Analisis Kebutuhan Air Bersih di PDAM Kota Pontianak Menggunakan Metode Levenberg-Marquardt

Eva Nurizma^{a*}, Muliadi^{a,b}, Iklas Sanubary^a

^aProdi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, ^bProdi Geofisika, FMIPA Universitas Tanjungpura

*Email : muliadi@fmipa.untan.ac.id

Abstrak

Kebutuhan air bersih di PDAM Kota Pontianak untuk golongan pelanggan sosial, nonniaga, niaga, dan industri telah dianalisis dengan menggunakan metode Levenberg-Marquardt. Hasil analisis menunjukkan bahwa fungsi matematika terbaik untuk pelanggan sosial adalah polinomial orde 5 dengan nilai korelasi sebesar 0,905 dan RMSE sebesar $4,77 \times 10^2$. Kemudian untuk pelanggan nonniaga dan pelanggan niaga, fungsi matematika terbaik adalah polinomial orde 6 dengan nilai korelasi masing-masing pelanggan adalah 0,956 dan 0,878 serta RMSE sebesar $9,25 \times 10^4$ dan $2,91 \times 10^4$. Selanjutnya untuk pelanggan industri, fungsi matematika terbaik adalah polinomial orde 4 dengan nilai korelasi sebesar 0,719 dan RMSE sebesar $8,43 \times 10^2$. Berdasarkan fungsi matematika yang telah diperoleh, hasil prediksi kebutuhan air bersih dari tahun 2017 hingga tahun 2019 menunjukkan bahwa golongan pelanggan niaga memiliki peningkatan yang paling tinggi dengan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 80,4%.

Kata Kunci : *Analisis, Kebutuhan Air Bersih, Levenberg-Marquardt*

1. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya yang vital dalam kehidupan manusia sehingga ketersediaannya menjadi prioritas baik di perkotaan maupun di pedesaan. Menurut ketentuan umum Kemenkes tahun 1990 air bersih adalah air yang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari dan memenuhi syarat berkualitas baik. Pengelolaan air bersih di Indonesia ditangani langsung oleh Pemerintah melalui badan resmi yaitu Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM)[1].

Kota Pontianak merupakan Ibukota sekaligus pusat perekonomian dan pendidikan di Kalimantan Barat sehingga menyebabkan wilayah ini memiliki kepadatan penduduk lebih tinggi dibandingkan wilayah lain di Kalimantan Barat. Kepadatan penduduk yang tinggi menuntut pemenuhan kebutuhan air bersih di Kota ini juga tinggi. Hal ini dapat dilihat dari jumlah air yang disalurkan PDAM Kota Pontianak meningkat sebesar 1,64% dan jumlah pelanggan yang tersambung meningkat sebesar 5,80% pada tahun 2015 hingga 2016 [2].

Berdasarkan uraian tersebut, PDAM harus memperhatikan peningkatan kebutuhan air bersih masyarakat Kota Pontianak. Oleh karena itu, diperlukan suatu pemodelan untuk mengestimasi dan memprediksikan banyaknya air yang dikonsumsi masyarakat sehingga tidak terjadi pemborosan dan ketersediaannya tetap tercukupi untuk tahun-tahun mendatang.

Penelitian yang menggunakan metode regresi nonlinear pernah dilakukan dalam memodelkan kebutuhan air PDAM Kota Malang

dengan metode algoritma genetika dan memberikan hasil yang baik dengan nilai *error* cukup besar [3]. Kebutuhan dan ketersediaan air bersih pada salah satu PDAM juga pernah dianalisa dengan metode geometrik, aritmatik dan regresi linear dengan metode terbaiknya adalah metode geometrik [4].

Pada penelitian ini, penggunaan air bersih Kota Pontianak dimodelkan menggunakan regresi nonlinear yaitu metode Levenberg-Marquardt. Metode Levenberg-Marquardt adalah variasi metode penyelesaian regresi nonlinear yang mengkombinasikan metode gradien dan Gauss-Newton. Metode gradien lebih lambat dibandingkan dengan metode Gauss-Newton, terutama ketika mendekati solusi karena harga gradien semakin kecil namun cukup efektif diawal iterasi dimana metode Gauss Newton dapat mengalami *overshoot*. Metode Levenberg-Marquardt menerapkan metode gradien pada awal iterasi yakni ketika masih jauh dari solusi, kemudian menggunakan metode Gauss-Newton saat mendekati solusi. Kelebihan dari metode Levenberg-Marquardt yakni relatif lebih baik dalam hal konvergensi [5]. Metode ini juga dapat dikombinasikan dengan metode geolistrik resistivitas untuk memodelkan kondisi geologi bawah permukaan [6].

