

METODE PCR-TOPSIS UNTUK OPTIMASI TAGUCHI MULTIRESPON

¹Ronald John Djami, ²Sony Sunaryo

^{1,2}Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Noverber, Surabaya
Alamat e-mail : ¹ronaldjohn1111@yahoo.co.id

ABSTRAK

Dalam bidang industri, statistika biasa digunakan dalam hal pengambilan keputusan dalam suatu masalah, salah satu metode yang digunakan dalam statistika untuk pengambilan keputusan adalah metode optimasi. Salah satu metode optimasi yang sering dipakai adalah metode Taguchi, metode ini diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1940. Metode Taguchi merupakan metode yang efisien digunakan dalam off line kontrol kualitas dimana desain percobaan dikombinasikan dengan penurunan kualitas. Metode ini mencakup tiga tahap desain yaitu desain sistem, desain parameter, dan desain toleransi. Dalam dunia nyata jelas bahwa lebih dari satu karakteristik kualitas harus dipertimbangkan untuk produk industri yang paling baik, yaitu dalam sebagian besar aplikasi perhatian pelanggan adalah dengan masalah multirespon. Namun demikian, metode Taguchi tidak tepat untuk mengoptimalkan masalah multirespon karena teknik penilaian adalah prosedur optimasi utama dalam metode Taguchi. Untuk mengatasi masalah ini, peneliti mengusulkan suatu prosedur yang efektif disebut PCR-TOPSIS yang didasarkan pada kemampuan proses ratio (PCR) *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) untuk mengoptimalkan masalah multirespon. Sehingga dengan metode PCR-TOPSIS, kita dapat memperoleh solusi yang terbaik dan dapat menghasilkan solusi yang memuaskan untuk masalah multirespon dalam proses pembuatan kertas pada PT. Adiprima Suraprinta yang merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang industri kertas khususnya daur ulangan kertas.

Kata Kunci : Metode Taguchi, Analisis Multirespon, PCR, dan TOPSIS

PENDAHULUAN

Dalam bidang industri, statistika digunakan dalam hal pengambilan keputusan dalam suatu masalah, Salah satu metode yang digunakan dalam statistika untuk pengambilan keputusan adalah metode optimasi. Metode optimasi digunakan oleh para profesional dalam menentukan kombinasi penggunaan sumber daya yang terbatas agar dicapai keuntungan yang optimum. Metode optimasi ini diterapkan untuk pengembangan produk, distribusi,

produksi, pemasaran, Sumber Daya Manusia (SDM), dan optimasi sumber daya industri lainnya. Saat ini sudah banyak peneliti yang meneliti tentang metode optimasi seperti ^{[1]; [2]} dan lain-lain. Jika usaha yang diperlukan atau hasil yang diharapkan dapat dinyatakan sebagai fungsi dari peubah keputusan, maka optimasi dapat didefinisikan sebagai pencapaian kondisi maksimum dan minimum dari fungsi tersebut. Fungsi tujuan optimasi secara umum merupakan langkah meminimumkan biaya atau penggunaan bahan baku dan

memaksimalkan hasil atau pemanfaatan material produksi atau proses produksi. Penentuan fungsi tujuan dikaitkan dengan permasalahan yang dihadapi.

Salah satu metode optimasi yang sering dipakai adalah metode Taguchi, metode ini diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1940. Pendekatan Taguchi ini berbeda dengan pendekatan lainnya, yakni lebih menekankan pada aspek kualitas dibandingkan. Selain itu Taguchi menggunakan perancangan eksperimen sebagai alat untuk membuat produk lebih kokoh (*robust*), yakni produk menjadi tidak terpengaruh terhadap faktor *noise*. Perancangan eksperimen ini digunakan sebagai alat untuk mengurangi variasi terhadap karakteristik kualitas produk dan proses. Penggunaan metode Taguchi dalam desain eksperimen berdasarkan pada *Orthogonal Array* (OA) dalam rangka mendapatkan jumlah maksimum informasi dengan percobaan minimal, selain itu juga dapat menganalisis data eksperimen berdasarkan *Signal to Noise Ratio* (rasio SN)^[5]. *Orthogonal Array* (OA) adalah suatu matriks yang elemen – elemennya tersusun atas baris dan kolom. Baris merupakan kombinasi level dari faktor dalam eksperimen. Setiap kolom merupakan faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Filosofi Taguchi terdiri dari tiga konsep^[6], yaitu kualitas harus dirancang ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya, kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target. Produk harus dirancang agar kokoh (*robust*) terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol, biaya Kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Tiga tahapan dalam menerapkan metode Taguchi untuk mengoptimalkan suatu produk atau proses yaitu (1) desain sistem, (2) desain parameter, dan (3) desain toleransi^[3]. Kita dapat juga menganalisis data eksperimen berdasarkan *Signal to Noise Ratio* (SNR). *Signal to*

