

# Estimasi Dosis Alumunium Sulfat pada Proses Penjernihan Air Menggunakan Metode *Genetic Algorithm*

Meilinda Ayundyahrini, Rusdhianto Effendie A. K, Nurlita Gamayanti  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111  
*e-mail*: ditto@elect-eng.its.ac.id

**Abstrak-** Kualitas air minum tergantung dari kekeruhan dan pH. Proses koagulasi merupakan proses utama penjernihan air yang bertujuan untuk mengikat partikel-partikel dalam air menggunakan koagulan. Hubungan kualitas air dan dosis membentuk kurva U sehingga dosis optimum merupakan titik minimum dari kurva. Ketika pemberian dosis tidak tepat maka bisa merusak kualitas air itu sendiri. Metode yang digunakan untuk mencari dosis minimum adalah Algoritma Genetika dengan tahapan meliputi normalisasi data, stratifikasi, inialisasi populasi, evaluasi individu, seleksi turnamen, pindah silang, mutasi, dan elitisme. Persamaan *least square error* dan kesalahan sesaat digunakan sebagai persamaan *fitness*. Pencarian persamaan optimum dibagi menjadi dua musim, yaitu musim kemarau dan penghujan. Musim kemarau, persamaan optimum didapat dengan mengelompokkan data menjadi tiga kelompok waktu menggunakan persamaan kesalahan sesaat. Sedangkan pada musim penghujan, persamaan optimum didapatkan melalui pengelompokan data menjadi tiga golongan terhadap kekeruhan menggunakan persamaan kesalahan sesaat. Hasil simulasi menunjukkan jika data estimasi dosis mampu mengikuti data dosis tawas perusahaan.

**Kata Kunci :** Penjernihan Air, Koagulasi, Algoritma Genetika, Metode *Least Square Error*, Kesalahan Sesaat, Persamaan Polinomial

## I. PENDAHULUAN

Lingkungan yang bersih merupakan bagian dari pelengkap kenyamanan hidup dan menjaganya merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan. Satu hal yang harus diperhatikan yaitu kebersihan sumber daya air terutama air sungai. Sejauh ini sebagian besar sungai terkontaminasi limbah seiring dengan perkembangan industri, perkembangan kota, dan aktifitas manusia. Jika hal ini terus terjadi maka besar kemungkinan pengendapan dan kekeruhan air sungai meningkat dan menurunkan kualitas air sungai.

Kekeruhan air dipengaruhi banyak faktor, seperti pembuangan hasil aktifitas masyarakat dan musim. Hal ini merupakan tantangan perusahaan pengolah air minum. Ketika kondisi air baku yang memiliki kualitas air yang tidak layak, perusahaan tetap harus menyediakan air bersih yang berkualitas. Oleh karena itu, perusahaan pengolah air minum mengoperasikan *Water Treatment Plant* (WTP). Terdapat berbagai macam proses yang berlangsung di WTP, salah satu proses utamanya adalah penjernihan air. Terdapat berbagai metode dalam penjernihan air salah satunya adalah proses

koagulasi. Pada proses tersebut terjadi pengikatan partikel-partikel koloid air menjadi koagulan yang nantinya akan mengendap.

Proses koagulasi dapat dilakukan secara manual dan otomatis, cara manual dengan mencampurkan air baku dengan koagulan yang telah memiliki dosis tertentu, sehingga dapat ditemukan dosis optimumnya. Penentuan dosis koagulan dilakukan setiap beberapa jam sekali setiap harinya melalui penelitian laboratorium menggunakan metode *jarrest*. Namun, hubungan antara kekeruhan dan dosis bersifat tidak linier. Pencampuran dosis tawas yang berlebihan maka dapat menyebabkan air baku kembali keruh. Kelebihan metode ini adalah mampu memproses air dengan kapasitas besar namun proses pengendapannya relatif lambat. Oleh karena itu, ditambahkan koagulan untuk mempercepat pengendapan [1].

Metode Algoritma Genetika (AG) digunakan untuk mencari pendekatan antara parameter kualitas air dengan dosis tawas yang tepat. Sehingga, penelitian laboratorium mengenai kekeruhan dapat berlangsung lebih efisien dalam lebih ekonomis.