2. Metodologi

2.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder pemakaian air bersih pelanggan di PDAM Kota Pontianak. Data berbentuk *time series* (berbasis waktu) selama 10 tahun yaitu tahun 2007 hingga 2016 yang

berupa data pelanggan sosial, nonniaga, niaga dan industri.

2.2 Pengolahan Data

1. Pencocokan Kurva

Penentuan pola data dilakukan menggunakan *plotting* kurvanya dan dicocokkan dengan fungsi matematika dengan regresi nonlinear. Regresi nonlinear yang digunakan sebagai fungsi matematikanya adalah fungsi eksponensial orde pertama dan kedua serta fungsi polinomial dari orde kedua hingga orde kesembilan. Selanjutnya pencocokan kurva dilakukan menggunakan program *cftool* (*curve fitting tool*).

Persamaan umum kedua fungsi matematika tersebut adalah sebagai berikut [7]:
Fungsi Eksponensial $F(x)$:

$$F(x) = ae^{bx} \quad (1)$$

Fungsi Polinomial $F(x)$:

$$F(x) = a_0 + a_1 + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (2)$$

dengan $a, b, a_0, \dots, a_n$ adalah konstanta dan n adalah bilangan bulat positif.

2. Estimasi

Nilai estimasi akan diterima jika korelasi antara data observasi dengan data model memiliki nilai $\geq 0,6$. Jika hasil korelasinya $\leq 0,6$ maka modifikasi kembali fungsi matematikanya. Estimasi dilakukan menggunakan metode Levenberg-Marquardt [5] :

$$m_{n+1} = m_n + [J_n^T J_n + \varepsilon^2 I]^{-1} J_n^T (d - g(m_n)) \quad (3)$$

dengan :

- m_{n+1} = Parameter Model Iterasi ke- $n+1$
- m_n = Parameter Model Awal
- ε^2 = Nilai Koreksi
- I = Matiks Identitas
- d = Data Observasi
- $g(m)$ = Matriks Kernel
- J = Matriks Jacobi

3. Uji Data

Uji parameter model dilakukan menggunakan fungsi matematika yang mewakili data observasi pada proses estimasi dan data pada tahun 2016. Hal ini bertujuan untuk melihat kecenderungan model ketika akan melakukan prediksi atau prakiraan data.

4. Menghitung Tingkat Pertumbuhan

Metode ini digunakan untuk tingkat pertumbuhan yang selalu positif dan periode yang panjang/beberapa tahun. Tingkat pertumbuhan pada metode ini dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$r = \sqrt[n]{\frac{g_t}{g_0}} - 1 \times 100\% \quad (4)$$

Dengan : g_t = Variabel tahun sekarang,
 g_0 = Variabel tahun sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kebutuhan Air Bersih Golongan Pelanggan Sosial

Pemakaian air bersih pelanggan sosial dapat dilihat pada gambar 1 yang menunjukkan bahwa data observasi merupakan data nonlinear. Data observasi yang digunakan pada penelitian ini berupa banyaknya volume air yang diterima pelanggan (m^3).

Gambar 1. Pemakaian Air Bersih Pelanggan Sosial

Pada penelitian ini *initial value* atau parameter awal masing-masing fungsi matematis diperoleh menggunakan *curve fitting tool* (*cftool*) kemudian diestimasi menggunakan metode Levenberg-Marquardt. Model yang mampu mewakili data observasi kebutuhan air golongan pelanggan sosial adalah fungsi polinomial orde 5. Hasil estimasi menggunakan metode Levenberg-Marquardt dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini:

Gambar 2. Hasil Estimasi Data Pemakaian Air Bersih Pelanggan Sosial (Tahun 2007-2015)

Persamaan model yang didapatkan dari hasil estimasi menggunakan metode Levenberg-Marquardt fungsi polinomial orde 5 yaitu :

$$f(x) = (2,33 \times 10^{-5})x^5 - (6 \times 10^{-3})x^4 + (0,475)x^3 - (8,91)x^2 + 100x + (6,36 \times 10^4) \quad (5)$$

Hasil Estimasi menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,905 dan RMSE sebesar $4,77 \times 10^2$. Hasil uji data menghasilkan nilai RMSE uji sebesar $1,52 \times 10^3$ dan nilai koefisien korelasi uji sebesar 0,765. Hasil prediksi pemakaian air bersih PDAM Kota Pontianak untuk pelanggan sosial tahun 2017 hingga 2019 dapat dilihat pada gambar 3 berikut:

Gambar 3. Prediksi Data Pemakaian Air Bersih Pelanggan Sosial (Tahun 2017-2019)

Kebutuhan air bersih pelanggan sosial pada tahun 2017 akan mengalami kenaikan sebesar 7,55 %, tahun 2018 meningkat sebesar 14,37% dan pada tahun 2019 akan mengalami peningkatan sebesar 21%.

