

**METODE TAGUCHI MULTI RESPON MENGGUNAKAN
PROSEDUR TOPSIS**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang statistika

oleh:

GILANG PUTRA PRAMANA

0810953040-95



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2013

**METODE TAGUCHI MULTIRESPON MENGGUNAKAN
PROSEDUR TOPSIS**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang statistika

oleh:

GILANG PUTRA PRAMANA

0810953040-95



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
METODE TAGUCHI MULTIRESPON MENGGUNAKAN
PROSEDUR TOPSIS

SKRIPSI

oleh:
GILANG PUTRA PRAMANA
0810953040-95

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 21 Mei 2013
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Ir. Ni Wayan S. W., MS
NIP. 195511021981032001

Prof. Dr. Ir. Loekito A. S., M.Agr
NIP. 194703271974121001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Brawijaya
Malang

Dr. Abdul Rouf Alghofari, MSc.
NIP. 196709071992031001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda-tangan di bawah ini :

Nama : GILANG PUTRA PRAMANA
NIM : 0810953040-95
Program Studi : STATISTIKA
Penulis Tugas akhir berjudul :

METODE TAGUCHI MULTIRESPON MENGGUNAKAN PROSEDUR TOPSIS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 21 Mei 2013
Yang menyatakan,

GILANG PUTRA PRAMANA
NIM. 0810953040-95

METODE TAGUCHI MULTIRESPON MENGGUNAKAN PROSEDUR TOPSIS

ABSTRAK

Setiap perusahaan memiliki standar kualitas untuk menjaga kualitas produknya. Metode Taguchi merupakan metode baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dengan optimalisasi, yang dapat digunakan untuk memecahkan persoalan dengan satu karakteristik kualitas (respon tunggal). Jika persoalan yang melibatkan lebih dari satu karakteristik kualitas (multirespon) maka digunakan TOPSIS (*Technique For Order Preference For Similarity To Ideal Solution*) untuk menentukan alternatif terbaik. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan kombinasi optimal secara serempak dan mendapatkan kontribusi faktor yang lebih berpengaruh pada percobaan multirespon dimana masing-masing respon mempunyai kombinasi optimal perlakuan dan kontribusi faktor yang berbeda. Dari data rangkaian listrik RL (resistor-induktor) didapatkan kombinasi optimal yang tidak sama, dengan Metode TOPSIS didapatkan kombinasi optimal serempak yaitu nilai hambatan dari resistor (5,0 *Ohm*), nilai induktansi dari induktor (0,004 *Henry*), toleransi dari resistor (1%), dan toleransi dari induktor (10%). Kontribusi faktor yang paling berpengaruh terhadap ketiga respon adalah faktor B yaitu nilai induktansi dari induktor. Data kedua tentang pencampuran bahan lem untuk PVC film agar mempunyai kualitas yang baik, didapatkan kombinasi optimal serempak yaitu *polymer adhesive* (111%) dan *coupling agent* (100%), untuk kontribusi faktor yang paling berpengaruh terhadap kedua respon adalah faktor B yaitu *coupling agent*.

Kata kunci : Taguchi, *orthogonal array*, SNR, TOPSIS

MULTI RESPONSE TAGUCHI METHOD USING TOPSIS PROCEDURE

ABSTRACT

Every company has a quality standard to maintain the quality of its products. Taguchi method is a new method in the field of engineering that seeks to improve product quality by optimizing, it can be used to solve problems that involved characteristics (single response). If the problem involves more than one quality characteristics (multi response) then we can use TOPSIS (*Technique For Order Preference For Similarity To Ideal Solution*) to determine the best alternative. The purpose of this research is to obtain the optimal combination simultaneously on multirespon experiments if each response has different optimal combination. Based on RL electrical circuit (resistor-inductor) data, the optimal combination are not the same, with TOPSIS method yields the simultaneously optimal combination is the barriers of the resistor value (5.0 Ohm), the inductance of the inductor value (0.004 Henry), the tolerance of the resistor (1%), and the tolerance of the inductor (10%). Influential factor contribution in all response is the value of the inductance of the inductor. The second data is about the mixing glue material data for PVC films that have a good quality, obtained the simultaneously optimal combination is polymer adhesive (111%) and a coupling agent (100%), for influential factor contribution in all response is coupling agent.

Key Words : Taguchi, orthogonal array, SNR, TOPSIS

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan inspirasi, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul, “Metode Taguchi Multirespon Menggunakan Prosedur TOPSIS”.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini, banyak bantuan diberikan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ni Wayan Surya Wardhani, MS selaku pembimbing I, atas bimbingan, masukan, serta motivasi yang telah diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Loekito Adi Soehono, M.Agr selaku pembimbing II, atas bimbingan, masukan, serta motivasi yang telah diberikan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Henny Pramoedyo, MS selaku dosen penguji, atas saran dan masukan yang telah diberikan.
4. Orang tua, kakak, adik, serta seluruh keluarga besar atas pengertian, bantuan, motivasi, dan dukungan moril maupun materil yang diberikan.
5. Teman-teman Statistika 2008 atas persahabatan, motivasi dan bantuan selama masa studi.
6. Teman-teman Statistika UB atas bantuan, dukungan dan perhatiannya.
7. Seluruh pihak yang telah berpartisipasi dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tiada kesempurnaan dalam skripsi ini. Penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa akan datang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi banyak pihak.

Malang, 21 Mei 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Rancangan Percobaan	5
2.2 Metode Taguchi	6
2.3 <i>Orthogonal array</i>	8
2.4 <i>Signal Noise to Ratio (SNR)</i>	10
2.5 Efek Faktor	13
2.6 Analisis Ragam	13
2.7 Persen Kontribusi	15
2.8 Metode TOPSIS	15
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	19
3.1.1 Data 1	19
3.1.2 Data 2	19
3.2 Metode Analisis Data	20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data 1	21
4.1.1	Tahap Perancangan	21
4.1.2	Perhitungan SNR.....	21
4.1.3	Efek Faktor untuk SNR.....	22
4.1.4	Analisis Ragam	25
4.1.5	Kombinasi optimum setiap respon	27
4.1.6	Penggunaan TOPSIS	28
4.2	Data 2	33
4.2.1	Tahap Perancangan	33
4.2.2	Perhitungan SNR.....	33
4.2.3	Efek Faktor untuk SNR.....	34
4.2.4	Analisis Ragam	36
4.2.5	Kombinasi optimum setiap respon	37
4.2.6	Penggunaan TOPSIS	37

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	43
5.1.1	Data 1	43
5.1.2	Data 2	43
5.2	Saran	44

DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Pemilihan matriks <i>Orthogonal Array</i> standar....	8
Tabel 2.2. Contoh matriks <i>Orthogonal Array</i> $L_8(2^7)$	8
Tabel 2.3. Contoh tabel respon <i>Orthogonal Array</i> $L_9(3^4)$.	9
Tabel 2.4. Contoh nilai SNR pada tiap kombinasi.....	12
Tabel 2.5. Contoh Nilai Efek Faktor	13
Tabel 2.6. Analisis ragam dua-arah	14
Tabel 3.1. Data percobaan 1	19
Tabel 3.2. Data percobaan 2	20
Tabel 4.1. Matriks <i>Orthogonal Array</i> $L_8(2^4)$	21
Tabel 4.2. Nilai SNR pada masing-masing respon.....	22
Tabel 4.3. Efek faktor dari SNR pada respon Toleransi	23
Tabel 4.4. Efek faktor dari SNR pada respon Kuat arus.....	24
Tabel 4.5. Efek faktor dari SNR pada respon Biaya.....	25
Tabel 4.6. Analisis ragam pada respon Toleransi	25
Tabel 4.7. Analisis ragam pada respon Kuat arus.....	26
Tabel 4.8. Analisis ragam pada respon Biaya	26
Tabel 4.9. Kombinasi optimal pada setiap respon	27
Tabel 4.10. Efek faktor dari nilai TOPSIS	32
Tabel 4.11. Matriks <i>Orthogonal Array</i> $L_9(3^2)$	33
Tabel 4.12. Nilai SNR pada masing-masing respon.....	34
Tabel 4.13. Efek faktor dari SNR pada respon Cepat rekat..	35
Tabel 4.14. Efek faktor dari SNR pada respon Daya rekat...	35
Tabel 4.15. Analisis ragam pada respon Cepat rekat.....	36
Tabel 4.16. Analisis ragam pada respon Daya rekat.....	36
Tabel 4.17. Kontribusi faktor pada setiap respon.....	37
Tabel 4.18. Efek faktor dari nilai TOPSIS	42

