nov-13	2144479	2317624	2278648	2178435	2287385
68	Dec-13	2198034	2144479	2317624	2278648	2178435

5. Data periode 5 Bulan

No	Bln/Thn	y	x1	x2	x3	x4	x5
1	Jun-08	1658421	1611804	1702344	1592618	1627438	1684536
2	Jul-08	1568368	1658421	1611804	1702344	1592618	1627438
3	Aug-08	1729248	1568368	1658421	1611804	1702344	1592618
4	Sep-08	1546298	1729248	1568368	1658421	1611804	1702344
5	Oct-08	1417037	1546298	1729248	1568368	1658421	1611804
6	Nov-08	1606972	1417037	1546298	1729248	1568368	1658421
7	Dec-08	1558064	1606972	1417037	1546298	1729248	1568368
8	Jan-09	1773087	1558064	1606972	1417037	1546298	1729248
9	Feb-09	1658690	1773087	1558064	1606972	1417037	1546298
10	Mar-09	1680750	1658690	1773087	1558064	1606972	1417037
11	Apr-09	1765834	1680750	1658690	1773087	1558064	1606972
12	May-09	1799518	1765834	1680750	1658690	1773087	1558064
13	Jun-09	1763284	1799518	1765834	1680750	1658690	1773087
14	Jul-09	1837567	1763284	1799518	1765834	1680750	1658690
15	Aug-09	1698905	1837567	1763284	1799518	1765834	1680750
16	Sep-09	1772154	1698905	1837567	1763284	1799518	1765834
17	Oct-09	1732172	1772154	1698905	1837567	1763284	1799518
18	Nov-09	1694870	1732172	1772154	1698905	1837567	1763284
19	Dec-09	1751939	1694870	1732172	1772154	1698905	1837567
20	Jan-10	1807659	1751939	1694870	1732172	1772154	1698905
21	Feb-10	1752567	1807659	1751939	1694870	1732172	1772154
22	Mar-10	1773785	1752567	1807659	1751939	1694870	1732172
23	Apr-10	1901589	1773785	1752567	1807659	1751939	1694870
24	May-10	1858807	1901589	1773785	1752567	1807659	1751939
25	Jun-10	1825106	1858807	1901589	1773785	1752567	1807659
26	Jul-10	1869328	1825106	1858807	1901589	1773785	1752567
27	Aug-10	1820043	1869328	1825106	1858807	1901589	1773785
28	Sep-10	1780592	1820043	1869328	1825106	1858807	1901589
29	Oct-10	1861409	1780592	1820043	1869328	1825106	1858807
30	Nov-10	1913115	1861409	1780592	1820043	1869328	1825106
31	Dec-10	1894268	1913115	1861409	1780592	1820043	1869328
32	Jan-11	1894655	1894268	1913115	1861409	1780592	1820043
33	Feb-11	1902542	1894655	1894268	1913115	1861409	1780592
34	Mar-11	1867345	1902542	1894655	1894268	1913115	1861409
35	Apr-11	1893539	1867345	1902542	1894655	1894268	1913115
36	May-11	1905850	1893539	1867345	1902542	1894655	1894268
37	Jun-11	1824748	1905850	1893539	1867345	1902542	1894655
38	Jul-11	1920348	1824748	1905850	1893539	1867345	1902542

39	Aug-11	1932854	1920348	1824748	1905850	1893539	1867345
40	Sep-11	1888674	1932854	1920348	1824748	1905850	1893539
41	Oct-11	1953525	1888674	1932854	1920348	1824748	1905850
42	Nov-11	1924508	1953525	1888674	1932854	1920348	1824748
43	Dec-11	1943646	1924508	1953525	1888674	1932854	1920348
44	Jan-12	1986071	1943646	1924508	1953525	1888674	1932854
45	Feb-12	2014645	1986071	1943646	1924508	1953525	1888674
46	Mar-12	1908264	2014645	1986071	1943646	1924508	1953525
47	Apr-12	2192472	1908264	2014645	1986071	1943646	1924508
48	May-12	1999456	2192472	1908264	2014645	1986071	1943646
49	Jun-12	2013574	1999456	2192472	1908264	2014645	1986071
50	Jul-12	2102384	2013574	1999456	2192472	1908264	2014645
51	Aug-12	1934682	2102384	2013574	1999456	2192472	1908264
52	Sep-12	2024783	1934682	2102384	2013574	1999456	2192472
53	Oct-12	2014573	2024783	1934682	2102384	2013574	1999456
54	Nov-12	2240356	2014573	2024783	1934682	2102384	2013574
55	Dec-12	2374281	2240356	2014573	2024783	1934682	2102384
56	Jan-13	2127658	2374281	2240356	2014573	2024783	1934682
57	Feb-13	1987364	2127658	2374281	2240356	2014573	2024783
58	Mar-13	2068653	1987364	2127658	2374281	2240356	2014573
59	Apr-13	2118364	2068653	1987364	2127658	2374281	2240356
60	May-13	2092653	2118364	2068653	1987364	2127658	2374281
61	Jun-13	1936538	2092653	2118364	2068653	1987364	2127658
62	Jul-13	2287385	1936538	2092653	2118364	2068653	1987364
63	Aug-13	2178435	2287385	1936538	2092653	2118364	2068653
64	Sep-13	2278648	2178435	2287385	1936538	2092653	2118364
65	Oct-13	2317624	2278648	2178435	2287385	1936538	2092653
66	Nov-13	2144479	2317624	2278648	2178435	2287385	1936538
67	Dec-13	2198034	2144479	2317624	2278648	2178435	2287385