

# Optimasi Parameter Proses *Jar Test* Menggunakan Metode *Taguchi* dengan Pendekatan PCR-TOPSIS (Studi Kasus: PDAM Surya Sembada Kota Surabaya)

Sakura Ayu Oktaviasari dan Muhammad Mashuri

Jurusan Statistika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail:* m\_mashuri@statistika.its.ac.id

**Abstrak**—Koagulasi-flokulasi merupakan tahap awal dari proses penjernihan air yang dilakukan perusahaan. Pada dasarnya, serangkaian proses di dalam Instalasi Penjernihan Air Minum (IPAM) yang paling utama adalah untuk menurunkan kadar kekeruhan air baku. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan sebuah eksperimen proses koagulasi-flokulasi dengan alat jar test menggunakan metode Taguchi dan PCR-TOPSIS untuk mengetahui parameter proses yang memiliki pengaruh terhadap perubahan kekeruhan dan pH air untuk kemudian menentukan setting optimum yang dapat mengoptimalkan kekeruhan dan pH air. Hasil analisis menunjukkan bahwa dosis koagulan, lama waktu pengadukan cepat dan pengadukan lambat berpengaruh signifikan terhadap perubahan kekeruhan dan pH air dengan kontribusi berturut-turut sebesar 62,00%, 10,39% dan 16,03%. Kondisi optimum diperoleh pada setting dosis koagulan sebanyak 110 ppm, pengadukan cepat selama 120 detik dan kecepatan pengadukan lambat sebesar 40 rpm.

**Kata Kunci**— Koagulasi-Flokulasi, *JaTest*, Metode *Taguchi*, PCR-TOPSIS.

## I. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang sangat diperlukan bagi kehidupan manusia, baik untuk minum, maupun untuk keperluan sehari-hari seperti mencuci, mandi, dan lain-lain. PDAM Surya Sembada Kota Surabaya merupakan salah satu perusahaan pengelola air bersih dan juga bertugas untuk mendistribusikan ke pelanggan.

Pada dasarnya, serangkaian proses di dalam IPAM yang paling utama adalah untuk menurunkan kadar kekeruhan air baku. Zat padat yang terdapat di dalam air berukuran sangat kecil dan tidak dapat mengendap dengan cepat, sehingga proses koagulasi-flokulasi perlu dilakukan. Koagulasi merupakan proses pembubuhan koagulan (bahan kimia) yang berfungsi menggumpalkan partikel-partikel dalam air yang sangat kecil dan tidak dapat mengendap dan flokulasi merupakan proses terbentuknya flok-flok dan endapan. Koagulasi dan flokulasi merupakan proses yang terjadi secara berkelanjutan dengan bentuk pencampuran koagulan hingga proses pembentukan flok yang dipengaruhi oleh proses pengadukan dan dosis koagulan. Variabel penentu atau parameter proses tersebut dapat ditentukan dengan melakukan jar test (koagulasi-flokulasi skala laboratorium)<sup>[3]</sup>.

Pada penelitian ini, peneliti mencoba merancang sebuah desain eksperimen untuk meneliti efek dari beberapa

parameter proses *jar test*. Penelitian ini perlu dilakukan karena tidak ada standar yang baku dalam menentukan putaran dan lama waktu pada proses koagulasi-flokulasi dan pihak perusahaan perlu untuk mengevaluasi standar operasional prosedur *jar test* pada kondisi eksisting. Metode desain eksperimen yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah desain eksperimen Taguchi.

Permasalahan lain yang muncul pada penelitian ini adalah bahwa air yang diproduksi memiliki lebih dari satu karakteristik kualitas yang harus diperhatikan dalam pengambilan keputusan. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk menggunakan sebuah pendekatan metode multirespon dalam penelitian ini yaitu pendekatan PCR-TOPSIS.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Analisis of variance (ANOVA)

Tujuan Utama dari ANOVA adalah untuk mengetahui hasil seberapa besar variasi dari setiap faktor atau interaksi mempengaruhi variasi total dari hasil yang diamati. Beberapa notasi penting untuk menunjukkan perhitungan ini yaitu  $y$  yang merupakan observasi/respon/data,  $y_i$  merupakan respon ke- $i$  untuk  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $N$  merupakan total observasi (banyaknya trial percobaan),  $Y$  merupakan jumlah dari seluruh observasi dan  $\bar{Y}$  merupakan rata-rata dari observasi yaitu  $Y/N$ <sup>[5]</sup>.