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Skema <i>Quality Engineering</i>	7
Gambar 4.1. Grafik Efek faktor pada respon Toleransi	22
Gambar 4.2. Grafik Efek faktor pada respon Kuat arus.....	23
Gambar 4.3. Grafik Efek faktor pada respon Biaya.....	24
Gambar 4.4. Grafik Efek faktor dari nilai TOPSIS	32
Gambar 4.5. Grafik Efek faktor pada respon Cepat rekat.....	34
Gambar 4.6. Grafik Efek faktor pada respon Daya rekat.....	35
Gambar 4.7. Grafik Efek faktor dari nilai TOPSIS	41



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Minitab Data 1.....	47
Lampiran 2. Hasil Minitab Data 2.....	49
Lampiran 3. Nilai SNR Data 1	51
Lampiran 4. Nilai Efek faktor Data 1	52
Lampiran 5. Nilai SNR Data 2	54
Lampiran 6. Nilai Efek faktor Data 2	55
Lampiran 7. Tabel <i>Crips Score</i> Konversi Bilangan Fuzzy....	56
Lampiran 8. Perhitungan Nilai TOPSIS.....	57



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Persaingan dalam bidang industri semakin lama menjadi semakin ketat, hal ini disebabkan oleh persaingan harga dan kualitas produk yang baik sesuai keinginan konsumen. Setiap perusahaan memiliki standar kualitas untuk menjaga kualitas produknya tetap baik dan tetap menjadi pilihan konsumen. Salah satu usaha untuk menjaga dan meningkatkan kualitas produk adalah pengendalian kualitas. Menurut Mitra (1993), pengendalian kualitas adalah penggunaan teknik dan aktivitas untuk mempertahankan dan memperbaiki kualitas produk atau jasa. Pengendalian kualitas dapat dilakukan perusahaan dengan memanfaatkan suatu rancangan percobaan.

Rancangan percobaan sangat membantu untuk menemukan peubah utama yang mempengaruhi karakteristik kualitas dalam suatu proses. Rancangan percobaan adalah pendekatan untuk meragamkan secara sistematis faktor terkontrol dalam suatu proses dan menentukan pengaruh dari faktor terhadap suatu respon. Secara statistik, rancangan percobaan dapat menentukan level dari peubah kontrol untuk mengoptimalkan kinerja proses (Montgomery, 2001).

Metode Taguchi merupakan metode baru dalam bidang teknik yang bertujuan mengoptimalkan hasil eksperimen dan berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil efek ragam. Komponen utama dari filosofi Taguchi adalah mengurangi keragaman di sekitar nilai respon. Dalam analisis pada metode Taguchi digunakan dua metode utama yaitu *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Orthogonal Array* yang mampu mereduksi jumlah eksperimen secara signifikan serta dapat mempelajari sejumlah keputusan dengan percobaan yang sedikit (Park, 1996). Misalnya suatu percobaan terdiri dari 4 faktor dan masing-masing faktor terdiri dari 2 level, maka banyaknya kombinasi perlakuan adalah $2^4 = 16$ pada rancangan percobaan faktorial. Akan tetapi apabila dalam metode Taguchi, hanya menggunakan 8 kombinasi perlakuan dengan melihat pada tabel *orthogonal array* melalui derajat bebas dari banyaknya faktor dan level pada percobaan tersebut, sehingga tidak semua kombinasi

perlakuan dijalankan. Hal ini dapat mengurangi biaya, waktu, dan tenaga percobaan apabila dibandingkan dengan rancangan faktorial.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wirsal (2006) mengkaji tentang optimalisasi percobaan banyak faktor menggunakan metode Taguchi. Hasil penelitian menjelaskan metode Taguchi dapat menentukan kombinasi optimal pada masing-masing respon, tetapi kombinasi optimal masing-masing respon tidak sama sehingga tidak dapat diambil suatu kombinasi yg optimal secara keseluruhan terhadap semua respon.

Penggunaan Metode Taguchi hanya dapat digunakan untuk persoalan dengan satu karakteristik kualitas (respon tunggal), akan tetapi seringkali konsumen menginginkan untuk mempertimbangkan lebih dari satu karakteristik kualitas (multirespon) pada produk secara simultan. TOPSIS (*Technique For Order Preference For Similarity To Ideal Solution*) diusulkan oleh Hwang dan Yoon (1981) untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan konsep solusi bersama. Solusi bersama dapat dianggap sebagai pemilihan solusi dengan jarak Euclidean terpendek dari solusi ideal dan jarak Euclidean terjauh dari solusi ideal negatif (Tzeng dan Huang, 2011).

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendapatkan kombinasi optimal dan kontribusi faktor yang paling berpengaruh pada masing-masing respon?
2. Bagaimana mendapatkan kombinasi optimal gabungan dan kontribusi faktor yang paling berpengaruh terhadap semua respon dengan metode TOPSIS?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah pada data percobaan pertama menggunakan 4 faktor yang masing-masing faktor terdiri dari 2 level dan mempunyai tiga respon. Pada data percobaan kedua menggunakan 2 faktor yang masing-masing faktor terdiri dari 3 level dan mempunyai 2 respon. Rancangan percobaan ini tanpa ulangan pada setiap kombinasi percobaannya.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini :

1. Mendapatkan kombinasi optimal dan kontribusi faktor yang paling berpengaruh untuk masing-masing respon
2. Mendapatkan kombinasi optimal serempak dan kontribusi faktor yang paling berpengaruh terhadap semua respon menggunakan TOPSIS

1.5. Manfaat

Memberi wawasan tentang penggunaan metode Taguchi sebagai alternatif dari rancangan percobaan lain dan memberikan informasi tentang cara pemilihan kombinasi optimal serempak menggunakan prosedur TOPSIS apabila data yang diteliti merupakan data multi respon.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rancangan Percobaan

Sebuah rancangan percobaan adalah evaluasi simultan dari dua atau lebih faktor untuk melihat kemampuan faktor dalam mempengaruhi rata-rata yang dihasilkan atau keragaman produk tertentu atau karakteristik proses. Untuk mencapai karakteristik proses dengan cara yang efektif dan statistik yang tepat, tingkat faktor harus bervariasi, hasil dari kombinasi tertentu diamati, dan hasil keseluruhan dianalisis untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dan level yang tepat. Bertambah atau berkurangnya dari level tersebut berpotensi mengakibatkan perbaikan untuk penelitian selanjutnya. Pada tahap awal, sering disebut sebagai percobaan awal yang digunakan untuk menemukan faktor yang berpengaruh dari kemungkinan beberapa faktor yang terlibat dengan produk atau desain proses. Percobaan ini biasanya percobaan kecil dengan banyak faktor pada dua level. Selanjutnya percobaan biasanya melibatkan beberapa faktor dan lebih dari dua level untuk menentukan kondisi perbaikan untuk penelitian selanjutnya (Ross, 1996). Secara umum tujuan rancangan percobaan adalah menentukan faktor yang berpengaruh terhadap respon, menentukan faktor yang membuat respon mendekati nilai yang diinginkan, dan menentukan faktor yang menyebabkan ragam respon kecil.