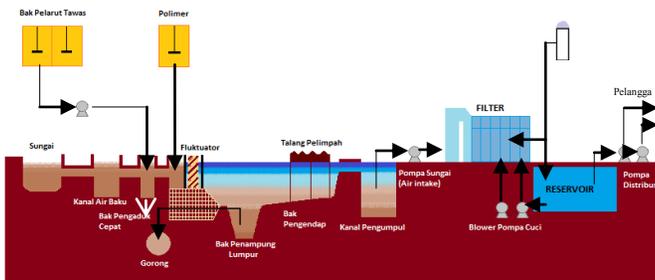
## II. TEORIDASAR

### A. Proses Pengolahan Air [1] [2]

Perusahaan pengolahan air minum menggunakan air sungai sebagai bahan baku produksi. Air sungai dialirkan dengan sistem aliran gravitasi pada DAM dan kanal. Sebelum air masuk ke bak sedimentasi air baku diberi koagulan. Salah satu proses koagulasi adalah dengan menggunakan alumunium sulfat cair sebagai bahan penggumpal flok halus. Lalu air diberi larutan polymer 0,03% agar flok-flok kecil akibat proses koagulasi dapat terikat dan bebannya semakin berat sehingga lumpur semakin cepat mengendap di bak-bak flokulasi dan bak sedimentasi. Air yang telah mengalami pengendapan disebut air *intake*, air *intake* masih belum memiliki standar layak produksi karena kadar kekeruhannya masih berkisar <10 ntu. Dari bak sedimentasi air menuju kanal III untuk dipompa ke 18 filter dengan kecepatan penyaringan 9,24 m/jam. Pada proses pemompaan air *intake* menuju filter, air berada di ketinggian yang berbeda sehingga air harus dipompa dan menyembur ke atas. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kadar oksigen dalam air.

Air yang telah mengalami penyaringan memiliki kadar kekeruhan yang rendah yaitu <0,8 ntu. Air telah memenuhi tingkat kelayakan produksi namun air masih mengandung

kuman sehingga diperlukan proses desinfeksi. Desinfeksi pasca penjernihan dilakukan dengan injeksi gas chlor dengan waktu injeksi sekitar 25 menit (1500 liter/detik) pada bak penampung berkapasitas 3600 m<sup>3</sup>. Setelah di injeksi gas chlor air didiamkan selama 10 menit untuk menyempurnakan desinfeksi. Air dapat didistribusikan apabila sisa chlor bebas dalam air kurang dari 1 mg/liter.



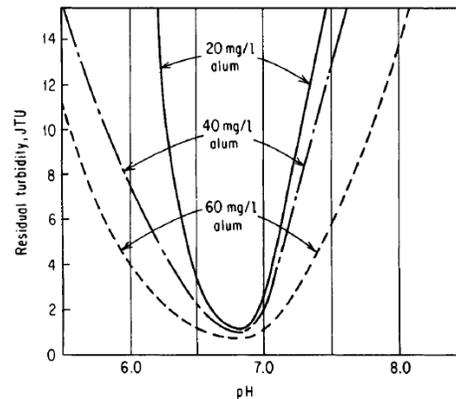
Gambar. 1. Proses Pengolahan Air di IPAM Ngagel III

Proses koagulasi dilakukan setiap 2 jam atau mengikuti kualitas air baku. Berikut merupakan *Standart Operasional Procedure (SOP)* jartest di Ngagel III Surabaya.

- a. Penyiapan Peralatan Jartest:
  1. *Jartest tester*, *Beker glass* 1.000 ml sebanyak 5 buah
  2. *Turbidity meter* sebanyak 1 unit
  3. Alat pH meter sebanyak 1 unit
  4. Pipet 10 ml, 5 ml, dan 1 ml masing-masing 1 buah
  5. Gelas reagen 1000 ml dan 500 ml masing-masing 1 buah
  6. Gelas ukur 500 ml, 25 ml masing-masing 1 buah
  7. Karet penghisap 1 buah
  8. Stabilizer/impeller 600 W, 220 Volt
- b. Penyiapan Larutan:
  1. Larutan tawas konsentrasi 1%: 10 gr Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/liter air
  2. Larutan polymer (polielektrolit), konsentrasi 0,01% : 0,1 gr/liter air
- c. Langkah kerja pelaksanaan Jartest:
  1. Siapkan 10 liter air
  2. Aduk terlebih dahulu, kemudian analisa pH, kekeruhan, dan warna dari sampel air
  3. Isi beker glass air baku ±1.000 ml (sebanyak 6 buah)
  4. Masukkan larutan tawas (1%) dengan perbedaan antara glass 1 ml (10 ppm).
  5. Kemudian atur *setting time* menjadi ±2 menit dan *setting speed* dengan kecepatan 100 Rpm (aduk).
  6. Turunkan kecepatan *setting time* menjadi ± 5 menit dan *setting speed* dengan kecepatan 40 Rpm, tambahkan larutan poly (0,01%) (aduk).
  7. Turunkan kecepatan *setting time* menjadi ± 3 menit dan *setting speed* dengan kecrepatan 25 Rpm.
  8. Angkat impeller, amati dan diamkan ±15 menit.

Koagulan cukup sensitif terhadap pH, kisaran pH dengan koagulan alum (tawas) berkisar antara 5,5-7,5. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Ridwan dan James Nobelia L menyatakan bahwa seiring dengan peningkatan kekeruhan, alkalinitas, dan zat organik menyebabkan peningkatan dosis koagulan. Sebaliknya, pH memiliki hubungan negatif terhadap dosis koagulan. Hubungan antara kekeruhan, pH, dan dosis koagulan berbentuk kurva U

(parabola terbuka) seperti pada Gambar 2. Dengan melihat kondisi tersebut maka dosis minimal yang didapat dijadikan dosis paling cocok untuk *plant*.