Jika percobaan melibatkan suatu faktor A dan B, maka SSA dan SSB dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut<sup>[4]</sup>.

$$\begin{aligned} SS_A &= \sum_{a=1}^p \frac{A_a^2}{N_{Aa}} - \frac{Y^2}{N} \\ SS_B &= \sum_{b=1}^q \frac{B_b^2}{N_{Bb}} - \frac{Y^2}{N} \end{aligned} \quad (1)$$

Sehingga,

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B \quad (2)$$

dimana  $a$  adalah jumlah level dari suatu faktor A untuk  $a=1,2,\dots,p$  dan  $b$  adalah jumlah level dari suatu faktor B untuk  $b=1,2,\dots,q$ .

Percobaan dalam rancangan yang menggunakan faktor A dan faktor B, diuji dengan sebaran F. Hipotesis yang digunakan untuk taraf faktor A dan B adalah sebagai berikut<sup>[7]</sup>.

Hipotesis faktor A :

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0 ; a = 1,2,\dots,p$$

$$H_1 : \text{Minimal satu } \alpha_a \neq 0.$$

Hipotesis faktor B :

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0 ; b = 1, 2, \dots, q$$

$$H_1 : \text{Minimal satu } \beta_b \neq 0$$

$H_0$  gagal ditolak mengindikasikan tidak adanya pengaruh suatu faktor terhadap respon.  $H_0$  gagal ditolak atau ditolak didasarkan pada nilai  $F_{hitung}$  sebagai berikut.

$$F_{hitung} = \frac{MS_A}{MS_e} \quad (3)$$

$F_{hitung}$  faktor B juga dapat dihitung dengan persamaan 2.5 tersebut.  $H_0$  ditolak jika mengalami kondisi dimana  $F_{hitung} > F_{\alpha(v_1, v_2)}$ .

### B. Presentase Kontribusi Faktor

Presentase kontribusi suatu faktor dihitung dengan membagi *pure sum of square* dengan *sum of square total*<sup>[4]</sup>.

$$SS'_A = SS_A - df_A \cdot MS_e$$

$$SS'_B = SS_B - df_B \cdot MS_e \quad (4)$$

$$SS'_e = SS_e + (df_A + df_B) \cdot MS_e \quad (5)$$

Sehingga,

$$\rho_A = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100\%$$

$$\rho_B = \frac{SS'_B}{SS_T} \times 100\%$$

$$\rho_e = \frac{SS'_e}{SS_T} \times 100\% \quad (6)$$

dimana SS merupakan jumlah kuadrat dari faktor yang dihitung presentase kontribusinya,  $SS_T$  merupakan Jumlah kuadrat total, df merupakan derajat bebas dari faktor yang dihitung presentase kontribusinya dan  $MS_e$  merupakan rata-rata kuadrat dari faktor *error*.

### C. Asumsi Residual Identik, Independen dan Berdistribusi Normal

#### 1) Pemeriksaan Asumsi Residual Identik

Suatu data dikatakan identik apabila plot residualnya menyebar secara acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu.

#### 2) Pemeriksaan Asumsi Residual Independen

Suatu data dikatakan independen apabila plot residualnya menyebar secara acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu

#### 3) Pengujian Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Apabila plot data sudah mendekati garis linier, dapat dikatakan bahwa data tersebut memenuhi asumsi yaitu berdistribusi normal. Uji kenormalan data juga dapat dilihat dari hasil uji Kolmogorov Smirnov. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

$$H_0: \text{Residual berdistribusi normal}$$

$$H_1: \text{Residual tidak berdistribusi normal}$$

Nilai  $D_{hitung}$  dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$D_{hitung} = \text{Sup}_x |F_n(x) - F_0(x)| \quad (7)$$

dimana  $F_n(x)$  merupakan fungsi distribusi empirik berdasarkan sampel dan  $F_0(x)$  merupakan fungsi distribusi teoritik.  $H_0$  ditolak apabila, jika nilai  $D_{hitung} < D_{\alpha, N}$  yang berarti residual tidak berdistribusi normal<sup>[8]</sup>.

### D. Estimasi Hasil pada Kondisi Optimum

Estimasi hasil pada kondisi optimum dengan faktor A dan B yang signifikan dapat dihitung dengan persamaan berikut<sup>[6]</sup>.

$$\bar{Y}_{optimum} = \bar{Y} + (\bar{A}_{a \text{ opt}} - \bar{Y}) + (\bar{B}_{b \text{ opt}} - \bar{Y}) \quad (8)$$

dimana  $\bar{Y}$  rata-rata dari observasi,  $\bar{A}_{a \text{ opt}}$  merupakan rata-rata respon faktor A pada level a yang optimum dan  $\bar{B}_{b \text{ opt}}$

merupakan rata-rata respon faktor B pada level b yang optimum.