Sebagai contoh pada jurnal *Optimasi Cranking Ampere* di P.T. "X" (Wahyudi, 2001), di mana produk aki di PT. "X" memiliki *cranking ampere* sebesar 221 CA yang tidak memenuhi permintaan pasar di Jepang, Eropa, dan Amerika dengan syarat minimal 275 CA. Kemudian perusahaan tersebut menggunakan metode Taguchi untuk dapat mengoptimalkan kombinasi level faktor yang mempengaruhi respon *cranking ampere*. Pada penelitian tersebut didapat beberapa faktor yang diambil berdasarkan analisis dan pertimbangan perusahaan yaitu waktu (30 min, 60 min, 90 min), tebal plat sel (1.2mm, 1.4mm, 1.6mm), kemurnian bahan (96%, 97%, 98%), dan kuat arus *charging* (160A, 170A, 180A). Hasil pada percobaan dengan menggunakan metode Taguchi didapat kombinasi level waktu 60 menit, tebal plat 1,4 mm, kemurnian bahan 98%, dan kuat arus 180 Ampere. Rancangan usulan tersebut terbukti dapat

menghasilkan *cranking ampere* rata-rata sebesar 278 CA yang dapat memenuhi syarat minimal di pasar Jepang, Eropa, dan Amerika.

Dalam pengendalian kualitas statistik, salah satu aplikasi yang paling luas dari probabilitas dan analisis statistik adalah dalam memastikan bahwa produk dari industri manufaktur memenuhi kebutuhan dengan cara yang konsisten dan seragam. Metode pengendalian kualitas statistik tidak diarahkan untuk menemukan alasan produk "buruk" dan menghitung jumlah produk yang buruk tersebut, melainkan untuk mencegah produk yang buruk dengan menghapus penyebab dan dengan mendeteksi timbulnya masalah sebelum produksi yang buruk (Barnes, 1994).

2.2. Metode Taguchi

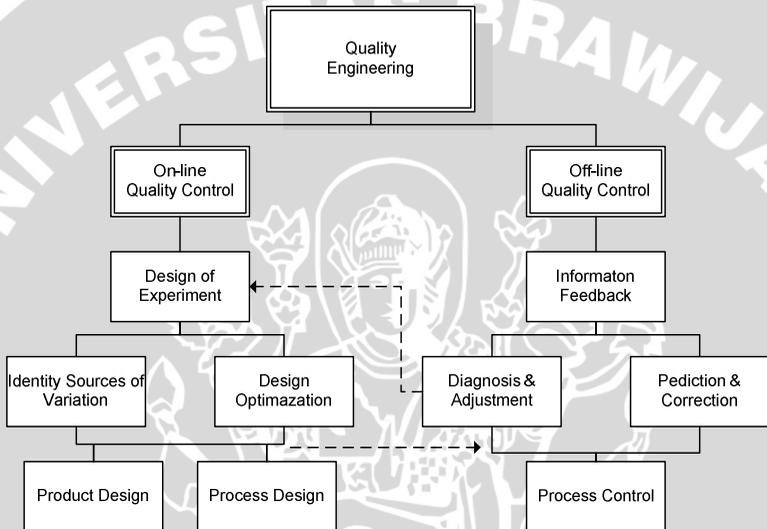
Metode Taguchi diperkenalkan oleh Genichi Taguchi pada tahun 1940 yang merupakan metode baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dalam dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise* (gangguan luar), karena itu sering disebut sebagai *Robust Design* (Ishak, 2002).

Robust Design bertujuan mengoptimalkan hasil eksperimen dan berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil efek ragam tanpa menghilangkan penyebab ragam tersebut. Komponen utama dari filosofi Taguchi adalah mengurangi keragaman di sekitar nilai target. Dalam analisis pada metode Taguchi digunakan dua alat utama yaitu *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Ortogonal Array* yang mampu mereduksi jumlah eksperimen secara signifikan serta dapat mempelajari sejumlah keputusan dengan percobaan yang sedikit (Park, 1996).

Pengendalian kualitas dapat dibagi ke dalam dua tahap (Musabbikah dan Putro, 2002) yaitu :

- a. Pengendalian kualitas "*offline*" terkait dengan aktivitas selama pengembangan produk dan disain proses. Aktivitas yang dilakukan adalah :
 1. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen dan apa saja yang diharapkan oleh konsumen.
 2. Mendesain produk yang sesuai dengan harapan konsumen.

3. Mendesain produk secara konsisten dan secara ekonomi menguntungkan.
 4. Mengembangkan secara jelas dan spesifik dari standar, prosedur, dan peralatan.
- b. Pengendalian kualitas “online” terkait dengan proses selama produksi, yaitu memelihara kekonsistenan produk dan proses sehingga meminimumkan ragam antar unit.



Gambar 2.1. Skema *Quality Engineering* (Peace, 1993)

Konsep Taguchi didasari dari konsep W.E. Deming tentang *Management's responsibility for quality*, yang menyatakan bahwa 85% kualitas yang buruk diakibatkan oleh proses manufaktur dan hanya 15% dari pekerja. Metode Taguchi menegaskan bahwa produk dan desain proses mempunyai dampak yang besar (Park, 1996).

Menurut Roy (1996) dalam Sunaryo (1997) pada beberapa kasus, Taguchi lebih cenderung mengabaikan interaksi agar efek utama dapat diduga. Oleh karena itu metode Taguchi tidak secara khusus menganalisis bagaimana cara memprediksi interaksi sebelum percobaan sehingga dapat diketahui signifikan atau tidak signifikan terhadap peubah respon.

2.3. Orthogonal Array

Dalam metode Taguchi digunakan matriks yang disebut *orthogonal array* untuk menentukan banyaknya unit percobaan yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin dari semua faktor yang mempengaruhi respon. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada pemilihan banyaknya kombinasi unit percobaan untuk setiap percobaan (Ishak, 2002).

Kelebihan utama *ortogonal array* adalah hubungan antara faktor-faktor yang sedang diteliti. Untuk setiap level dari setiap satu faktor akan terjadi dalam jumlah yang sama. Ini merupakan sebuah eksperimen seimbang dan memungkinkan efek satu faktor yang diteliti untuk dipisahkan dari pengaruh faktor lain. Keuntungan tambahan dari *ortogonal array* adalah efisiensi biaya. Meskipun seimbang, desain *ortogonal array* tidak membutuhkan semua kombinasi dari semua faktor yang diuji. Oleh karena itu, unit percobaan bisa lebih kecil (Peace, 1993).

Menentukan derajat bebas untuk memilih *orthogonal array* :

$$Db \text{ total} = [\text{banyaknya faktor} \times (\text{banyaknya level} - 1)] + 1 \quad (2.1)$$

Tabel 2.1. Pemilihan matriks *Orthogonal Array* standar

2 level	3 level	4 level	5 level
L ₄	L ₉	L ₁₆	L ₂₅
L ₈	L ₂₇	L ₆₄	
L ₁₂	L ₈₁		
L ₁₆			
L ₃₂			
L ₆₄			

Tabel 2.2. Contoh matriks *Orthogonal Array* L₈ (2⁷)

Percobaan	Kolom / Faktor						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Lambang untuk *Orthogonal Array* :

$$L_a(k^b)$$

di mana, a : banyaknya pengamatan (baris)

k : banyaknya level

b : banyaknya faktor (kolom)

L : *orthogonal array*

Cara menentukan derajat bebas untuk pemilihan *orthogonal array* sebagai berikut (Wahyudi, 2001):

Banyaknya faktor = 4

Banyaknya level = 3

Db level = $3 - 1 = 2$

Db total = $(4 \times 2) + 1 = 9$

Dengan demikian diperoleh 9 kombinasi faktor untuk percobaan tersebut dengan masing-masing kombinasi mempunyai 3 ulangan.