Noise Ratio (SNR) pada metode Taguchi digunakan sebagai ukuran untuk memilih faktor–faktor dengan karakteristik kualitas suatu respon^[5]. SNR mentransformasikan data pengamatan berulang ke dalam sebuah nilai yang mencerminkan keberadaan dari variasi dan nilai rata-rata dari respon. Penggunaan SNR untuk mengetahui level dari faktor mana yang berpengaruh terhadap hasil eksperimen.

Analysis of variance (ANOVA) merupakan teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi setiap faktor pada semua pengukuran respon. ANOVA yang digunakan desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. ANOVA diperlukan untuk memperkirakan kesalahan varians dari faktor dan kesalahan prediksi. ANOVA pada metode Taguchi digunakan sebagai suatu metode statistika untuk menginterpretasikan data – data hasil eksperimen^[3].

Permasalahan pengambilan keputusan merupakan proses pencarian opsi terbaik dari seluruh alternative fisibel. *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) merupakan bagian dari problem pengambilan keputusan yang relatif kompleks, yang mengikutsertakan beberapa orang pengambil keputusan, dengan sejumlah berhingga kriteria yang beragam yang harus dipertimbangkan, dan masing-masing kriteria itu memiliki nilai bobot tertentu, dengan tujuan untuk mendapatkan solusi optimal atas suatu permasalahan. Salah satu metode yang digunakan untuk menangani permasalahan ini, adalah *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS).

TOPSIS adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh^[7]. TOPSIS menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal positif dan

jarak terpanjang (terjauh) dari solusi ideal negatif dari sudut pandang geometris dengan menggunakan jarak Euclidean (jarak antara dua titik) untuk menentukan kedekatan relatif dari suatu alternatif dengan solusi optimal. Metode TOPSIS banyak digunakan pada beberapa model MADM (*Multi Attribute Decision Making*).

Solusi ideal positif didefinisikan sebagai jumlah dari seluruh nilai terbaik yang dapat dicapai untuk setiap atribut, sedangkan solusi negatif-ideal terdiri dari seluruh nilai terburuk yang dicapai untuk setiap atribut. TOPSIS mempertimbangkan keduanya, jarak terhadap solusi ideal positif dan jarak terhadap solusi ideal negatif dengan mengambil kedekatan relatif terhadap solusi ideal positif. Berdasarkan perbandingan terhadap jarak relatifnya, susunan prioritas alternatif bisa dicapai. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis. Hal ini disebabkan konsepnya sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien, dan memiliki kemampuan mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan.

PCR (Proses Kemampuan Rasio) merupakan kemampuan sebuah proses untuk memenuhi spesifikasi desain yang ditetapkan oleh permintaan konsumen, walaupun sebuah proses terkendali secara statistik. Bagi sebuah proses untuk dapat dikatakan mampu, nilainya harus berada diantara spesifikasi atas dan bawah. Hal ini berarti kemampuan proses berada dalam ± 3 standar deviasi dari rata-rata proses. Karena rentangan nilai adalah 6 standar deviasi, maka toleransi sebuah proses yang mampu, yaitu perbedaan antara spesifikasi atas dan bawah harus lebih besar atau sama besar dengan 6.

$$PCR = \frac{\text{design limits}}{\text{process capability}} = \frac{USL - LSL}{6s}$$

USL : Upper Specification Limit/Batas Spesifikasi Atas

LSL : Lower Specification Limit/Batas Spesifikasi Bawah

S : Sampel Standar Deviasi

Dari hasil perhitungan diatas maka kita dapat melihat bahwa, jika $PCR > 1$ maka proses yang dilakukan baik (*Capable*), $PCR < 1$ maka proses yang dilakukan tidak baik (*Not Capable*), $PCR = 1$ maka proses sesuai dengan spesifikasi konsumen