### E. Orthogonal Array

Suatu set *orthogonal array* dapat mengakomodasi beberapa situasi eksperimental. *Orthogonal array* yang umum digunakan tersedia untuk faktor dengan dua, tiga, dan empat level. Dalam banyak situasi, *orthogonal array* standar dimodifikasi sesuai percobaan tertentu yang memerlukan level faktor campuran. Proses desain eksperimen dimulai dari memilih *orthogonal array* yang sesuai, menempatkan faktor pada kolom yang sesuai, dan menentukan kondisi untuk setiap *trial* percobaan<sup>[4]</sup>.

### F. Signal-to-Noise Ratio

*Signal-to-Noise Ratio* sering ditulis sebagai S/N atau diwakili oleh huruf Yunani  $\eta$ . Sebagai alat ukur untuk menentukan ketahanan (*robust*), *Signal-to-Noise Ratio* merupakan komponen penting dari desain parameter<sup>[9]</sup>.

1. Karakteristik nilai tertentu adalah terbaik (*Nominal the best*)

$$\eta_{ij} = -10 \log[\text{MSD}]$$

$$= -10 \log \left[ \sum_{k=1}^n \frac{(y_{ijk} - y_0)^2}{n} \right] \quad (9)$$

2. Karakteristik semakin kecil semakin baik (*Smaller the Better*)

$$\eta_{ij} = -10 \log [\text{MSD}]$$

$$= -10 \log \left[ \sum_{k=1}^n \frac{y_{ijk}^2}{n} \right] \quad (10)$$

3. Karakteristik semakin besar semakin baik (*Larger the Better*)

$$\eta_{ij} = -10 \log [\text{MSD}]$$

$$= -10 \log \left[ \sum_{k=1}^n \frac{1/y_{ijk}^2}{n} \right] \quad (11)$$

dimana  $\eta_{ij}$  merupakan *S/N Ratio* percobaan ke-i untuk respon ke-j,  $y_i$  adalah respon percobaan ke-i, respon ke-j untuk pengulangan ke-k untuk  $k=1, 2, \dots, n$  dan  $y_0$  adalah target kualitas.

### G. Urutan Percobaan

Kondisi percobaan harus dijalankan dalam urutan acak untuk menghindari pengaruh konfigurasi percobaan<sup>[6]</sup>.

#### 1. Replication

Dalam pendekatan ini, semua kondisi percobaan akan dijalankan dalam urutan acak dengan menarik satu nomor *trial* percobaan dari satu set nomor percobaan, termasuk pengulangannya.

#### 2. Repetition

Setiap percobaan diulang sesuai banyaknya pengulangan yang telah direncanakan sebelum melanjutkan ke yang *trial* percobaan berikutnya.

### H. PCR (Process Capability Ratio)

Pada pendekatan PCR-TOPSIS, nilai *S/N Ratio* dari respon j pada percobaan/trial ke-i yang berbeda dihitung menjadi  $C_j^i$  (PCR *S/N Ratio* respon ke-j, *trial* percobaan ke-i) dengan rumus sebagai berikut<sup>[10]</sup>.

$$C_j^i = \frac{\eta_{ij} - \bar{x}_{\eta j}}{3S_{\eta j}} \quad (12)$$

$$\bar{x}_{\eta j} = \frac{\sum_{i=1}^N \eta_{ij}}{N-1} \quad (13)$$

$$S_{\eta j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\eta_{ij} - \bar{x}_{\eta j})^2}{N-1}} \quad (14)$$

dimana  $\eta_j^i$  merupakan *S/N ratio* respon ke- $j$  pada trial percobaan ke- $i$ ,  $\bar{x}_{\eta_j}$  merupakan rata-rata *S/N ratio* untuk respon ke- $j$  dan  $S_{\eta_j}$  merupakan deviasi standar sampel untuk *S/N ratio* respon ke- $j$ .

#### I. TOPSIS (Technique for Ordering Performance by Similarity to Ideal Solution)

TOPSIS menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal positif dan jarak terpanjang (terjauh) dari solusi ideal negatif dengan menggunakan jarak Euclidean (jarak antara dua titik)<sup>[10]</sup>.

$$S^i = \frac{d^{i-}}{d^{i+} + d^{i-}} \quad (15)$$

$$d^{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (C_j^i - C_j^+)^2}, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, N \quad (16)$$

$$d^{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (C_j^i - C_j^-)^2}, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, N \quad (17)$$

dimana  $d^{i+}$  merupakan jarak trial percobaan ke- $i$  dari solusi ideal positif,  $d^{i-}$  merupakan jarak trial percobaan ke- $i$  dari solusi ideal negatif,  $C_j^+$  merupakan nilai  $\max\{C_j^i\}$  untuk  $i = 1, 2, \dots, N\}$  dan  $C_j^-$  merupakan nilai  $\min\{C_j^i\}$  untuk  $i = 1, 2, \dots, N\}$ .