Tabel 2.3. Contoh tabel respon *Orthogonal Array* ($L_9(3^4)$)

Kombinasi Faktor	Faktor				U1	U2	U3
	Waktu (A)	Tebal (B)	Kemurnian (C)	Kuat Arus (D)			
1	30	1,2	96	160	194	195	192
2	30	1,4	97	170	221	221	220
3	30	1,6	98	180	255	256	259
4	60	1,2	97	180	228	224	225
5	60	1,4	98	160	272	269	270
6	60	1,6	96	170	230	232	232
7	90	1,2	98	170	239	237	237
8	90	1,4	96	180	219	218	219
9	90	1,6	97	160	210	208	211

(Wahyudi, 2001)

2.4. Signal to Noise Ratio

Dalam bidang kuantitas hubungan mesin, yang disebut SNR telah digunakan sebagai pilihan karakteristik kualitas. Taguchi, yang berlatar belakang hubungan dan industri elektronik, memperkenalkan konsep yang sama ke dalam rancangan percobaan. Dua aplikasi di

mana konsep SNR digunakan adalah di dalam peningkatan kualitas melalui pengurangan variabilitas dan peningkatan pengukuran. Faktor kontrol yang berkontribusi dapat mengurangi ragam dan meningkatkan kualitas yang dapat diidentifikasi dengan banyaknya ragam yang ada dan banyak pengulangan. SNR mengubah beberapa pengulangan menjadi satu nilai yang mencerminkan jumlah ragam yang ada dan rata-rata respon (Park, 1996).

Karakteristik kualitas adalah hasil suatu proses yang berkaitan dengan kualitas. Karakteristik kualitas menurut Taguchi dibagi menjadi 3 kategori (Peace, 1993) :

1. *Nominal is the best*

Karakteristik kualitas yang menuju suatu nilai target yang tepat pada suatu nilai tertentu.

2. *Smaller the better*

Pencapaian karakteristik di mana apabila semakin kecil (mendekati nol, nol adalah nilai ideal dalam hal ini) semakin baik.

3. *Larger the better*

Pencapaian karakteristik kualitas semakin besar semakin baik (tak terhingga sebagai nilai idealnya).

Dalam Taguchi, *Signal to Noise Ratio* (SNR) digunakan sebagai ukuran performa karakteristik kualitas. SNR ada 3 macam, yaitu (Wahyudi dan Pramono, 2001) :

1. *Nominal the Better*

Digunakan bila karakteristik mutu mempunyai nilai target tertentu biasanya bukan nol, dan kerugian mutu simetris pada kedua sisi target.

$$SNR_{ntb} = 10 \log \left(\frac{\bar{y}^2}{S^2} \right) \quad (2.2)$$

di mana, SNR_{ntb} : SNR untuk *nominal the better*
 \bar{y} : rata-rata
 S^2 : ragam

Contoh (Fowlks and Creveling, 1995) :

- pemboran silinder mesin untuk diameter tertentu, karena apabila diameter lebih besar atau lebih kecil maka kinerja mesin tidak sesuai

- mengendalikan tekstur produk es krim, karena komposisi es krim harus sesuai standar perusahaan tidak boleh terlalu cair dan tidak boleh terlalu kental

2. *Larger the Better*

Digunakan bilamana karakteristik mutu yang dikehendaki semakin besar nilainya semakin baik.

$$SNR_{ltb} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2.3)$$

di mana, SNR_{ltb} : SNR untuk *larger the better*
 n : banyaknya data
 y_i : data ke- i , $i=1,2,3,\dots,n$

Contoh (Fowlks and Creveling, 1995) :

- kekuatan dari perekat permanen, semakin kuat daya rekat suatu perekat adalah hasil yang diinginkan perusahaan
- kekuatan las dari suatu sambungan, semakin kuat sambungan las pada suatu benda maka semakin baik
- jarak tempuh mobil dari bahan bakar, semakin jauh jarak tempuh mobil dengan bahan bakar yang sama maka mesin mobil tersebut semakin baik

3. *Smaller the Better*

Digunakan bilamana karakteristik mutu tidak negatif, idealnya nol.

$$SNR_{stb} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2.4)$$

di mana, SNR_{stb} : SNR untuk *smaller the better*
 n : banyaknya data
 y_i : data ke- i , $i=1,2,3,\dots,n$

Contoh (Fowlks and Creveling, 1995) :

- radiasi kebocoran microwave oven, semakin kecil radiasi yang ditimbulkan adalah keinginan dari perusahaan

- waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan salinan pertama yang keluar dari mesin fotokopi, semakin singkat waktu yang dibutuhkan untuk mencetak salinan maka mesin tersebut semakin baik
- korosi logam, semakin kecil korosi pada suatu logam maka logam tersebut semakin baik

Nilai Signal to Noise Ratio dapat dihitung menggunakan SNR *Larger the Better* karena semakin besar nilai *cranking ampere* maka semakin baik (Wahyudi, 2001).

$$SNR_{ltb} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$SNR_{ltb} = -10 \log \left(\frac{1}{3} \times \left(\frac{1}{194^2} + \frac{1}{195^2} + \frac{1}{192^2} \right) \right) = 45,741$$

Tabel 2.4. Contoh nilai SNR pada tiap kombinasi

Unit Percobaan	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	SNR
1	194	195	192	45,741
2	221	221	220	46,875
3	255	256	259	48,187
4	228	224	225	47,069
5	272	269	270	48,638
6	230	232	232	47,285
7	239	237	237	47,519
8	219	218	219	46,796
9	210	208	211	46,43

(Wahyudi, 2001)

2.5. Efek Faktor

Setelah didapat nilai SNR, dilakukan perhitungan nilai efek faktor untuk menentukan kombinasi optimal pada peubah respon dan menentukan ranking faktor yang berpengaruh terhadap peubah respon. Menurut Haryono (2000) dalam Susetyo (2009) efek tiap faktor dapat dicari dengan rumus :

$$Efek\ faktor = \frac{1}{l}(\sum \eta_l) \quad (2.5)$$

di mana,

l : banyaknya level yang sama

η_l : nilai SNR

Setelah didapat nilai SNR maka dapat dilakukan perhitungan nilai efek faktor dan menentukan kombinasi optimal (Wahyudi, 2001).

Rata-rata SNR untuk A_1 :

$$\bar{A}_1 = \frac{45,741 + 46,875 + 48,187}{3} = 46,93$$

Tabel 2.5. Contoh Nilai Efek Faktor

	A	B	C	D
Level 1	46,93	46,78	46,61	46,94
Level 2	47,66	47,44	46,79	47,23
Level 3	46,91	47,3	48,11	47,35
Efek	0,75	0,66	1,5	0,41
Rank	2	3	1	4
Optimal	A2	B2	C3	D3

(Wahyudi, 2001)

2.6. Analisis Ragam

Analisis ragam adalah suatu metode untuk menguraikan keragaman total menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber keragaman. Di dalam analisis ragam diasumsikan bahwa contoh acak yang dipilih berasal dari populasi yang normal dengan ragam yang sama. Analisis ragam memperluas pengujian kesamaan dari dua nilai rata-rata menjadi kesamaan beberapa nilai rata-rata secara simultan (Wibisono, 2005).

Analisis ragam pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan hasil percobaan. Analisis ragam adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis ragam yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan (Ishak, 2002).