Jika $PCR < 1$ maka proses menghasilkan produk atau jasa berada diluar toleransi yang diperbolehkan. Semakin tinggi rasio kemampuan proses, semakin besar kecenderungan proses berada dalam spesifikasi yang diinginkan. Banyak perusahaan telah memilih $PCR = 1.33$ sebagai target untuk mengurangi variabel proses. PCR berkaitan dengan penyebaran output proses relatif terhadap toleransinya, PCR tidak melihat seberapa baik rata-rata sebuah proses berada ditengah nilai target.

Untuk mengatasi masalah ini, peneliti mengusulkan suatu prosedur yang efektif disebut PCR-TOPSIS yang didasarkan pada kemampuan proses ratio (PCR) teori dan teori preferensi order by kesamaan dengan solusi ideal (TOPSIS) untuk mengoptimalkan masalah multirespon. Sehingga dengan metode PCR-TOPSIS, kita dapat memperoleh solusi yang terbaik dan dapat menghasilkan solusi yang memuaskan untuk masalah multirespon dalam proses pembuatan kertas pada PT. Adiprima Suraprinta yang merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang industri kertas khususnya pendaurulangan kertas.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengkaji teori metode PCR-TOPSIS untuk menganalisis data multirespon dan menerapkannya dalam mengoptimasi variabel-variabel respon pada proses pembuatan kertas di PT. Adiprima Suraprinta. Serta membandingkan hasil optimasi yang diperoleh dengan metode PCR-TOPSIS dan Fuzzy Logic.

METODE PENELITIAN

Sumber Data dan Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari hasil penelitian^[4], yang pengamatannya dilakukan di PT. Adiprima Suraprinta, Gresik. Pada penelitian ini variabel-variabel yang dipakai dalam proses pembuatan kertas pada PT. Adiprima Suraprinta yang memberikan pengaruh terhadap parameter kualitas kertas adalah sebagai berikut :

Variabel Respon yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. y_1 : *Thickness* / ketebalan [micrometer (μm)].

Nilai yang ditargetkan pada variabel ini adalah 65 μm dengan batas spesifikasi 60 μm s/d 70 μm , merupakan karakteristik *Nominal The Best*.

2. y_2 : *Opacity* / daya tembus (%).

Dengan batas spesifikasi >93%, merupakan karakteristik *Large The Better*.

3. y_3 : *Roughness* / kekasaran (ml/min).

Dengan batas spesifikasi < 220ml/min, merupakan karakteristik *Smaller The Better*.

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini merupakan faktor kendali dimana masing-masing faktor memiliki 2 level sebagai berikut :

1. x_1 : *Main Speed* (fase I, pembentukan kertas / *WirePart*)

Main Speed terdiri atas 2 level sebagai berikut :

Level 1 = 800 – 830 m/min (rendah)

Level 2 = 831 – 865 m/min (tinggi)

2. x_2 : *Headbox Main Header Pressure* (fase II, *Pres Part*)

Headbox Main Header Pressure terdiri atas 2 level sebagai berikut :

Level 1 = 1.1 bar

Level 2 = 1.2 bar

3. x_3 : *Steam Header Pressure* (fase III, pengeringan kertas / *Drying Part*)

Steam Header Pressure terdiri atas 2 level sebagai berikut :

Level 1 = 3.64 – 3.70 bar (rendah)

Level 2 = 3.71 – 3.77 bar (tinggi)

4. x_4 : *NIP* (fase IV, penghalusan kertas / *Callender*)

NIP terdiri dari 2 level sebagai berikut :

Level 1 = 100 kN/m

Level 2 = 120 kN/m

5. x_5 : *Heating Water* (fase V, penghalusan kertas / *Callender*)

Heating Water terdiri atas 2 level sebagai berikut :

Level 1 = 124.8⁰ – 130.7⁰C (rendah)

Level 2 = 130.8⁰ – 135.5⁰C (tinggi)

Metode Analisis

Adapun langkah-langkah dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

- I. Mengkaji metode PCR-TOPSIS dengan mengetahui penurunan rumus yang ada pada metode tersebut.