#### J. Jar Test

*Jar test* adalah suatu percobaan skala laboratorium yang berfungsi untuk menentukan dosis optimum dari koagulan yang digunakan dalam proses pengolahan air bersih. Apabila percobaan dilakukan secara tepat, informasi yang berguna akan diperoleh untuk membantu operator instalasi dalam mengoptimalkan proses-proses koagulasi-flokulasi dan penjernihan<sup>[11]</sup>.

#### K. Kekeruhan (Turbidity)

Kekeruhan (*turbidity*) menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Satuan kekeruhan yang diukur dengan metode *Nephelometric* adalah NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Pengukuran kekeruhan pada sampel air dengan metode *Nephelometric* dilakukan dengan menggunakan alat *turbidimeter*<sup>[2]</sup>.

#### L. Derajat Keasaman (pH)

pH adalah satuan ukur yang menguraikan derajat tingkat kadar keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan. Unit pH terentang dari 0 (asam kuat) sampai 14 (basa kuat). Istilah pH berasal dari "p" yang merupakan lambang matematika dari negatif logaritma dan "H" yang merupakan lambang kimia untuk unsur hidrogen. Definisi formal tentang pH adalah negatif logaritma dari aktivitas ion hidrogen<sup>[1]</sup>.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini adalah data primer yang diperoleh melalui hasil percobaan di Laboratorium Ngagel PDAM Surya Sembada Kota Surabaya yang dilakukan selama 2 hari pada tanggal 20 sampai dengan 21 April 2016.

#### B. Variabel Penelitian

Variabel respon ( $y_j$ ) yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut

1. Kadar Kekeruhan ( $y_1$ )  
Identifikasi karakteristik kualitas air yang baik berdasarkan PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 adalah air yang memiliki kadar kekeruhan air dibawah 5 NTU.
2. pH ( $y_2$ )  
Identifikasi karakteristik kualitas air yang baik berdasarkan PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 adalah air yang memiliki pH antara 6,5 sampai dengan 8,5.  
Terdapat 4 parameter proses *jar test* yang digunakan sebagai faktor pada penelitian ini. Variabel tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.
1. Dosis Koagulan (A) :  
A<sub>1</sub>: 40 ppm; A<sub>2</sub>: 50 ppm; A<sub>3</sub>: 60 ppm; A<sub>4</sub>: 70 ppm; A<sub>5</sub>: 80 ppm; A<sub>6</sub>: 90 ppm; A<sub>7</sub>: 100 ppm; A<sub>8</sub>: 110 ppm
2. Pengadukan Cepat (B) :  
B<sub>1</sub> : 100 rpm (Kondisi Eksisting); B<sub>2</sub> : 150 rpm
3. Lama Waktu Pengadukan Cepat (C) :  
C<sub>1</sub>:20 detik; C<sub>2</sub>:120 detik (Kondisi Eksisting)
4. Pengadukan Lambat (D) :  
D<sub>1</sub> : 20 rpm; D<sub>2</sub> : 40 rpm (Kondisi Eksisting)
5. Lama Waktu Pengadukan Lambat (E) :  
E<sub>1</sub>: 2 menit; E<sub>2</sub> : 5 menit (Kondisi Eksisting)

#### C. Variabel Penelitian

Berikut ini adalah alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan eksperimen pada penelitian ini.

TABEL 1. ALAT DAN BAHAN

No	ALAT	No	BAHAN
1	Jirigen 20L	1	Tawas Cair
2	Neraca Analitik	2	Air Baku 40L
3	Alat <i>Jar test</i>	3	<i>Phenol red</i>
4	Beaker glass 1000ml		
5	<i>Turbidimeter</i>		
6	<i>Comparator</i>		
7	Pipet		
8	Tabung erlenmayer 100ml		
9	Tabung reaksi		
10	Labu Ukur 200ml		

#### D. Pemilihan Desain Eksperimen Taguchi

Pemilihan *orthogonal array* yang akan digunakan didasarkan pada derajat bebas total pada ANOVA. Jika hanya pengaruh utama yang diteliti, maka derajat bebas total dapat dihitung sebagai berikut.

$$db = db_{\text{faktor A}} + db_{\text{faktor B}} + db_{\text{faktor C}} + db_{\text{faktor D}} + db_{\text{faktor E}} \\ = (8-1) + (2-1) + (2-1) + (2-1) + (2-1) = 11$$

*Orthogonal array* yang dipilih harus mempunyai baris minimum yaitu minimal  $db_{\text{total}} + 1$ . Oleh karena itu, maka percobaan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *orthogonal array*  $L_{16}(8^1 2^4)$ .