Tabel analisis ragam terdiri dari perhitungan derajat bebas (db), jumlah kuadrat, dan kuadrat tengah sebagai berikut (Ishak, 2002) :

Tabel 2.6. Analisis ragam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah
Faktor A	db_A	JK_A	KT_A
Faktor B	db_B	JK_B	KT_B
Galat	db_G	JK_G	KT_G
Total	db_T	JK_T	

di mana,

db_A : derajat bebas faktor A = $k_A - 1$

db_B : derajat bebas faktor B = $k_B - 1$

db_T : derajat bebas total = $n - 1$

db_G : $db_T - db_A - db_B$

k_A : banyaknya level untuk faktor A

k_B : banyaknya level untuk faktor B

n : banyaknya total percobaan

$$FK = \frac{T^2}{n} = \text{Faktor Koreksi} \quad (2.6)$$

$$T^2 = \sum_{i=1}^n Y_i = \text{jumlah keseluruhan data}$$

$$JK_A = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - FK = \text{Jumlah Kuadrat faktor A} \quad (2.7)$$

A_i = faktor A ke-i

$$JK_B = \left[\sum_{j=1}^n \left(\frac{B_j^2}{n_{B_j}} \right) \right] - FK = \text{Jumlah Kuadrat faktor B} \quad (2.8)$$

B_j = faktor B ke-j

$$JK_T = \left[\sum_{i=1}^n (Y_i^2) \right] - FK = \text{Jumlah Kuadrat Total} \quad (2.9)$$

$$JK_G = JK_T - JK_A - JK_B = \text{Jumlah Kuadrat Galat} \quad (2.10)$$

$$KT_A = \frac{JK_A}{db_A} = \text{Kuadrat Tengah faktor A} \quad (2.11)$$

$$KT_B = \frac{JK_B}{db_B} = \text{Kuadrat Tengah faktor B} \quad (2.12)$$

$$KT_G = \frac{JK_G}{db_G} = \text{Kuadrat Tengah Galat} \quad (2.13)$$

2.7. Persen Kontribusi (P)

Bagian dari percobaan yang dikaitkan dengan masing-masing faktor yang signifikan terhadap respon tercermin dalam persen kontribusi *P*. Persen kontribusi adalah fungsi dari jumlah kuadrat untuk setiap faktor yang signifikan. Persen kontribusi menunjukkan kekuatan relatif dari faktor untuk mengurangi ragam. Jika faktor yang dikendalikan tepat, maka ragam total dapat dikurangi dengan jumlah yang ditunjukkan oleh persen kontribusi (Ross, 1996) :

$$JK_A' = JK_A - (KT_G)(db_A) \quad (2.14)$$

$$P = \left[\frac{JK_A'}{JK_T} \right] \times 100\% \quad (2.15)$$

di mana,

JK_A' : Jumlah Kuadrat faktor A terboboti

P : Persen kontribusi

2.8. Metode TOPSIS

Penggunaan metode Taguchi hanya dapat digunakan untuk persoalan dengan satu karakteristik kualitas (respon tunggal), tetapi seringkali konsumen menginginkan untuk mempertimbangkan lebih dari satu karakteristik kualitas (multirespon) secara simultan.

TOPSIS diusulkan oleh Hwang dan Yoon (1981) untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan konsep solusi bersama. Solusi bersama dapat dianggap sebagai pemilihan solusi dengan jarak Euclidean terpendek dari solusi ideal positif dan jarak Euclidean terjauh dari solusi ideal negatif. Prosedur TOPSIS dapat digambarkan sebagai berikut (Tzeng and Huang, 2011) :

Satu set alternatif $A = \{A_i \mid i = 1, \dots, n\}$, dan satu set kriteria $C = \{C_j \mid j = 1, \dots, m\}$, di mana $X = \{X_{ij} \mid k = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m\}$ menandakan himpunan kinerja peringkat dan $w = \{w_j \mid j = 1, \dots, m\}$ adalah himpunan bobot.

Langkah-langkah perhitungan dalam TOPSIS yaitu :

1. Menghitung matriks keputusan yang telah dinormalisasikan (r_{ij})

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}} \quad (2.16)$$

$$r_{ij} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

di mana,

r_{ij} : Nilai matriks keputusan eksperimen

X_{ij} : Nilai eksperimen ke- i , respon ke- j

2. Menghitung matrik keputusan normalisasi yang diberikan bobot (v_{ij})

$$w_j = \frac{c_j}{\sum_{j=1}^m c_j} \quad (2.17)$$

$$v_{ij} = w_j \times r_{ij} \quad (2.18)$$

$$v_{ij} = \begin{pmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{pmatrix}$$

di mana,

v_{ij} : Nilai matriks keputusan terbobot

w_j : Bobot respon ke- j

c_j : nilai *crisp score* ke- j

Nilai bobot preferensi menunjukkan tingkat kepentingan relatif setiap kriteria

3. Menentukan solusi ideal (V^+) dan solusi ideal negatif (V^-)

Solusi ideal positif

$$A^+ = \{V^+_1, V^+_2, V^+_3, \dots, V^+_m\} \quad (2.19)$$

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J_1), (\min v_{ij} | j \in J_2) | i = 1, 2, \dots, m\}$$

Solusi ideal negatif

$$A^- = \{V^-_1, V^-_2, V^-_3, \dots, V^-_m\} \quad (2.20)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J_1), (\max v_{ij} | j \in J_2) | i = 1, 2, \dots, m\}$$

di mana J_1 adalah manfaat dan J_2 adalah biaya

4. Menghitung ukuran pemisah tiap alternatif solusi
Ukuran pemisah tiap alternatif terhadap solusi ideal positif :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V^+_j)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.21)$$

Ukuran pemisah tiap alternatif terhadap solusi ideal negatif :

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V^-_j)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.22)$$

di mana,

D_i^+ : Ukuran pemisah alternatif terhadap solusi ideal positif

D_i^- : Ukuran pemisah alternatif terhadap solusi ideal negatif

V^+_j : Solusi ideal positif respon ke-j

V^-_j : Solusi ideal negatif respon ke-j

5. Menghitung kedekatan relatif (*relative closeness*) tiap-tiap alternatif terhadap solusi ideal. Kedekatan relatif ini yang disebut sebagai nilai TOPSIS suatu alternatif

$$C^*_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.23)$$

di mana C^*_i : Nilai kedekatan relatif unit percobaan ke-i

6. Menentukan level faktor yang optimal, yang antara lain termasuk menghitung efek faktor berdasarkan nilai TOPSIS serta menentukan faktor yang optimal beserta level-levelnya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

3.1.1. Data 1

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari penelitian Wirsal (2006) “Optimalisasi Percobaan Banyak Faktor Menggunakan Perancangan Taguchi”. Penelitian sebelumnya membahas tentang perbedaan tujuan antara rancangan percobaan faktorial dan metode Taguchi, sedangkan pada penelitian membahas penyelesaian metode Taguchi apabila respon lebih dari satu menggunakan TOPSIS. Percobaan ini memiliki 4 faktor yang masing-masing faktor memiliki 2 level sebagai berikut :

Tabel 3.1. Data percobaan 1

Level	A	B	C	D
1	5,0	0,0040	0,01	0,10
2	9,9	0,0275	0,05	0,15

di mana,

A : nilai hambatan dari resistor (*Ohm*)

B : nilai induktansi dari induktor (*Henry*)

C : toleransi dari resistor

D : toleransi dari induktor

Dalam sebuah rangkaian RL, resistor (R) berfungsi untuk menghambat arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian dan induktor (L) berfungsi untuk menyimpan arus dengan media kumparan. Toleransi resistor maupun induktor adalah suatu nilai yang menyatakan penyimpangan maksimum yang dianggap wajar dari nilai nominal dalam persen. Rangkaian RL ini menggunakan beda potensial sebesar 100 Volt, sehingga menghasilkan kuat arus tertentu. Percobaan ini mempunyai tiga respon yang dihasilkan dari rangkaian RL yaitu nilai toleransi (%), kuat arus yang dihasilkan (*Ampere*), dan biaya (\$).