Gambar. 2. Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Batas Geser pH [3]

Pengaruh musim terhadap proses penjernihan air yang signifikan adalah tingkat kekeruhan air baku yang digunakan. Kekeruhan air sungai pada musim penghujan lebih tinggi daripada musim kemarau karena padatan tersuspensi berupa lapisan permukaan tanah yang terbawa oleh aliran air. Hal tersebut diungkapkan oleh Effendi dalam penelitian yang dilakukan oleh Dyah Agustiningasih [4] dalam tesisnya. Sebaliknya, pada musim kemarau kekeruhan jauh berkurang dengan debit air lebih sedikit.

Berdasarkan data dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Karangploso, Malang, awal musim penghujan tahun 2012 untuk daerah Surabaya diperkirakan dimulai bulan Nopember (Minggu III). Sedangkan musim kemarau untuk daerah Surabaya di perkiraan pada awal bulan Mei [5].

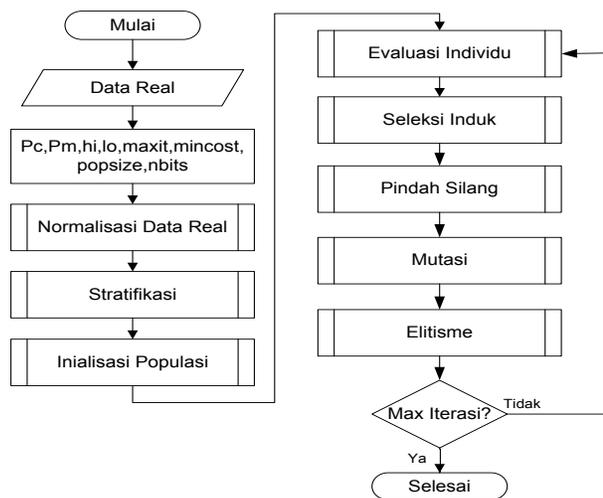
*B. Algoritma Genetika*

Algoritma genetika merupakan pengembangan dari ilmu biologi yaitu teori evolusi. Algoritma genetika memiliki beberapa elemen pendukung. Melanie Mitchell menyatakan bahwa elemen AG adalah populasi kromosom, seleksi menurut *fitness*, pindah silang untuk menghasilkan keturunan baru, dan mutasi acak untuk keturunan yang baru. Sedangkan menurut Suyanto, GA terdiri dari tujuh elemen, yaitu: pengkodean, nilai *fitnees*, seleksi induk, pindah silang, mutasi, elitisme, dan penggantian populasi. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing sehingga ketujuh elemen tidak harus digunakan sekaligus. Penggunaan elemen tergantung dengan permasalahan karena metode yang bagus untuk permasalahan A belum tentu bagus untuk masalah B ataupun masalah C.

III. PERANCANGAN SISTEM

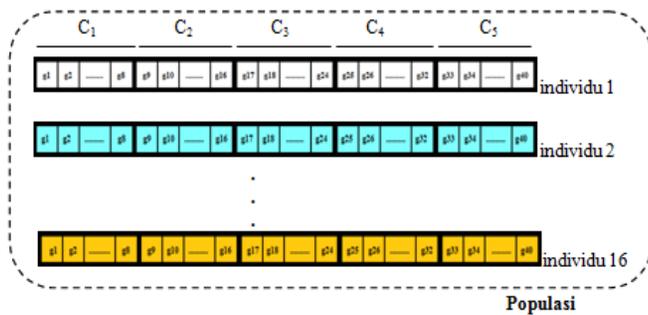
Penentuan dosis tawas merupakan masalah optimasi seperti pada Gambar 2 dimana solusi yang optimal merupakan titik terendah grafik. Data IPAM Ngagel III merupakan data yang digunakan untuk menemukan fungsi matematika masing-masing musim. Dengan mencari nilai kesalahan terkecil antara data sebenarnya dengan data pendekatan AG maka akan ditemukan nilai yang mendekati atau cocok untuk menjadi nilai koefisien kedua parameter.

Pencarian solusi dosis tawas terdiri dari beberapa sub proses. Gambar 3 merupakan diagram alir utama dari pencarian solusi penentuan dosis tawas.



Gambar. 3. Diagram Alir Algoritma Genetika

Representasi dari kromosom, individu, dan populasi dalam perancangan sistem terdapat pada Gambar 4.



Gambar. 4. Representasi Kromosom, Individu, dan Populasi

Normalisasi data perusahaan digunakan untuk menjadikan ketiga data berada di skala nilai tertentu, yaitu 0 hingga 1. Data normalisasi ini kemudian mengalami stratifikasi atau pengelompokan data terhadap tingkat kekeruhan dan waktu. Pengelompokan data bertujuan untuk menemukan penyelesaian sistem yang paling optimum.