#### E. Langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian dijelaskan berikut.

- I. Memilih desain eksperimen Taguchi
  1. Menghitung derajat bebas total untuk faktor (variabel proses).
  2. Memilih *orthogonal array*.
  3. Menetapkan urutan acak percobaan.
- II. Melakukan eksperimen

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Menguji kekeruhan dan pH air baku sebelum pembubuhan bahan kimia.
3. Melakukan *Jar test* dengan menerapkan *trial* percobaan yang dilakukan pada urutan pertama.
4. Mencatat nilai kekeruhan ( $y_{312}$ ) dan pHnya ( $y_{322}$ ).
5. Melakukan *Jar test* untuk percobaan yang akan dilakukan berikutnya sesuai urutan acak percobaan yang telah ditetapkan.

III. Analisis data eksperimen

1. Menghitung *S/N Ratio* pada setiap respon.
2. Menghitung *PCR-S/N Ratio* pada setiap respon.
3. Menghitung TOPSIS dari hasil *PCR-S/N Ratio*.
4. Melakukan *Analysis of Variance*.
5. Menghitung pengaruh faktor atau efek utama untuk menentukan kombinasi optimum.
6. Menghitung persentase kontribusi dari faktor.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Transformasi Nilai Respon

Berikut adalah pembahasan mengenai perhitungan transformasi nilai respon.

1) Transformasi Nilai Respon Menjadi Signal-to-Noise Ratio (*S/N Ratio*)

Data variabel respon kekeruhan air dan pH air dari hasil percobaan dapat dilihat sebagai berikut.

TABEL 2. VARIABEL RESPON HASIL PERCOBAAN

Percobaan no.	Kekeruhan Air		$\bar{y}_1$	pH		$\bar{y}_2$
	1	1		1	2	
	1	18		18,1	18.050	
2	3,46	4,01	3.735	7,6	7,5	7,55
3	14,6	16,3	15.450	7,5	7,6	7,55
4	1,88	2,29	2.085	7,6	7,7	7,65
5	5,7	3,85	4.775	7,1	7,6	7,35
6	4,71	4,17	4.440	7,6	7,6	7,60
7	5,36	4,38	4.870	7,2	7,3	7,25
8	4,7	4,12	4.410	7,5	7,4	7,45
9	2,43	1,73	2.080	7,4	7,5	7,45
10	3,4	2,94	3.170	7,2	7,6	7,40
11	2,82	1,9	2.360	7,4	7,7	7,55
12	2,18	1,8	1.990	7,3	7,5	7,40
13	3,1	2,93	3.015	7,2	7,1	7,15
14	4,89	4,22	4.555	7,2	7,1	7,15
15	2,77	2,78	2.775	7,1	7	7,05
16	5,11	5,36	5.235	7,2	7,1	7,15
12	2,18	1,8	1.990	7,3	7,5	7,40

Nilai variabel respon tersebut kemudian ditransformasi menjadi nilai *S/N ratio*. Hasil perhitungan *S/N ratio* untuk masing-masing respon adalah sebagai berikut.

TABEL 3. *S/N RATIO* VARIABEL RESPON

Percobaan no.	<i>S/N Ratio</i> Kekeruhan Air ( $\eta_{i1}$ )	<i>S/N Ratio</i> pH ( $\eta_{i2}$ )
1	-25,130	3,098
2	-11,469	5,157
3	-23,792	5,157
⋮	⋮	⋮
15	-8,865	23,010
16	-14,381	16,021

2) Transformasi Nilai *S/N Ratio* Respon Menjadi *PCR-S/N Ratio*

Hasil perhitungan *PCR-S/N ratio* untuk masing-masing respon adalah sebagai berikut.

TABEL 4. *PCR-S/N RATIO* VARIABEL RESPON

Percobaan no.	<i>S/N Ratio</i> Kekeruhan Air ( $\eta_{i1}$ )	<i>S/N Ratio</i> pH ( $\eta_{i2}$ )
1	-25,130	3,098

2	-11,469	5,157
3	-23,792	5,157
⋮	⋮	⋮
15	0,254	0,770
16	-14,381	16,021

3) Perhitungan TOPSIS Nilai *PCR-S/N Ratio*

Berdasarkan perhitungan jarak dari solusi ideal dan solusi ideal negatif, maka dapat diperoleh nilai *PCR-TOPSIS*. Hasil perhitungan *PCR-TOPSIS* dapat dilihat sebagai berikut

TABEL 5. *PCR-S/N RATIO* VARIABEL RESPON

Percobaan no.	$d_i^+$	$d_i^-$	<i>PCR-TOPSIS</i>
1	1,625	0,000	0,000
2	1,082	0,829	0,434
3	1,484	0,144	0,088
⋮	⋮	⋮	⋮
15	0,171	1,509	0,898
16	0,645	0,987	0,605

Hasil nilai *PCR-TOPSIS* ini merupakan variabel baru yang mewakili kedua respon yaitu kekeruhan air dan pH air.