3.1.2. Data 2

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari penelitian Prieskawati (2012) “Optimasi Multirespon untuk Menentukan Komposisi Lem pada PVC Film dengan Menggunakan

Metode *Fuzzy Logic*". Penelitian sebelumnya membahas tentang percobaan multirespon menggunakan metode Fuzzy, sedangkan pada penelitian ini penyelesaian percobaan multirespon menggunakan metode Taguchi dengan TOPSIS. Percobaan ini memiliki 2 faktor yang masing-masing faktor memiliki 3 level sebagai berikut :

Tabel 3.2. Data percobaan 2

Level	A	B
1	100	100
2	111	300
3	122	500

di mana,

A : *polymer adhesive* (%)

B : *coupling agent* (%)

Dalam penggunaan PVC film, bahan PVC film sulit merekatkan lem karena teksturnya yang lebih halus dan kurang berpori dibandingkan dengan kertas. Kondisi tidak dapat merekatnya lem pada PVC disebut *transfer failure*, untuk mengatasi masalah tersebut dapat digunakan 2 faktor campuran bahan lem yaitu *polymer adhesive* dan *coupling agent*. Percobaan ini mempunyai 2 respon yaitu cepat rekat (detik) dan daya rekat (gr/cm^2)

3.2. Metode Analisis Data

Dalam metode Taguchi terdapat langkah-langkah untuk mendapatkan kombinasi yang optimal yaitu :

1. Menentukan karakter kualitas : respon, faktor, dan level
2. Menghitung derajat bebas total *Orthogonal Array*
3. Menentukan *Orthogonal Array*
4. Menentukan SNR
5. Menghitung nilai efek faktor pada masing-masing respon
6. Menentukan peringkat faktor terbaik dan kombinasi optimal
7. Membuat tabel analisis ragam untuk melihat kontribusi tiap faktor

Apabila percobaan tersebut mempunyai lebih dari satu respon (multi respon) dan mempunyai kombinasi optimal masing-masing respon yang tidak sama, maka dapat dilakukan perhitungan selanjutnya untuk mendapatkan kombinasi optimal secara serempak menggunakan prosedur TOPSIS.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data 1

4.1.1. Tahap Perancangan

Dalam percobaan ini digunakan 4 faktor yang pada masing-masing faktor memiliki 2 level. Pada awal percobaan ini dilakukan perhitungan untuk menentukan derajat bebas *Orthogonal Array* dari banyaknya faktor dan level dengan persamaan (2.1).

$$\text{Derajat bebas level} = 2 - 1 = 1$$

$$\text{Derajat bebas total} = (4 \times 1) + 1 = 5$$

Didapat derajat bebas total sebesar 5 dan dapat dilihat pada Tabel 2.1 untuk menentukan matriks *orthogonal array* adalah L_8 (untuk derajat bebas 5 sampai 8). Berikut adalah bentuk matriks *orthogonal array* beserta hasil percobaan pada ketiga respon:

Tabel 4.1. Matriks *Orthogonal Array* $L_8 (2^4)$

No	A	B	C	D	Toleransi (%)	Kuat arus (A)	Biaya (\$)
1	1	1	1	1	0,216	19,613	5,87
2	1	1	2	2	0,929	20,326	5,38
3	1	2	1	2	1,126	11,148	6,07
4	1	2	2	1	0,761	10,783	6,32
5	2	1	1	2	0,102	10,122	5,71
6	2	1	2	1	0,493	10,514	5,54
7	2	2	1	1	0,332	7,944	6,65
8	2	2	2	2	0,539	8,151	5,74

4.1.2. Perhitungan SNR

Berdasarkan Tabel 4.1. dihitung nilai SNR untuk setiap unit percobaan pada masing-masing respon. Pada respon toleransi menggunakan SNR_{stb} (*Smaller the Better*), semakin kecil nilai toleransi maka akan semakin baik dan semakin stabil nilai kuat arus yang diinginkan. Pada respon kuat arus menggunakan SNR_{ltb} (*Larger the Better*), semakin besar nilai kuat arus maka kuat arus di dalam rangkaian semakin baik. Sedangkan pada respon biaya menggunakan SNR_{stb} (*Smaller the Better*), semakin kecil nilai biaya maka dapat menghemat biaya produksi perusahaan.

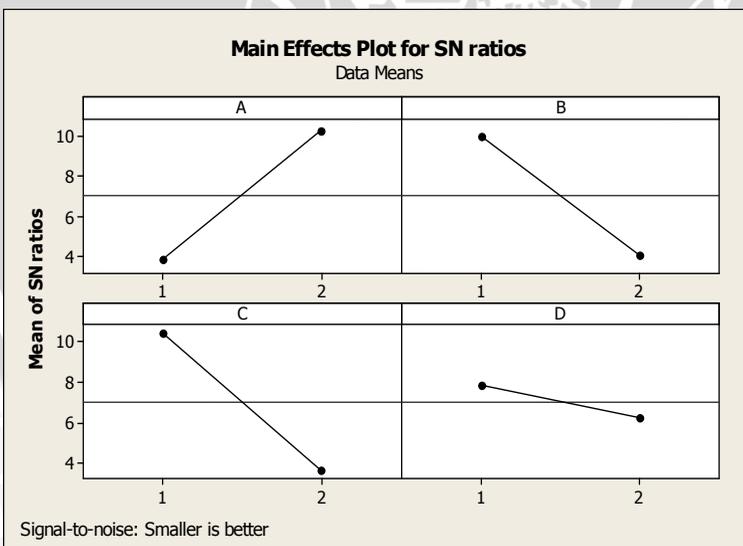
Tabel 4.2. Nilai SNR pada masing-masing respon

No	A	B	C	D	SNR Toleransi	SNR Kuat arus	SNR Biaya
1	1	1	1	1	13,323	25,851	-15,373
2	1	1	2	2	0,644	26,161	-14,616
3	1	2	1	2	-1,032	20,944	-15,664
4	1	2	2	1	2,372	20,655	-16,014
5	2	1	1	2	19,871	20,105	-15,133
6	2	1	2	1	6,136	20,435	-14,870
7	2	2	1	1	9,585	18,001	-16,456
8	2	2	2	2	5,375	18,224	-15,178

Untuk respon Toleransi dan Biaya menggunakan persamaan (2.4) sedangkan untuk respon Kuat Arus menggunakan persamaan (2.3).

4.1.3. Efek Faktor

Menurut Haryono (2000) dalam Susetyo (2009), perhitungan efek faktor dapat dilihat dalam persamaan (2.5) digunakan untuk menentukan faktor mana yang memiliki ranking (kontribusi) terbaik pada suatu respon. Penentuan rank pada faktor bergantung pada nilai selisih dari nilai maksimal dan nilai minimal dari suatu faktor. Selain itu efek faktor juga dapat menentukan kombinasi yang optimal pada suatu respon.