- II. Menerapkan metode PCR-TOPSIS untuk kasus optimasi pada variabel-variabel respon *Thicness*, *Roughness* dan *Opacity* dalam proses pembuatan kertas pada PT. Adiprima Suraprinta. Dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Melakukan Statistika Deskriptif sebagai gambaran awal mengenai data yang dipakai.
2. Menghitung derajat bebas Total untuk faktor kendali.

$$db_{total} = (\phi_A - 1) + (\phi_B - 1) + (\phi_{A \times B} - 1) + (\phi_C - 1) + (\phi_D - 1) + (\phi_E - 1)$$

Dimana :

$$(\phi_{A \times B} - 1) = (\phi_A - 1) \cdot (\phi_B - 1)$$

3. Menentukan rancangan *Orthogonal Array* (OA).

Penggunaan metode Taguchi dalam desain eksperimen berdasarkan pada *Orthogonal Array* (OA). *Orthogonal Array* (OA) digunakan untuk menganalisis data eksperimen dan digunakan untuk merancang eksperimen yang efisien sehingga dapat menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi

sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *Orthogonal Array* terletak pada pemilihan kombinasi taraf/level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen. Pemilihan jenis *Orthogonal Array* (OA) yang digunakan pada eksperimen tergantung pada jumlah derajat bebas total. Penentuan derajat bebas total didasarkan pada tiga hal yaitu: banyaknya variabel proses (faktor kendali), faktor interaksi antar faktor yang diamati dan jumlah taraf/level dari faktor yang diamati.

Orthogonal Array untuk dua level :

$$L_{2^m} (2^{m-1})$$

Dimana :

M : bilangan bulat positif > 1

2^m : banyak eksperimen

2 : banyak level

$2^m - 1$: banyak kolom

4. Menghitung *Signal To Noise* (SNR).

Dalam langkah ini, η_j^i (SNR untuk respon ke j pada percobaan ke I dimana $i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$) dapat dihitung. Menurut taguchi η_j^i dapat dihitung dengan tiga rumus sebagai berikut :

$$\eta_j^i = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{l} \sum_{k=1}^l (y_{jk}^i)^2 \right], 0 \leq y_{jk}^i < \infty, \quad (1)$$

(semakin kecil respon semakin baik hasilnya)

$$\eta_j^i = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{l} \sum_{k=1}^l \frac{1}{(y_{jk}^i)^2} \right], 0 \leq y_{jk}^i < \infty, \quad (2)$$

(semakin besar respon semakin baik hasilnya), dan

$$\eta_j^i = 10 \log_{10} \left[\frac{(\bar{y}_j^i)^2}{(S_j^i)^2} \right], 0 \leq y_{jk}^i < \infty, \quad (3)$$

(respon lebih nominal yang terbaik)

y_{jk}^i : Data yang diamati untuk respon ke- j pada percobaan ke- I dan k pengulangan.

$$\bar{y}_j^i = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l y_{jk}^i : \text{Rata-rata data yang}$$

diamati untuk respon ke- j pada percobaan ke-i.

$$(S_{jk}^i)^2 = \frac{1}{l-1} (y_{jk}^i - \bar{y}_j^i)^2 : \text{Variasi}$$

data yang diamati untuk respon ke- j pada percobaan ke- i.
 $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$ dan $k = 1, \dots, l$.

5. Menghitung PCR-SNR untuk setiap percobaan.

Menurut persamaan (1), (2), (3), η_j^i berarti kontribusi kualitas yang maksimal untuk respon ke-j pada percobaan ke-i menunjukkan C_j^i (PCR-SNR dalam respon ke-j untuk percobaan ke-i) metode perhitungan.

$$C_j^i = \frac{\eta_j^i - \bar{x}_{\eta_j}}{3s_{\eta_j}}$$

$$\bar{x}_{\eta_j} = \frac{\sum_{i=1}^m \eta_j^i}{m-1} : \text{Rata-rata sampel}$$

untuk SNR pada respon ke-j.

$$s_{\eta_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\eta_j^i - \bar{x}_{\eta_j})^2}{m-1}} : \text{Standar deviasi}$$

sampel untuk SNR dalam respon ke-j.