B. Uji Signifikansi Faktor

*Analysis of variance* (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari faktor terhadap satu respon *PCR-TOPSIS* yang mewakili kedua respon yang diteliti. Hasil analisis dari ANOVA dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut.

TABEL 6. *PCR-S/N RATIO* VARIABEL RESPON

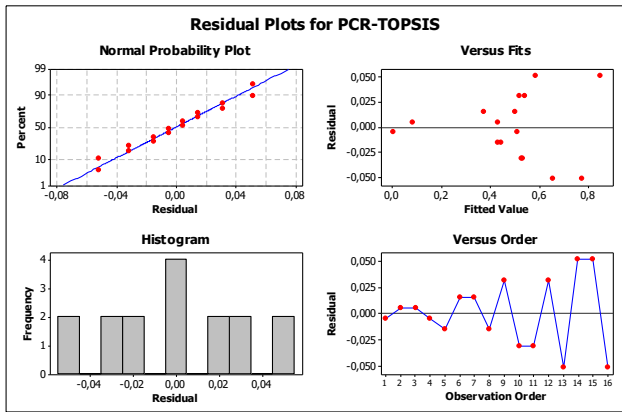
Faktor	db	SS	MS	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$	<i>P-value</i>
Dosis Koagulan*	7	0,456	0,065	16,53	6,094	0,008
Pengadukan Cepat	1	0,008	0,008	2,15	7,709	0,216
Lama Waktu Pengadukan Cepat*	1	0,076	0,076	19,21	7,709	0,012
Pengadukan Lambat *	1	0,115	0,115	29,11	7,709	0,006
Lama Waktu Pengadukan Lambat	1	0,020	0,020	5,16	7,709	0,086
Residual Error	4	0,016	0,004			
Total	15	0,690				

Keterangan : (\*) Faktor yang memiliki pengaruh signifikan

Apabila menggunakan tingkat kesalahan yaitu  $\alpha=5\%$ , maka diperoleh nilai  $F$  tabel untuk setiap variabel proses yaitu untuk dosis koagulan adalah  $F_{0,05(7,4)}=6,094$ , untuk pengadukan cepat, Lama Waktu Pengadukan cepat adalah  $F_{0,05(1,4)}=7,709$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel dosis koagulan, Lama Waktu Pengadukan cepat dan pengadukan lambat adalah faktor yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kedua variabel respon.

C. Asumsi Residual Identik, Independen dan Berdistribusi Normal (IIDN)

Terdapat tiga asumsi dalam ANOVA yang harus dipenuhi agar hasil pengujian ANOVA tersebut tidak bias. Pemeriksaan asumsi diberikan sebagai berikut.



Gambar 1. Plot Asumsi Residual IIDN

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa plot pada grafik *versus fits* (plot asumsi identik) dan *versus order* (plot asumsi independen) tidak menyebar secara acak melainkan membentuk sebuah pola seperti corong yang merupakan indikasi kuat bahwa residual yang dihasilkan dari hasil analisis tidak memenuhi asumsi identik dan independen.

Berdasarkan Gambar 1 juga dapat dilihat grafik *normal probability plot* dimana plotnya mengikuti dan berada disekitar garis linier yang mengindikasikan bahwa residual dari hasil analisis memenuhi asumsi distribusi normal. Nilai  $D_{hitung}$  dari hasil pengujian Kolmogorov Smirnov lebih kecil dari  $D_{0,05}$  (0,327) yaitu sebesar 0,086 yang berarti bahwa residu berdistribusi normal.

Berdasarkan hasil pemeriksaan asumsi IIDN yang telah dilakukan diketahui bahwa residual dari hasil ANOVA yang telah dilakukan tidak memenuhi asumsi identik dan independen namun memenuhi asumsi residual berdistribusi normal. Transformasi data telah dilakukan untuk mencoba menanggulangi pelanggaran asumsi tersebut. Transformasi yang dilakukan adalah transformasi Box-Cox berupa transformasi kuadrat, akan tetapi transformasi tersebut masih belum bisa menanggulangi pelanggaran asumsi yang terjadi. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh jumlah data atau jumlah percobaan yang sedikit. Meskipun terdapat asumsi yang belum terpenuhi yaitu asumsi residual identik dan independen, analisis pada penelitian ini tetap dilanjutkan dengan mengasumsikan asumsi tersebut telah terpenuhi.