Inialisasi populasi merupakan solusi awal yang berbentuk matrik  $popsize \times Nt$  dalam data biner. Solusi awal kemudian melalui proses evaluasi individu untuk dinilai performansinya.

$$\begin{aligned} \hat{y} &= \hat{C}_1 X_1 + \hat{C}_2 X_2 + \hat{C}_3 X_1 X_2 + \hat{C}_4 X_1^2 + \hat{C}_5 X_2^2 & 1 \\ h &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y - \hat{y})^2 & 2 \\ h &= \frac{1}{2} (y - \hat{y})^2 & 3 \\ F &= h & 4 \end{aligned}$$

Persamaan 1 merupakan persamaan polinomial untuk mencari nilai koefisien  $(\hat{C}_{1,2,3,4,5})$ . Koefisien didapatkan dari data normalisasi yang di generate maka didapatkan  $\hat{y}$ . Dari estimasi dan data perusahaan akan didapatkan selisihnya. Nilai selisih antara data perusahaan dan prediksi dapat menggunakan Persamaan 2, yaitu *least square error* dan Persamaan 3 merupakan persamaan kesalahan sesaat. Individu yang menduduki indeks tertinggi merupakan individu yang

memiliki nilai selisih terendah, hal tersebut menunjukkan jika data perusahaan dan prediksi hampir sama. Seleksi induk menggunakan seleksi turnamen dimana individu yang berkesempatan menjadi induk merupakan individu dengan indeks delapan teratas.

Proses pindah silang menggunakan pindah silang satu titik. Pindah silang terjadi dengan kemungkinan  $(Pc)$  0,5, dimana individu yang mengalami pindah silang adalah individu yang berada di indeks 9 hingga 16 sehingga individu berperformansi jelek dapat ditingkatkan. Pemilihan titik potong dipilih secara acak. Setelah mengalami pindah silang, individu mengalami mutasi dengan  $Pm$  bernilai 0,15. Sehingga terdapat 96 bit dalam satu populasi yang akan mengalami mutasi. Pemilihan bit tersebut juga akan dipilih secara acak.

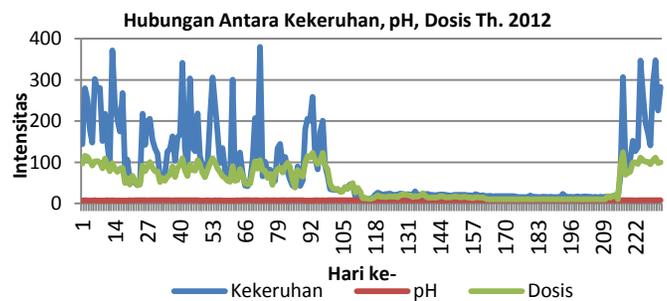
Setelah mengalami proses perubahan performansi maka perlu untuk menjaga individu yang berada di indeks tertinggi, proses ini disebut elitisme. Proses elitisme dilakukan dengan tidak mengeksekusi individu hingga didapatkan individu yang lebih baik lagi.

#### IV. PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

##### A. Pengujian Data Keseluruhan

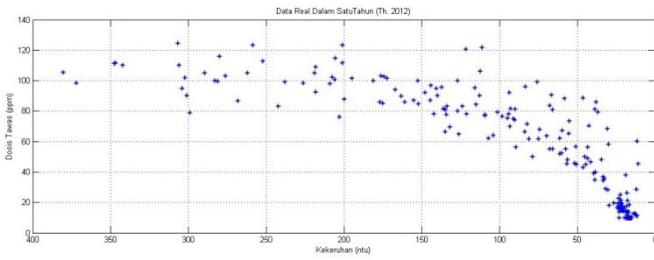
Spesifikasi Algoritma Genetika pada simulasi ini adalah dengan membangkitkan 16 individu di populasi awal dengan lima variabel yang berfungsi sebagai koefisien. Setiap variabel terdiri dari delapan gen (bit). Probabilitas pindah silang  $(Pc)$  sebesar 0,5, probabilitas mutasi  $(Pm)$  sebesar 0,15, dan  $maxit$  sebanyak 50000 kali.

Data perusahaan yang digunakan merupakan data kualitas air baku dan dosis tawas IPAM Ngagel III th. 2012. Berdasarkan data BMG Karangploso, diperkirakan Surabaya mengalami awal musim kemarau di awal bulan Mei. Sedangkan untuk musim penghujan, daerah Surabaya terjadi pada bulan November minggu ketiga perbedaan maju atau mundur musim sekitar satu sampai dua bulan. Berdasarkan data perusahaan musim kemarau ditunjukkan pada akhir bulan Mei pada dasarian III (tanggal 20 sampai akhir Mei).