6. Menghitung TOPSIS dari hasil PCR-SNR.

Relatif kedekatan untuk setiap percobaan yang ideal, TOPSIS dari hasil PCR-SNR adalah

$$S^i = \frac{d^{i-}}{d^{i+} + d^{i-}}$$

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

Jarak percobaan ke-i dari solusi ideal.

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

Jarak percobaan ke-i dari solusi ideal.

$$C_j^+ = \max\{C_j^i, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, m\}, \forall C_j^i (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$$

$$C_j^- = \min\{C_j^i, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, m\}, \forall C_j^i (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$$

7. Menentukan persentase kontribusi FLC optimal dari faktor-faktor yang signifikan dalam multirespon. Ketika TOPSIS lebih tinggi dari hasil PCR-SNR, kualitas produk yang lebih baik yang tersirat, sehingga efek faktor dapat diperkirakan dan tingkat optimal untuk setiap faktor terkendali juga dapat ditentukan. Menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*), faktor yang signifikan dalam kinerja multirespon dan persentase kontribusi mereka terhadap total variasi TOPSIS berdasarkan PCR diperoleh.

III. Membandingkan hasil optimasi yang diperoleh dengan menggunakan metode PCR-TOPSIS dan metode *Fuzzy Logic* yang telah dilakukan oleh Qonitah (2012).

1. Menghitung SNR untuk setiap variabel respon *Thickness*, *Opacity* dan *Roughness*.
2. Menentukan rancangan level optimum untuk setiap variabel respon PCR-TOPSIS (S^i).
3. Menghitung nilai taksiran SNR dan nilai taksiran rata-rata respon *Thickness*, *Opacity* dan *Roughness* pada kondisi optimum berdasarkan rancangan level optimum untuk setiap variabel respon PCR-TOPSIS (S^i).

HASIL PENELITIAN

Optimasi Multirespon dengan Metode PCR-TOPSIS

Dalam penelitian ini di teliti 3 respon *Thickness*, *Roughness*, dan *Opacity*. Ketiga respon tersebut akan di Transformasikan

menjadi variable baru dengan metode PCR-TOPSIS.

Transformasi Nilai Respon ke SNR

SNR merupakan hasil transformasi dari beberapa pengulang data sehingga nilainya mewakili kualitas penyajian variasi. Masing-masing respon memiliki karakteristik yang berbeda yaitu untuk *Thickness*/ketebalan kertas dikatakan baik jika nilainya berada dalam batas toleransi dan mendekati target (*nominal the best*), *Roughness*/ kekasaran dengan batas spesifikasi < 220 ml/min dimana semakin kecil nilai *Roughness* maka semakin baik (*smaller the better*). Berikut hasil SNR masing-masing respon dengan fungsi kualitasnya masing-masing:

Tabel 1 SNR dari Variabel Respon

No	Outer Array		
	SNR		
	<i>Thickness</i>	<i>Opacity</i>	<i>Roughness</i>
1	50.1	39.8	-42.5
2	47.7	39.8	-42.3
3	47.5	39.9	-43.1
4	44.5	39.8	-42.6
5	44.6	39.8	-42.8
6	51.5	39.8	-42.7
7	37.8	39.8	-43.2
8	43.9	39.8	-42.9

Menghitung PCR berdasarkan SNR dari setiap variabel respon.

Bagi sebuah proses untuk dapat dikatakan mampu, nilainya harus berada diantara spesifikasi atas dan bawah. Hal ini berarti kemampuan proses berada dalam ± 3 standar deviasi dari rata-rata proses. Indeks Kemampuan Proses (C_{pk}) digunakan untuk menghitung perbandingan antara dimensi yang diinginkan dan yang baik dari suatu produk yang dihasilkan. Berdasarkan perhitungan Indeks Kemampuan Proses, kita dapat menghitung PCR-SNR dengan mentransformasi nilai SNR dari tiap variabel respon kedalam persamaan C_{pk} sehingga diperoleh sebagai berikut :

Tabel 2 PCR-SNR dari respon *Thickness*, *Opacity* dan *Roughness*.