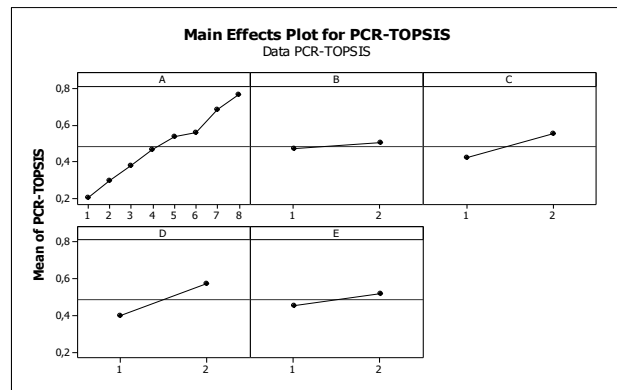
**D. Penentuan Kombinasi Level Faktor Optimum dan Besar Kontribusi Faktor**

Kondisi optimum dalam hal ini didasarkan pada nilai PCR-TOPSIS tertinggi yang diperoleh. Dapat dilihat berdasarkan Tabel 5 bahwa nilai PCR-TOPSIS tertinggi yaitu 0,898 yang diperoleh pada kombinasi percobaan nomor 15, sehingga kondisi optimum dapat dicapai pada kombinasi level A8, B1, C2, D2, E1, yaitu :

- Dosis koagulan = 110 ppm
- Pengadukan cepat = 100 rpm (tidak signifikan)
- Lama waktu pengadukan cepat = 120 detik
- Pengadukan lambat = 40 rpm
- Lama waktu pengadukan lambat = 2 menit (tidak signifikan)

Penentuan kombinasi optimum juga dapat didekati dengan menghitung rata-rata PCR-TOPSIS pada setiap level faktor yang diteliti sehingga kombinasi level faktor optimum yang dapat terpilih tidak hanya berdasarkan kombinasi level faktor yang dicobakan saja. Level yang dipilih untuk menentukan kondisi optimum adalah level

yang memberikan nilai rata-rata PCR-TOPSIS yang terbesar untuk masing-masing respon.



Gambar 2. Plot Pengaruh Faktor Utama

TABEL 7. NILAI RATA-RATA SETIAP LEVEL PADA MASING-MASING FAKTOR

Level	Dosis Koagulan	Pengadukan Cepat	Lama Waktu Pengadukan Cepat	Pengadukan Lambat	Lama Waktu Pengadukan Lambat
1	0,2170	0,4617	0,4160	0,4001	0,4491
2	0,2950	0,5078	0,5535	0,5694	0,5204
3	0,4035				
4	0,4725				
5	0,5225				
6	0,5360				
7	0,6800				
8	0,7515				
Delta	0,5345	0,0460	0,1375	0,1692	0,0713
Rank	1	5	3	2	4

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa kondisi optimum dapat dicapai pada kombinasi level A8, B2, C2, D2, E2, yaitu :

- Dosis koagulan = 110 ppm
- Pengadukan cepat = 150 rpm (tidak signifikan)
- Lama waktu pengadukan cepat = 120 detik
- Pengadukan lambat = 40 rpm
- Lama waktu pengadukan lambat = 5 menit (tidak signifikan)

Berdasarkan faktor yang terbukti signifikan mempengaruhi kekeruhan air dan pH air pada Tabel 4.6, maka kombinasi level faktor optimum yang diperoleh berdasarkan dua cara tersebut adalah sama yaitu pada kombinasi A8, C2, D2 atau dosis koagulan 110 ppm, dengan pengadukan cepat dilakukan selama 120 detik dan pengadukan lambat dilakukan dengan kecepatan 40 rpm.

Dosis koagulan memberikan kontribusi paling besar terhadap kedua respon yaitu mencapai, 62,00%, lalu faktor dengan besar pengaruh yang menempati peringkat kedua adalah faktor pengadukan lambat dengan kontribusi sebesar 16,03% dan pada peringkat tiga yaitu faktor Lama Waktu Pengadukan cepat dengan kontribusi sebesar 10,39%.