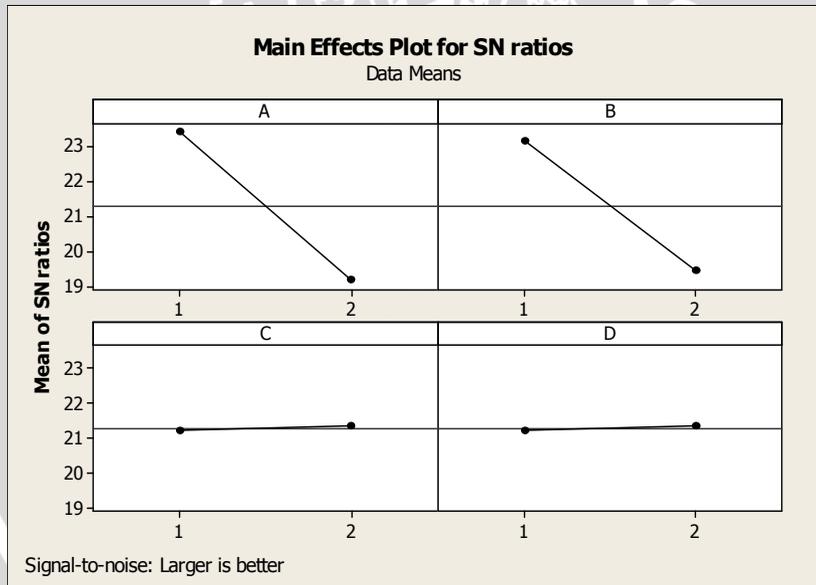


Gambar 4.1. Grafik Efek faktor pada respon toleransi

Tabel 4.3. Efek faktor pada respon toleransi

Level	A	B	C	D
1	3,827	9,994	10,437	7,854
2	10,242	4,075	3,632	6,215
Selisih	6,415	5,918	6,805	1,640
Rank	2	3	1	4

Dari Gambar 4.1 dan Tabel 4.3 pada respon toleransi dapat dilihat untuk ranking faktor yang mempunyai kontribusi tertinggi sampai terendah adalah C, A, B, dan D dilihat dari selisih antar level pada masing-masing faktor. Faktor C yaitu toleransi dari resistor merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon toleransi karena memiliki nilai selisih yang lebih besar dari faktor lainnya. Untuk kombinasi optimal didapat kombinasi A₂, B₁, C₁, dan D₁ dilihat dari nilai efek faktor yang terbesar dari masing-masing faktor.

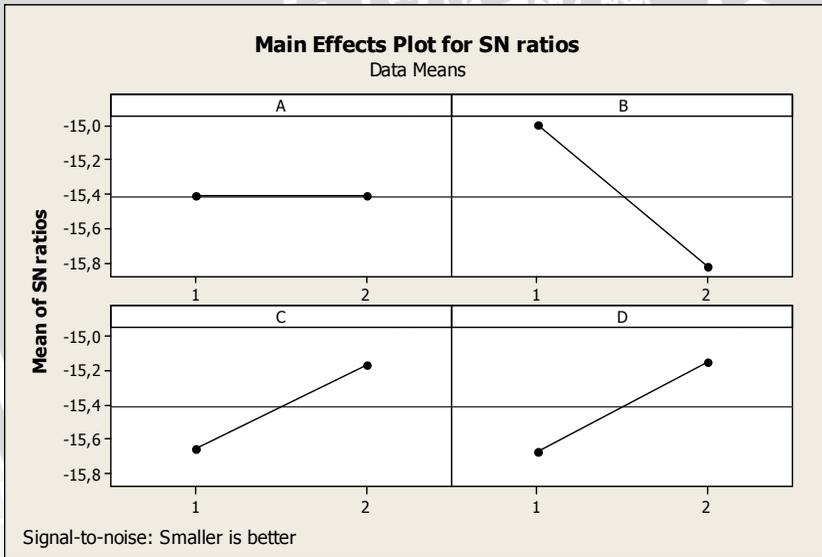


Gambar 4.2. Grafik Efek faktor pada respon kuat arus

Tabel 4.4. Efek faktor pada respon kuat arus

Level	A	B	C	D
1	<u>23,403</u>	<u>23,138</u>	21,225	21,235
2	19,191	19,456	<u>21,369</u>	<u>21,359</u>
Selisih	4,211	3,682	0,144	0,123
Rank	1	2	3	4

Dari Gambar 4.2 dan Tabel 4.4 pada respon kuat arus dapat dilihat untuk ranking faktor yang mempunyai kontribusi tertinggi sampai terendah adalah A, B, C, dan D dilihat dari selisih antar level pada masing-masing faktor. Faktor A yaitu hambatan dari resistor merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon kuat arus karena memiliki nilai selisih yang lebih besar dari faktor lainnya. Untuk kombinasi optimal didapat kombinasi A₁, B₁, C₂, dan D₂ dilihat dari nilai efek faktor yang terbesar dari masing-masing faktor.



Gambar 4.3. Grafik Efek faktor pada respon biaya

Tabel 4.5. Efek faktor pada respon biaya

Level	A	B	C	D
1	-15,417	-14,998	-15,656	-15,678
2	-15,409	-15,828	-15,170	-15,148
Selisih	0,007	0,830	0,487	0,531
Rank	4	1	3	2

Dari Gambar 4.3 dan Tabel 4.5 pada respon biaya dapat dilihat untuk ranking faktor yang mempunyai kontribusi tertinggi sampai terendah adalah B, D, C, dan A dilihat dari selisih antar level pada masing-masing faktor. Faktor B yaitu nilai induktansi dari induktor merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon biaya karena memiliki nilai selisih yang lebih besar dari faktor lainnya. Untuk kombinasi optimal didapat kombinasi A_2 , B_1 , C_2 , dan D_2 dilihat dari nilai efek faktor yang terbesar dari masing-masing faktor.

4.1.4. Analisis Ragam

Tabel analisis ragam pada metode Taguchi tidak difokuskan untuk pengujian tingkat signifikan faktor terhadap respon dengan menggunakan uji-F, tetapi digunakan untuk mendapatkan tingkat kontribusi setiap faktor terhadap respon yang dilihat dari nilai persen kontribusi. Menurut Ross (1996), perhitungan JK' (Jumlah kuadrat terboboti) dapat dilihat pada persamaan (2.14) dan perhitungan nilai persen kontribusi dapat dilihat pada persamaan (2.15).

Tabel 4.6. Analisis ragam pada respon toleransi

Sumber	db	JK	KT	JK'	P (%)	Rank
A	1	82,294	82,294	51,74	15,127	2
B	1	70,054	70,054	39,50	11,549	3
C	1	92,615	92,615	62,06	18,145	1
D	1	5,376	5,376	-25,18	-7,363	4
Galat	3	91,672	30,557	213,90	62,542	
Total	7	342,011		342,01	100	

Berdasarkan Tabel 4.6. pada respon toleransi didapat ranking faktor yang mempunyai kontribusi tertinggi sampai terendah adalah C, A, B, dan D. Faktor C yaitu toleransi dari resistor merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap peubah respon karena memiliki nilai kontribusi yang lebih besar dari faktor lainnya.

Tabel 4.7. Analisis ragam pada respon kuat arus

Sumber	db	JK	KT	JK'	P (%)	Rank
A	1	35,470	35,470	33,89	50,276	1
B	1	27,118	27,118	25,54	37,885	2
C	1	0,041	0,041	-1,54	-2,285	3
D	1	0,030	0,030	-1,55	-2,302	4
Galat	3	4,745	1,582	11,07	16,426	
Total	7	67,404		67,40	100	

Berdasarkan Tabel 4.7. pada respon kuat arus didapat ranking untuk faktor yang mempunyai kontribusi tertinggi sampai terendah adalah A, B, C, dan D. Faktor A yaitu hambatan dari resistor merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap peubah respon karena memiliki nilai kontribusi yang lebih besar dari faktor lainnya.

Tabel 4.8. Analisis ragam pada respon biaya

Sumber	db	JK	KT	JK'	P (%)	Rank
A	1	0,0001	0,0001	-0,05	-2,093	4
B	1	1,3790	1,3790	1,32	51,374	1
C	1	0,4740	0,4740	0,42	16,282	3
D	1	0,5636	0,5636	0,51	19,756	2
Galat	3	0,1623	0,0541	0,38	14,682	
Total	7	2,579		2,58	100	

Berdasarkan Tabel 4.8. pada respon biaya didapat ranking untuk faktor yang mempunyai kontribusi tertinggi sampai terendah adalah B, D, C, dan A. Faktor B yaitu nilai induktansi dari induktor

merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap peubah respon karena memiliki nilai kontribusi yang lebih besar dari faktor lainnya.