No	PCR-SNR		
	<i>Thickness</i>	<i>Opacity</i>	<i>Roughness</i>
1	-0.098	-0.310	0.325
2	-0.195	-0.312	0.336
3	-0.203	-0.309	0.296
4	-0.325	-0.312	0.318
5	-0.323	-0.312	0.309
6	-0.039	-0.313	0.314
7	-0.595	-0.311	0.291
8	-0.351	-0.313	0.304

Menghitung TOPSI hasil PCR-SNR

TOPSIS adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria dengan ide dasarnya adalah bahwa alternatif yang dipilih memiliki jarak terdekat dengan solusi ideal dan yang terjauh dari solusi ideal negatif.

Tabel 3 Solusi Ideal dan Solusi Ideal negatif.

No	Separation Measure	
	d^{1+}	d^{1-}
1	0.0599	0.4991
2	0.1568	0.4026
3	0.1689	0.3928
4	0.2873	0.2714
5	0.2853	0.2734
6	0.0226	0.5572
7	0.5586	0.0019
8	0.3137	0.2451

Berdasarkan perhitungan solusi ideal dan solusi ideal negatif pada percobaan ke-1 untuk respon ke-*j*, maka diperoleh Tabel 4 PCR-TOPSIS.

Tabel 4 Hasil Perhitungan PCR-TOPSIS

No	PCR-TOPSIS(S^i)
1	0.8928
2	0.7197
3	0.6993
4	0.4858
5	0.4893
6	0.9611
7	0.0034
8	0.4386

Hasil nilai PCR-TOPSIS pada Tabel 4. inilah yang akan dianalisis sebagai variabel

respon baru yang mewakili tiga respon dari *Thickness*, *Opacity* dan *Roughness*.

ANOVA pada hasil PCR-TOPSIS.

Hasil perhitungan PCR-TOPSIS yang didapat selanjutnya akan dilakukan *analysis of variance* (ANOVA) yang digunakan untuk mengetahui pengaruh dari faktor dan interaksi terhadap satu respon yang diwakili oleh nilai PCR-TOPSIS untuk tiga respon sebelumnya. Hasil analisis dari ANOVA dapat dilihat di Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 dapat dijelaskan bahwa pada tingkat $\alpha = 0.05$, semua faktor utama dan faktor interaksi memiliki pengaruh signifikan dapat dilihat pada p-value untuk semua faktor utama dan faktor interaksi $< \alpha = 0.05$.

Presentase Kontribusi pada masing-masing faktor.

Presentasi kontribusi untuk mengetahui berapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor utama dan interaksi. Perhitungan persentase kontribusi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$SS' = SS - (MS_e \times DF)$$

Untuk perhitungan persentase kontribusi untuk semua faktor utama dan faktor interaksi dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 perhitungan kontribusi dari faktor utama dan interaksi menunjukkan bahwa *headbox maein header pressure* (faktor B) memberikan kontribusi yang paling besar terhadap respon dibandingkan dengan faktor yang lain yaitu sebesar 39.89%. kemudian diikuti oleh *NIP* (faktor D) yang memberikan kontribusi sebesar 32.37% dan *main speed* (faktor A) sebesar 15.86%. Sedangkan faktor lain berkontribusi dibawah 10% terhadap respon.

Tabel 5 Analysis of Variance (ANOVA) dari hasil PCR-TOPSIS.

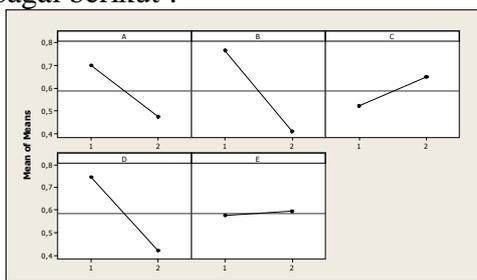
Source	DF	SS	MS	F-hitung	P-value	Keterangan
A	1	0.1025	0.1025	55363.96	0.003	Signifikan
B	1	0.2577	0.2577	139244.91	0.002	Signifikan
C	1	0.0338	0.0338	18287.75	0.005	Signifikan
D	1	0.2091	0.2091	113014.68	0.002	Signifikan
E	1	0.0007	0.0007	401.48	0.032	Signifikan
AB	1	0.0422	0.0422	22801.01	0.004	Signifikan
Error	1	0.0000	0.0000			
Total	7	0.6460				

Tabel 6 Persentase kontribusi

Source	DF	SS	MS	F-hitung	SS'	P. Kontribusi (%)
A	1	0.1025	0.1025	55363.96	0.1025	15.86
B	1	0.2577	0.2577	139244.91	0.2577	39.89
C	1	0.0338	0.0338	18287.75	0.0338	5.24
D	1	0.2091	0.2091	113014.68	0.2091	32.37
E	1	0.0007	0.0007	401.48	0.0007	0.11
AB	1	0.0422	0.0422	22801.01	0.0422	6.53
Error	1	0.0000	0.0000			
Total	7	0.6460				

Penentuan Kondisi Optimum.