**E. Estimasi Rata-Rata Tingkat Kekeruhan Air pada Kondisi Optimum**

Diketahui bahwa kondisi optimum yang diperoleh untuk kedua respon adalah A<sub>8</sub> (dosis koagulan 110 ppm), C<sub>2</sub> (lama Lama Waktu Pengadukan cepat selama 120 detik dan D<sub>2</sub> (pengadukan lambat 40 rpm). Sehingga, perhitungan estimasi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{\text{optimal}} &= \bar{Y}_{\text{kekeruhan}} + (\bar{A}_8 - \bar{Y}_{\text{kekeruhan}}) + (\bar{C}_2 - \bar{Y}_{\text{kekeruhan}}) \\ &\quad + (\bar{D}_2 - \bar{Y}_{\text{kekeruhan}}) \\ &= 0,045 \text{ NTU}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka apabila kombinasi level optimum diterapkan, maka akan diperoleh hasil estimasi nilai rata-rata kekeruhan air pada kondisi optimum adalah sebesar 0,045 NTU dan memenuhi standart PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010.

#### F. Estimasi Rata-Rata pH Air pada Kondisi Optimum

Sama halnya dengan kekeruhan air, nilai prediksi rata-rata pH pada kondisi optimum juga harus diketahui. Perhitungan estimasi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{\text{optimum}} &= \bar{Y}_{\text{pH}} + (\bar{A}_8 - \bar{Y}_{\text{pH}}) + (\bar{C}_2 - \bar{Y}_{\text{pH}}) + (\bar{D}_2 - \bar{Y}_{\text{pH}}) \\ &= 7,08\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, apabila kombinasi level optimum diterapkan, maka akan diperoleh hasil estimasi nilai rata-rata pH pada kondisi optimum adalah sebesar 7,08 yang mendekati target perusahaan yaitu memproduksi air dengan pH netral yaitu sebesar 7 dan memenuhi standart PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010.

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

Parameter proses *jar test* yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kekeruhan dan pH air adalah dosis koagulan, lama waktu pengadukan cepat dan pengadukan lambat dengan persentase kontribusi sebesar 62,00%, 10,39% dan 16,03%. Kondisi optimum dapat dicapai pada kombinasi level A8, C2, D2 yaitu dosis koagulan 110 ppm, dengan pengadukan cepat dilakukan selama 120 detik dan pengadukan lambat dilakukan dengan kecepatan 40 rpm karena faktor pengadukan cepat (B) dan lama waktu pengadukan lambat (E) tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kedua respon dan estimasi rata-rata kualitas pada kondisi tersebut dapat memenuhi standart PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010.

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat dikatakan bahwa perusahaan dapat menggunakan setting *jar test* pada kondisi eksisting karena berdasarkan penelitian ini masih memberikan hasil yang optimum. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan penyempurnaan pada eksperimennya, seperti menambah variabel respon kualitas air yang lain yang juga penting untuk diperhatikan, melibatkan variabel respon berupa biaya mengingat semakin tinggi dosis yang digunakan, biaya yang dikeluarkan pun akan semakin tinggi atau melibatkan faktor gangguan (*noise*) yang biasa terjadi pada kondisi aktual.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amrimaniar, B.N & Adil, R. (2010). Rancang Bangun Model Mekanik Alat untuk Mengukur Kadar Keasaman Susu Cair, Sari Buah dan Soft Drink. *EEPIS Final Project*.
- [2] Hardiyanti, T, Standar NTU di Indonesia. (2012). Diakses pada 15 Juni, 2015, dari <http://tutut-hardiyanti.blogspot.co.id/2012/05/standar-ntu-di-indonesia.html?m=1>.
- [3] Kusumawardani, D. & Iqbal, R. (2013). *Evaluasi Performa Pengadukan Hidrolis sebagai Koagulator dan Flokulator berdasarkan Hasil Jar test*. Makalah, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [4] Roy, R.K. (2001). *Design of Experiments Using the Taguchi Approach: 16 Steps to Product and Process*. New York: John Wiley & Sons.
- [5] Ross, P.J. (1996). *Taguchi Techniques for Quality Engineering* (2nd ed.). Singapore: McGraw-Hill.
- [6] Roy, R.K. (2010). *A Primer on the Taguchi Method*. (2nd ed.). U.S.A: Society of Manufacturing Engineers.
- [7] Khotimah, C. & Mashuri M. (2015). Penerapan Metode Optimasi Multirespon Menggunakan Hybrid PCA-Taguchi dan PCR-TOPSIS Taguchi pada Penggurdian Material Komposit. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(1).
- [8] Sudjana. (1996). *Metode Statistik*. Bandung: Tarsito.
- [9] Peace, G.S. (1993). *Taguchi Methods A Hands-On Approach*. U.S.A: Addison-Wesley Publishing Company.
- [10] Djami, R.J. & Sunaryo, S. (2014). Metode PCR-TOPSIS untuk optimasi taguchi multirespon. *Jurnal Statistika*, 2(1), 46-55.
- [11] Satterfield, Z. (2005). Jar testing. *National Enviromental Service Center*, 5(1).