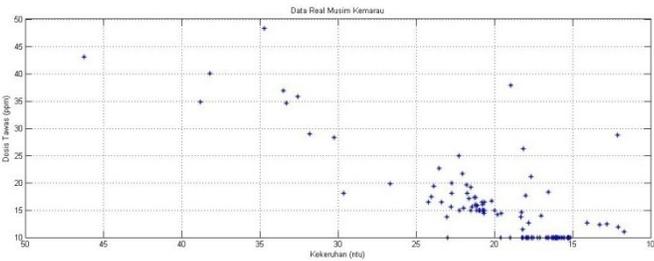


Gambar. 5. Grafik Hubungan Antara Dosis dan Kemarau Th. 2012

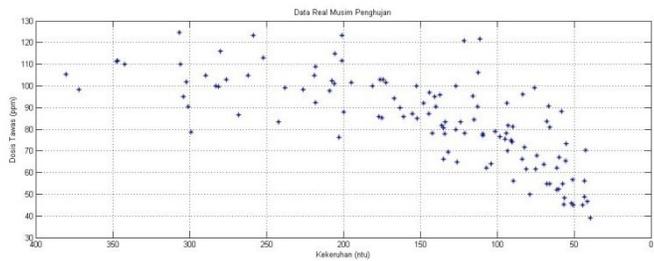
Gambar 6 merupakan titik persebaran data perusahaan dimana merupakan gabungan dari musim kemarau dan penghujan. Dari gambar terlihat jika titik persebaran tidak linier.



Gambar. 6. Bentuk Persebaran Dosis Tawas dan Kekeruhan Dalam Satu Tahun



Gambar. 7. Bentuk Persebaran Hubungan Dosis Tawas dan Kekeruhan di Musim Kemarau



Gambar. 8. Bentuk Persebaran Hubungan Dosis Tawas dan Kekeruhan di Musim Penghujan

Hubungan antara dosis tawas dan kekeruhan di musim kemarau dapat ditunjukkan pada Gambar 7. Gambar 8 menunjukkan hubungan antara dosis dengan kekeruhan di musim penghujan. Ketiga gambar persebaran data menunjukkan hubungan yang tidak linier sehingga, kasus bisa didekati dengan persamaan polinomial orde 2.

Terdapat beberapa kasus pengujian, yaitu data satu tahun, musim kemarau, dan penghujan. Setiap musim terdiri dari enam kasus yang masing-masing kasus dihitung dengan persamaan kesalahan sesaat dan LSE. Kasus yang akan diuji akan dibagi berdasarkan tingkat kekeruhan dan waktu. Kasus terdiri dari musim dengan pengurutan tingkat kekeruhan, yang dibagi menjadi satu golongan kekeruhan, dua penggolongan, dan tiga penggolongan. Untuk data yang digolongkan terhadap waktu juga akan dibagi menjadi tiga, yaitu satu musim (enam bulan), setiap tiga bulan, dan setiap dua bulan.

Pengujian dilakukan sepuluh kali pada setiap kasus kemudian diambil nilai rata-rata hasil selisih pengujian. Pengambilan nilai selisih dari hasil pengujian terdapat 2, yaitu nilai selisih dari rata-rata kesalahan setiap individu dan selisih dari rata-rata data keseluruhan. Data hasil pengujian terdapat pada Tabel 1.

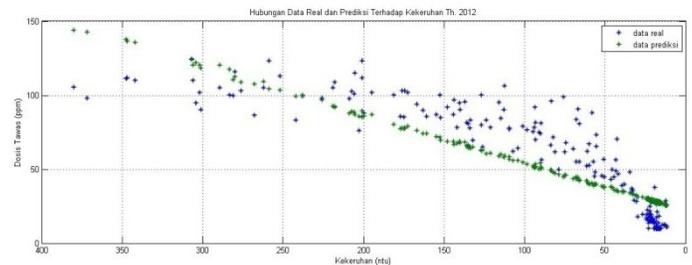
Tabel 1 menunjukkan jika musim kemarau dan penghujan memiliki solusi yang berbeda. Pada musim kemarau menunjukkan bahwa metode pembagian waktu menjadi setiap dua bulan dengan menggunakan persamaan kesalahan sesaat

menghasilkan nilai selisih dari rata-rata kesalahan setiap individu paling kecil, yaitu 2,787. Sedangkan musim penghujan, nilai selisih dari rata-rata kesalahan setiap individu terkecil terdapat pada metode pembagian tingkat kekeruhan menjadi tiga level, yaitu kekeruhan kecil, sedang, dan tinggi yang menggunakan persamaan kesalahan sesaat, yaitu bernilai 8,639.