Untuk memperoleh kondisi optimum, level yang dipilih adalah level yang memberikan nilai rata-rata SNR yan terbesar untuk masing-masing respon. Nilai rata-rata SNR dari masing-masing level untuk setiap respon dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 1 Plot Efek Variabel Utama

Tabel 7 Nilai Mean Setiap Level.

Level	A	B	C	D	E
1	0.6991	0.7654	0.5209	0.7476	0.5764
2	0.4728	0.4065	0.6511	0.4243	0.5955
Delta	0.2263	0.359	0.1302	0.3234	0.0191
Rank	3	1	4	2	5

Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 7 dapat dilihat bahwa kondisi optimum untuk kualitas kertas dapat dicapai pada kombinasi level **A₁ B₁ C₂ D₁ E₂**. Tabel 7 juga menjelaskan bahwa faktor B (*Headbox Main Header Pressure*) yang paling berpengaruh pada respon, hal ini dapat dilihat dari selisih yang paling besar dan menempati ranking pertama. Sedangkan faktor E (*Heating Water*) menjadi faktor yang paling sedikit memberikan pengaruh pada respon, hal ini dapat dilihat dari selisih yang paling kecil dan ranking yang paling terakhir.

Pada gambar 1 terlihat bahwa kondisi optimum untuk level faktor dari respon adalah **A₁B₁C₂D₁E₂** yaitu :

- Main Speed* (A₁) : 800 – 830 m/min
- Headbox Main Header Pressure* (B₁) : 1.1 bar
- Steam Header Pressure* (C₂) : 3.71 – 3.77 bar
- NIP* (D₁) : 100 kN/m
- Heating Water* (E₂) : 130.8⁰ – 135.5⁰C

Menghitung Taksiran Nilai kondisi Optimum setiap Respon

Untuk mendapatkan nilai taksiran setiap respon menggunakan rancangan level optimum $A_1B_1C_2D_1E_2$ adalah

Tabel 8 Nilai Taksiran Optimum untuk setiap Respon

	<i>Thickness</i>	<i>Opacity</i>	<i>Roughness</i>
SNR	53.421	39.814	-42.38
Mean	69.194	97.888	131.375

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa nilai taksiran SNR *Thickness* yang optimal adalah sebesar 53.421 dB dengan taksiran nilai rata-rata sebesar 69.194 μ m. Pada nilai taksiran SNR *Opacity* yang optimal adalah sebesar 39.814 dB dengan taksiran nilai rata-rata sebesar 97.888%. Sedangkan nilai taksiran SNR *Roughness* yang optimal adalah sebesar -42.38 dB dengan taksiran nilai rata-rata sebesar 131.375 ml/min.

Membandingkan Taksiran Nilai kondisi Optimum setiap Respon dari Metode PCR-TOPSIS dan Metode Fuzzy Logic.

Membandingkan nilai optimum yang diperoleh dari analisa menggunakan

metode PCR-TOPSIS dengan *Fuzzy Logic*, bertujuan untuk mengetahui nilai mana yang lebih optimum dalam mendekati batas spesifikasi yang diberikan pada tiap respon. Taksiran nilai kualitas optimum pada metode PCR-TOPSIS berada pada taraf level optimum $A_1B_1C_2D_1E_2$. Sedangkan pada metode *Fuzzy Logic* berada pada taraf level optimum $A_1B_1C_2D_1E_1$. Perbandingan nilai optimum PCR-TOPSIS dengan *Fuzzy Logic* disajikan dalam Tabel 9.