3.2 Kebutuhan Air Bersih Golongan Pelanggan Nonniaga

Gambar 4. Pemakaian Air Bersih Pelanggan Nonniaga

Gambar 4 adalah data observasi berupa pemakaian air bersih PDAM Kota Pontianak untuk pelanggan nonniaga. Fungsi matematika yang mampu mewakili data observasi tersebut adalah polinomial orde 6. Hasil estimasinya dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini :

Gambar 5. Hasil Estimasi Data Pemakaian Air Bersih Pelanggan Nonniaga

Estimasi pada data menggunakan metode Levenberg-Marquardt menghasilkan model matematika polinomial orde 6 yaitu :

$$f(x) = (2,61 \times 10^{-5})x^6 - (8,4 \times 10^{-3})x^5 + (0,99)x^4 - (52,19)x^3 + (1,28 \times 10^3)x^2 - (5,06 \times 10^3)x + (1,26 \times 10^6) \quad (6)$$

Nilai RMSE yang diperoleh dari proses estimasi sebesar $9,25 \times 10^4$ dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,956, sedangkan hasil uji data menghasilkan nilai RMSE uji sebesar $1,23 \times 10^5$ dan nilai koefisien korelasi uji sebesar 0,527. Kemudian adalah dilakukan prediksi data

pemakaian air bersih pelanggan nonniaga pada tahun 2017 hingga 2019 dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 6 berikut :

Gambar 6. Prediksi Data Pemakaian Air Bersih Pelanggan Nonniaga (Tahun 2017-2019)

Gambar 6 menunjukkan bahwa kebutuhan air bersih pelanggan nonniaga akan mengalami kenaikan yang relatif konsisten pada tahun 2017 hingga tahun 2019. Kebutuhan air bersih pelanggan nonniaga akan mengalami kenaikan sebesar 28,65% pada tahun 2017, dan meningkat kembali sebesar 36,31% pada tahun 2018 serta mengalami peningkatan lagi sebesar 45,52% pada tahun 2019.

3.3 Kebutuhan Air Bersih Golongan Pelanggan Niaga

Data observasi pelanggan niaga merupakan data nonlinear yang ditunjukkan pada gambar 7 berikut ini :

Gambar 7. Pemakaian Air Bersih Pelanggan Niaga

Proses estimasi dilakukan menggunakan metode Levenberg-Marquardt sehingga diperoleh fungsi polinomial orde 6 merupakan

fungsi matematika yang mampu mewakili data observasi pelanggan niaga. Hal ini dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini:

Gambar 8. Hasil Estimasi Menggunakan Metode Levenberg-Marquardt Data Pemakaian Air Bersih Pelanggan Niaga (Tahun 2007-2015)

Hasil estimasi menggunakan metode Levenberg-Marquardt fungsi polinomial orde 6 dapat ditulis dalam persamaan model berikut :

$$f(x) = (7,13 \times 10^{-6}) x^6 - (2,30 \times 10^{-3}) x^5 + (0,271) x^4 - (14,3) x^3 + 351 x^2 - (2,66 \times 10^3) x + (2,05 \times 10^5) \quad (7)$$

Nilai koefisien korelasi yang diperoleh dari hasil estimasi sebesar 0,878 dan RMSE sebesar $2,91 \times 10^4$. Hasil uji data menghasilkan nilai RMSE uji sebesar $2,43 \times 10^4$ dan nilai koefisien korelasi uji sebesar 0,529. Selanjutnya telah dilakukan prediksi data pemakaian air bersih pelanggan sosial pada tahun 2017 hingga 2019 yang dapat dilihat pada gambar 9 berikut :

Gambar 9. Prediksi Data Pemakaian Air Bersih Pelanggan Niaga (Tahun 2017-2019)

Hasil prediksi menunjukkan bahwa pada tahun 2017 kebutuhan air bersih pelanggan niaga mengalami kenaikan sebesar 24,8%, tahun 2018 meningkat sebesar 54% dan pada tahun 2019 akan mengalami peningkatan sebesar 57%.