Tabel 1. Nilai Rata-rata Kesalahan Semua Pengujian

Keterangan	LSE	Kesalahan sesaat
<b>Satu Tahun</b>		
1. Tanpa pengurutan kekeruhan	16,645; 1,226	16,716; 0,796
2. Dengan pengurutan kekeruhan	16,638; 1,107	16,644; 1,147
<b>Musim Kemarau</b>		
1. Satu tk. kekeruhan	4,08; 0,935	3,779; 1,027
2. Dua tk.kekeruhan	3,971; 1,577	3,665; 1,432
3. Tiga tk. kekeruhan	3,194; 0,968	3,039; 0,89
4. Setiap 6 bulan	3,08; 0,674	3,076; 0,349
5. Setiap 3 bulan	3,37; 0,879	3,66; 1,018
6. Setiap 2 bulan	2,327; 0,033	2,297; 0,027
<b>Musim Penghujan</b>		
1. Satu tk. kekeruhan	10,611; 0,521	10,584; 0,403
2. Dua tk.kekeruhan	9,165; 0,307	9,137; 0,307
3. Tiga tk. kekeruhan	8,501; 0,056	8,491; 0,023
4. Setiap 6 bulan	10,584; 0,493	10,583; 0,523
5. Setiap 3 bulan	10,376; 0,204	10,357; 0,304
6. Setiap 2 bulan	9,802; 0,343	9,78; 0,199

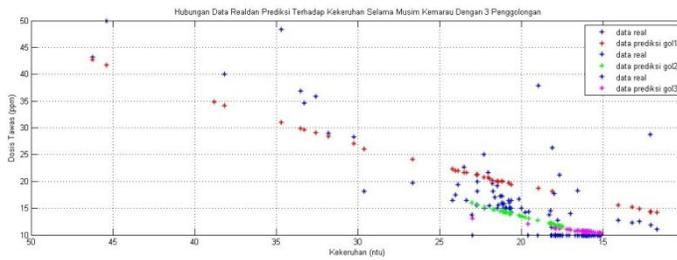
Munculnya selisih disebabkan karena sebaran nilai prediksi tidak bisa mengikuti sebaran data perusahaan. Kondisi ini sangat terlihat pada data satu tahun. Sebaran data perusahaan dan prediksi terdapat pada Gambar 9 sedangkan Gambar 10 menunjukkan pengujian musim kemarau dengan tiga penggolongan data terhadap waktu.



Gambar. 9. Hubungan Data Perusahaan dan Prediksi Terhadap Kekeruhan Selama Satu Tahun Pada Pengujian Pertama menggunakan LSE

Persamaan yang muncul pada Gambar 4.9 terdapat pada Persamaan 5.

$$\hat{y} = 4,5098X_1 + 0,0392X_2 + 0,8627X_1X_2 + 9,6863X_1^2 \quad 5$$



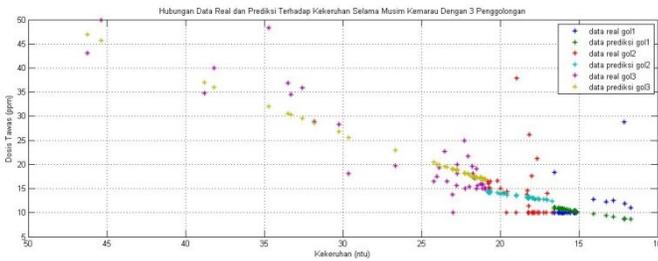
Gambar. 10. Sebaran Data Perusahaan dan Prediksi Musim Kemarau Dengan Tiga Penggolongan Waktu (*Kesalahan sesaat*)

Persamaan yang muncul berdasarkan Gambar 10 adalah Persamaan 6, 7, dan 8.

$$\hat{y} = 4,902X_1 + 0,549X_2 + 0,3922X_1X_2 + 9,8824X_1^2 \quad (6)$$

$$\hat{y} = 9,0196X_1 + 0,0392X_2 + 0,5098X_1X_2 + 8X_1^2 \quad (7)$$

$$\hat{y} = 4,8627X_1 + 0,3529X_2 + 0,1961X_1X_2 + 4,0392X_1^2 \quad (8)$$



Gambar. 11. Sebaran Data Perusahaan dan Prediksi Pada Pengujian Ketujuh Dengan Tiga Penggolongan Kekeruhan (LSE)

Persamaan 9 digunakan untuk mencari titik prediksi pada golongan kekeruhan kecil. Persamaan 10 digunakan untuk mencari nilai prediksi golongan sedang, dan Persamaan 11 digunakan untuk mencari nilai prediksi tingkat kekeruhan tinggi.

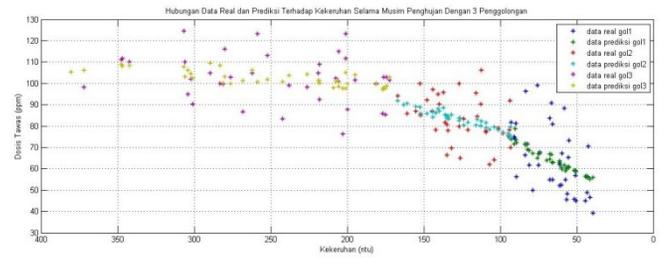
$$\hat{y} = 1,3725X_1 + 0,1961X_2 + 1,176X_1X_2 + 8,8235X_1^2 \quad (9)$$

$$\hat{y} = 2,549X_1 + 36,8627X_1^2 \quad (10)$$

$$\hat{y} = 12,3529X_1 + 0,1961X_2 + 0,1961X_1X_2 \quad (11)$$

Penggolongan data terhadap waktu memiliki nilai selisih lebih rendah dibandingkan nilai selisih penggolongan data terhadap kekeruhan. Hal ini disebabkan karena data penggolongan kekeruhan memiliki jarak dosis lebih besar. Penggolongan data terhadap waktu lebih rapat, contohnya pada akhir musim kemarau dan kekeruhan golongan kecil memiliki jarak data yang hampir sama, namun pada akhir musim kemarau data berada antara 10 sampai 22. Sedangkan jarak data golongan kekeruhan kecil berada di 10 sampai 30.