Berdasarkan Tabel 9 dapat dijelaskan bahwa nilai SNR dengan menggunakan metode PCR-TOPSIS untuk respon *Thickness* dan *Opacity* memiliki nilai taksiran yang lebih baik dari metode *Fuzzy Logic* karena semakin besar nilai SNR maka semakin baik kualitasnya dan nilai mean untuk respon *Thickness* dan *Opacity* untuk PCR-TOPSIS lebih baik dari metode *Fuzzy Logic* karena lebih dekat pada batas spesifikasi yang diberikan untuk tiap respon. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa metode PCR-TOPSIS lebih menghasilkan nilai taksiran optimum yang lebih baik dari metode *Fuzzy Logic*.

Tabel 9 Perbandingan Nilai Optimum PCR-TOPSIS dan *Fuzzy Logic*

No	Respon	Karakteristik Kualitas	Batas Spesifikasi	Kondisi Optimum			
				PCR-TOPSIS		Fuzzy Logic	
				SNR	Mean	SNR	Mean
1	Thickness	Nominal The Best	65±5	53.421	69.194	53.027	68.525
2	Opacity	Larger The Better	> 93	39.814	97.888	39.804	97.776
3	Roughness	Smaller The Better	< 220	-42.38	131.375	-42.285	129.563

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang sudah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Dalam mengkaji teori PCR-TOPSIS, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu

- i. Menentukan matriks orthogonal array berdasarkan derajat bebas total untuk semua faktor kendali.
- ii. Menentukan SNR dari nilai MSD untuk tiap karakteristik mutu. Kecuali untuk SNR nominal the best diturunkan berdasarkan defenisi SNR secara umum yaitu

$$SNR = \frac{signal}{noise} = \frac{(rata - rata)^2}{varians} = \frac{\mu^2}{\sigma^2}$$

- iii. Menentukan PCR berdasarkan nilai SNR yang diturunkan dari perhitungan Indeks Kemampuan Proses.
 - iv. Menghitung PCR-TOPSIS dari hasil perhitungan PCR-SNR.
2. Kombinasi level-level faktor kendali yang dapat mengoptimalkan kualitas respon *Thickness*, *Opacity* dan *Roughness* secara serentak dengan menggunakan metode PCR-TOPSIS yaitu :
- ✓ *Main Speed* (A_1) : 800 – 830 m/min
 - ✓ *Headbox Main Header Pressure* (B_1) : 1.1 bar
 - ✓ *Steam Header Pressure* (C_2) : 3.71 – 3.77 bar
 - ✓ *NIP* (D_1) : 100 kN/m
 - ✓ *Heating Water* (E_2) : 130.8⁰ – 135.5⁰C
3. Nilai SNR dan Mean dengan menggunakan metode PCR-TOPSIS untuk respon *Thickness* dan *Opacity* memiliki nilai taksiran yang lebih baik dari metode *Fuzzy Logic* karena memiliki nilai SNR yang lebih besar dan nilai mean lebih dekat pada batas spesifikasi yang diberikan. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa metode PCR-TOPSIS lebih menghasilkan nilai taksiran optimum yang lebih baik dari metode *Fuzzy Logic*.
- in High-Speed Drilling of CFRP composites*. J. Mater. Process. Technol., 203: 431-438. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2007.10.050.
- [4] Nike, D. Y. (2008), “*Penerapan Metode Taguchi & Pendekatan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) Based Ranking Dalam Mengoptimasian Parameter Kualitas Kertas Pada Proses Paper Machine II (studi kasus : di PT. Adiprima Saraprinta Gresik)*”. Tugas Akhir. Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- [5] Park, Sung H., 1996, *Robust Design And Analysis for Quality Engineering*, New Delhi : PT. Palatino Thomson Press.
- [6] Ross, P. J., 1996, *Taguchi techniques for quality engineering*. New York. McGraw-Hill.
- [7] Yoon, K.P dan Hwang, C.L., 1995, *Multiple attribute decision making; An Introduction*, Sage Publications, United States of America.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bronson, R., 1982, *Theory and Problem of Operations Research*. USA : McGraw Hill Inc.
- [2] Cleland, D.I. dan Kacaogln D.F., 1980, *Engineering Management*. Johannesburg: McGraw Hill International Book Company.
- [3] Gaitonde, V.N., Karni, S.R., Rubio, J.C., Correia, A.E., Abrao, A.M. and Davim, J.P. (2008), *Analysis of Parametric Influence on Delamination*