3.4 Kebutuhan Air Bersih Golongan Pelanggan Industri

Data pemakaian air bersih pelanggan industri dapat dilihat pada gambar 10. Data tersebut merupakan data yang tidak linear, sehingga dapat diestimasi menggunakan metode Levenberg-Marquardt.

Gambar 10. Pemakaian Air Bersih Pelanggan Industri

Estimasi model yang telah dilakukan menghasilkan fungsi polinomial orde 4 merupakan fungsi matematika yang mampu mewakili data observasi kebutuhan air golongan pelanggan industri. Hasil model fungsi polinomial orde 4 dapat dituliskan dengan persamaan berikut :

$$f(x) = (2,98 \times 10^{-4})x^4 - (0,075)x^3 + (6,19)x^2 - (212)x + (7,4 \times 10^3) \quad (8)$$

Gambar 11. Hasil Estimasi Menggunakan Metode Levenberg-Marquardt Data Pemakaian

Air Bersih Pelanggan Industri (Tahun 2007-2016)

Gambar 11 merupakan hasil estimasi data pelanggan industri menggunakan metode Levenberg-Marquardt. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,719 dan RMSE sebesar $8,34 \times 10^2$. Hasil uji data menghasilkan nilai RMSE uji sebesar $4,61 \times 10^2$ dan nilai koefisien korelasi uji sebesar 0,537. Hasil prediksi pemakaian air bersih PDAM Kota Pontianak tahun 2017 hingga 2019 dapat dilihat pada gambar 12 dibawah ini :

Gambar 12. Prediksi Data Pemakaian Air Bersih Pelanggan Industri (Tahun 2017-2019)

Kebutuhan air bersih pelanggan industri mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini dapat ditunjukkan dengan besarnya peningkatan kebutuhan air bersih pada tahun 2017 sebesar 20,95%, tahun 2018 meningkat sebesar 29,37% dan pada tahun 2019 akan mengalami peningkatan sebesar 31,83%.

4. Kesimpulan

Kebutuhan air bersih di PDAM Kota Pontianak telah dimodelkan menggunakan metode Levenberg-Marquardt. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa fungsi matematika terbaik golongan pelanggan sosial adalah fungsi polinomial orde 5 dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,905 dan RMSE estimasinya sebesar $4,77 \times 10^2$. Kemudian untuk pelanggan nonniaga dan pelanggan niaga, fungsi matematika terbaiknya adalah polinomial orde 6 dengan nilai korelasi masing-masing pelanggan adalah 0,956 dan 0,878 serta RMSE sebesar $9,25 \times 10^4$ dan $2,91 \times 10^4$. Selanjutnya untuk pelanggan industri, fungsi matematika terbaik adalah polinomial orde 4 dengan nilai korelasi sebesar 0,719 dan RMSE sebesar $8,43 \times 10^2$. Hasil prediksi yang diperoleh dari tahun 2017 hingga tahun 2019 menunjukkan bahwa semua golongan pelanggan mengalami peningkatan.

Daftar Pustaka

- [1] Ketentuan Umum Permenkes R.I No:416/MENKES/PER/IX/1990, n.d. Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- [2] Badan Pusat Statistik, 2015. Banyaknya Air PDAM yang disalurkan (M3) Menurut Jenis Konsumen di Kota Pontianak. Pontianak: BPS.
- [3] Hasan, V.N.P., Mahmudy, W.F. & Sarwani, M.Z., 2016. Pemodelan Regresi Non Linear Menggunakan Algoritma Genetika untuk Prediksi Kebutuhan Air PDAM Kota Malang. Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK), III , pp.59-65.
- [4] Wijanarko, A., 2011. Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih Unit Kedawung PDAM Sragen. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [5] Grandis, H., 2009. Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika. ITB,Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- [6] Yudha,A., 2012. Identifikasi Struktur Bawah Tanah di Kelurahan Pangmilang Kecamatan Singkawang Selatan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas dan Inversi Levenberg-Marquardt. Jurnal Positron Jurusan Fisika,II, pp.06-11.
- [7] Wrede, R. & R.Spiegel, M., 2006. Teori dan Soal-soal Kalkulus Lanjut. kedua ed. Jakarta: Erlangga.