Gambar 12 merupakan sebaran data perusahaan dan prediksi pada musim penghujan. Jika dibandingkan antara Gambar 10 dan Gambar 12, data perusahaan musim kemarau lebih rapi jika dibandingkan dengan musim penghujan. Hal ini menyebabkan daerah sebaran data prediksi musim penghujan lebih lebar. Oleh karena itu pada musim penghujan, penggolongan berdasarkan kekeruhan menghasilkan nilai selisih paling kecil karena terjadi pembatasan data perusahaan. Gambar 12 menunjukkan sebaran data perusahaan dan prediksi berdasarkan tiga penggolongan waktu. Titik sebaran menunjukkan jika meskipun data dibatasi setiap dua bulan, data perusahaan tetap hampir memiliki jarak yang sama dengan tanpa penggolongan waktu.



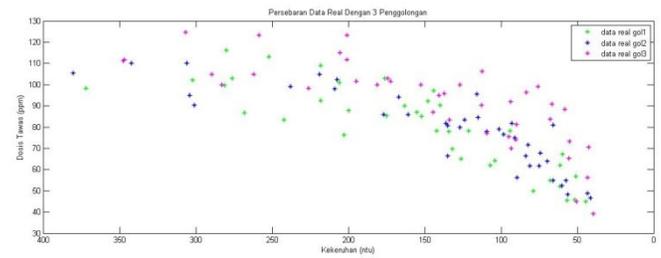
Gambar. 12. Sebaran Data Perusahaan dan Prediksi Musim Penghujan Tiga Penggolongan Kekeruhan

Persamaan 12 untuk mencari nilai prediksi pada tingkat kekeruhan kecil, Persamaan 13 untuk mencari nilai prediksi pada tingkat kekeruhan sedang, dan Persamaan 13 untuk mencari nilai prediksi tingkat kekeruhan tinggi.

$$\hat{y} = 41,9608X_1 + 0,3922X_2 + 12,1569X_1X_2 + 0,1961X_2^2 \quad (12)$$

$$\hat{y} = 30X_1 + 5,6863X_2 + 0,1961X_1X_2 + 50X_1^2 \quad (13)$$

$$\hat{y} = 5,4902X_1 + 3,9216X_2 + 0,3922X_1X_2 + 1,1765X_1^2 + 0,3922X_2^2 \quad (14)$$



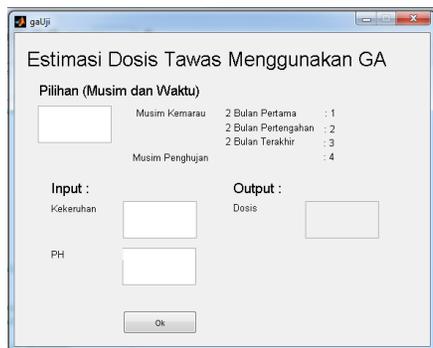
Gambar. 12. Sebaran Data Perusahaan Musim Penghujan Menjadi Tiga Golongan Waktu

### B. Pengujian Estimasi Dosis Tawar

Estimasi dosis tawar dilakukan dengan cara memasukkan nilai kekeruhan dan pH kemudian diolah menggunakan persamaan yang didapat sesuai musim. Masing-masing musim memiliki tiga persamaan yang berbeda. Berdasarkan pengujian musim kemarau memiliki nilai selisih terkecil dengan menggolongkan data menjadi tiga terhadap waktu, yaitu 2 bulan pertama, 2 bulan pertengahan, dan 2 bulan pertama. Hal ini menunjukkan jika musim kemarau memiliki tiga pemilihan kondisi.

Musim penghujan, nilai selisih terkecil didapat dari penggolongan data menjadi tiga terhadap tingkat kekeruhan. Oleh karena itu, masukan parameter kekeruhan akan digolongkan berdasar batas nilai kekeruhan tiap golongan. Untuk golongan kekeruhan kecil nilai dibatasi antara 35 sampai 93, kekeruhan tingkat sedang dibatasi antara 93 sampai 167, sedangkan kekeruhan tingkat tinggi dibatasi antara 167 sampai 400. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai estimasi pada musim kemarau adalah Persamaan 9, Persamaan 10, dan Persamaan 11. Sedangkan pada musim penghujan persamaan yang digunakan adalah Persamaan 12, Persamaan 13, dan Persamaan 14.

Tampilan perangkat lunak estimasi dosis tawar ditunjukkan pada Gambar 13. Pengujian dilakukan dengan membandingkan parameter kekeruhan, pH, dan dosis tawar dari data perusahaan. Perbandingan data dilakukan sesuai dengan musim. Hasil estimasi dosis tawar ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar. 13. Tampilan Perangkat Lunak Estimasi Dosis

Tabel 2.  
Hasil Estimasi Dosis Tawas

Kondisi	Masukan		Keluaran Dosis Tawas (ppm)		selisih
	kekeruhan (ntu)	pH	PDAM	GA	
<b>Musim Kemarau</b>					
Data 2 bulan pertama	33,29	7,83	34,58	31,8082	2,7718
	11,71	7,74	11,04	11,3458	0,3058
	21,5	7,58	19,17	19,351	0,181
	24,04	7,71	17,5	21,9931	4,4931
Data 2 bulan pertengahan	12,08	7,65	11,88	11,5176	0,3624
	22,71	7,75	18,13	17,3716	0,7584
	20,63	7,98	15	14,4737	0,5263
	19,58	7,61	14,38	13,1108	1,2692
Data 2 bulan terakhir	18	7,81	10	11,1867	1,1867
	17,67	7,68	10	10,804	0,804
	19,6	7,91	10	12,2312	2,2312
	15,8	7,76	10	10,4206	0,4206
	16,71	7,6	10	10,7293	0,7293
	21,3	7,71	10	12,8621	2,8621
	17,08	7,87	10	11,0667	1,0667
<b>Musim Penghujan</b>					
Gol. Kekeruhan Kecil	41,6	7,56	46,7	51,2576	4,5576
	50,8	7,61	56,7	56,5889	0,111
	57,3	7,41	55	57,9831	2,9831
	82,13	7,54	71,67	72,329	0,659
Gol. Kekeruhan Sedang	89,96	7,67	81,25	77,9985	3,2515
	94	7,42	78,3	75,6502	2,6498
	101,2	7,59	79,17	78,3924	0,7776
	121	7,56	78,3	81,9004	3,6004
Gol. Kekeruhan Tinggi	140	7,65	90,4	86,6054	3,7946
	167	7,6	94,2	92,2958	1,9042
	174,3	7,51	102,9	98,597	4,303
	181,1	7,54	100	99,3982	0,6018
	276	7,4	103	99,882	3,118
	347,6	7,72	111,3	108,689	2,611
	380,2	7,49	105,4	105,334	0,066

Nilai kesalahan didapat dari selisih antara data perusahaan dan data prediksi. Parameter kekeruhan dan pH diambil secara acak berdasarkan kondisi air baku. Selisih yang didapat mencapai 4,5576 pada musim penghujan. Seperti yang dijelaskan pada pengujian musim penghujan, terdapat banyak faktor lain yang mempengaruhi penentuan dosis tawas. Kekeruhan yang disebabkan oleh lumpur atau limbah akan menghasilkan nilai dosis yang berbeda.

### V. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian terhadap *plant* maka didapatkan beberapa kesimpulan. Musim penghujan dan musim kemarau memiliki karakteristik yang berbeda, hal tersebut ditunjukkan dari nilai koefisien yang muncul.

1. Untuk musim kemarau, penyelesaian yang bisa menghasilkan nilai selisih dari rata-rata kesalahan setiap individu sebesar 2,297 untuk dan 0,027 untuk nilai selisih dari rata-rata data keseluruhan. Nilai selisih didapat dengan mengelompokkan data menjadi tiga kelompok waktu menggunakan persamaan kesalahan sesaat.
2. Musim penghujan memiliki nilai selisih yang cukup tinggi, yaitu nilai selisih dari rata-rata kesalahan setiap individu bernilai 8,491 dan nilai selisih dari rata-rata data keseluruhan sebesar 0,023. Nilai selisih tersebut didapatkan melalui pengelompokan data menjadi tiga golongan terhadap kekeruhan menggunakan persamaan kesalahan sesaat.
3. Dari hasil pengujian pada bab sebelumnya, persamaan kesalahan sesaat menghasilkan nilai selisih lebih rendah jika dibandingkan dengan persamaan *least square error*.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Nozaic, S. Freese, dan P. Thompson, "Longterm Experience in the Use of Polymeric Coagulant at Umgeni Water," *Water Science and Technology*, Vol. 1, pp. 43-50, 2001
- [2] ....., "*Buku Manual Operasi Instalasi Pengolahan Air Minum Ngagel III*", Perusahaan PDAM Surya Sembada.
- [3] ....., "*The NALCO Water Handbook Second Edition*", Nalco Chemical Company, United States of America: McGraw-Hill Book Company, 1988.
- [4] Dyah Agustiniingsih, "Kajian Kualitas Air Sungai Blikar Kabupaten Kendal dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air", Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [5] ....., "BMKG Stasiun Klimatologi Karangploso", <<http://www.staklimkarangploso.info/>>, BMG Karangploso, 27 Mei 2013.