4.1.5. Kombinasi Optimum Setiap Respon

Dari hasil tabel efek faktor dan tabel analisis ragam masing-masing respon didapatkan hasil yang sama pada ranking faktor yang lebih berkontribusi kepada respon. Pada respon toleransi didapat ranking faktor yaitu C, A, B, dan D; pada respon kuat arus didapat ranking A, B, C, dan D; dan pada respon biaya didapat ranking B, D, C, dan A.

Untuk kombinasi level yang optimal dapat dilihat pada tabel efek faktor di mana pemilihan level yang optimal adalah level dengan nilai yang lebih besar :

- 1) pada respon toleransi, kombinasi yang optimal adalah $A_2 B_1 C_1 D_1$, yaitu nilai hambatan dari resistor (9,9 *Ohm*), nilai induktansi dari induktor (0,004 *Henry*), toleransi dari resistor (1%), dan toleransi dari induktor (10%).
- 2) pada respon kuat arus, kombinasi yang optimal adalah $A_1 B_1 C_2 D_2$, yaitu nilai hambatan dari resistor (5,0 *Ohm*), nilai induktansi dari induktor (0,004 *Henry*), toleransi dari resistor (5%), dan toleransi dari induktor (15%).
- 3) pada respon biaya, kombinasi yang optimal adalah $A_2 B_1 C_2 D_2$, yaitu nilai hambatan dari resistor (9,9 *Ohm*), nilai induktansi dari induktor (0,004 *Henry*), toleransi dari resistor (5%), dan toleransi dari induktor (15%).

Tabel 4.9. Kombinasi optimal pada setiap respon

Toleransi	A_2	B_1	C_1	D_1
Kuat Arus	A_1	B_1	C_2	D_2
Biaya	A_2	B_1	C_2	D_2

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa kombinasi optimal pada masing-masing respon memberikan hasil yang berbeda, oleh karena itu harus dilakukan perhitungan untuk mendapatkan kombinasi optimal gabungan terhadap semua respon.

4.1.6. Penggunaan TOPSIS pada Multi Respon

Pada metode Taguchi didapatkan kombinasi yang optimal pada masing-masing respon. Akan tetapi apabila data berupa multi respon, maka diperlukan sebuah metode untuk mendapatkan hasil kombinasi yang optimal secara serempak dengan memperhitungkan semua respon. Metode TOPSIS adalah salah satu alternatif metode yang mengagregasi dua atau lebih kombinasi optimal yang berbeda untuk tiap respon dengan mempertimbangkan bobot relatif tiap respon.

1. Transformasi tingkat kepentingan relatif tiap respon ke dalam bentuk *fuzzy number*. Diperoleh tingkat kepentingan respon dari yang terpenting. Maka diperoleh nilai *fuzzy number* masing-masing respon yaitu :
 - Kuat arus : High
 - Biaya : Medium
 - Toleransi : Low
2. Menandai *crisp score* untuk memilih skala konversi (*fuzzy number*) pada lampiran 7 menjadi :
 - Kuat arus : 0,833
 - Biaya : 0,500
 - Toleransi : 0,166

Nilai pembobot tiap respon didapatkan dari normalisasi nilai *crisp score* pada persamaan (2.17) sebagai berikut :

– Pembobot Toleransi :

$$W_1 = \frac{0,166}{0,833 + 0,500 + 0,166} = 0,1107$$

– Pembobot Kuat arus :

$$W_2 = \frac{0,833}{0,833 + 0,500 + 0,166} = 0,5557$$

– Pembobot Biaya :

$$W_3 = \frac{0,500}{0,833 + 0,500 + 0,166} = 0,3336$$

3. Menyiapkan matriks *Orthogonal array* beserta hasil percobaan

No	A	B	C	D	Toleransi	Kuat arus	Biaya
1	1	1	1	1	0,216	19,613	5,87
2	1	1	2	2	0,929	20,326	5,38
3	1	2	1	2	1,126	11,148	6,07
4	1	2	2	1	0,761	10,783	6,32
5	2	1	1	2	0,102	10,122	5,71
6	2	1	2	1	0,493	10,514	5,54
7	2	2	1	1	0,332	7,944	6,65
8	2	2	2	2	0,539	8,151	5,74

4. Menghitung nilai TOPSIS tiap kombinasi perlakuan.
- o Menghitung matriks keputusan yang telah dinormalisasikan (r_{ij}) dengan persamaan (2.16) dan matrik keputusan normalisasi yang diberikan bobot (v_{ij}) dengan persamaan (2.18) :

$$r_{ij} = \begin{bmatrix} 0,117 & 0,528 & 0,350 \\ 0,503 & 0,547 & 0,321 \\ 0,610 & 0,300 & 0,362 \\ 0,412 & 0,290 & 0,377 \\ 0,055 & 0,272 & 0,341 \\ 0,267 & 0,283 & 0,331 \\ 0,180 & 0,214 & 0,397 \\ 0,292 & 0,220 & 0,343 \end{bmatrix}$$

$$v_{ij} = \begin{bmatrix} 0,013 & 0,293 & 0,117 \\ 0,056 & 0,304 & 0,107 \\ 0,068 & 0,167 & 0,121 \\ 0,046 & 0,161 & 0,126 \\ 0,006 & 0,151 & 0,114 \\ 0,030 & 0,157 & 0,110 \\ 0,020 & 0,119 & 0,132 \\ 0,032 & 0,122 & 0,114 \end{bmatrix}$$

- o Menentukan solusi ideal (V^+) dan solusi ideal negatif (V^-) :

Solusi ideal positif menurut persamaan (2.19) :

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J_1), (\min v_{ij} | j \in J_2) | i = 1, 2, \dots, m\}$$

$$A^+ = \{0,006 ; 0,304 ; 0,107\}$$

Solusi ideal negatif menurut persamaan (2.20) :

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J_1), (\max v_{ij} | j \in J_2) | i = 1, 2, \dots, m\}$$

$$A^- = \{0,068 ; 0,119 ; 0,132\}$$

- o Menghitung ukuran pemisah tiap alternatif solusi :
Ukuran pemisah tiap alternatif terhadap solusi ideal positif menurut persamaan (2.21) :

I	D_i^+
1	0,016
2	0,050
3	0,151
4	0,149
5	0,153
6	0,149
7	0,187
8	0,184

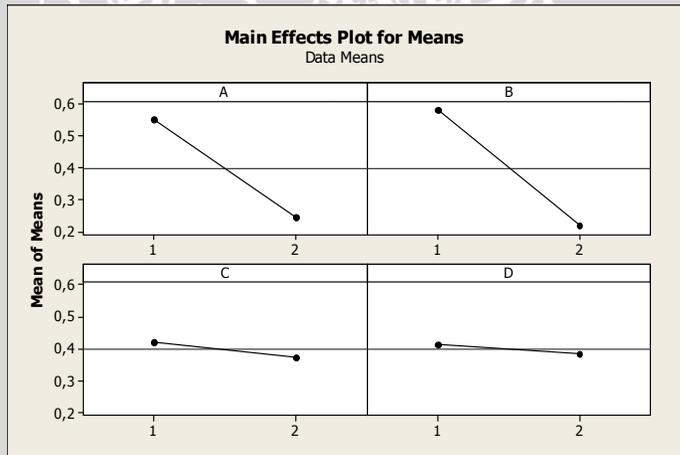
Ukuran pemisah tiap alternatif terhadap solusi ideal negatif menurut persamaan (2.22) :

I	D_i^-
1	0,183
2	0,187
3	0,049
4	0,048
5	0,072
6	0,058
7	0,048
8	0,040

- o Menghitung kedekatan relatif (*relative closeness*) tiap-tiap alternatif terhadap solusi ideal. Kedekatan relatif disebut juga sebagai nilai TOPSIS suatu alternatif menurut persamaan (2.23).

i	TOPSIS
1	0,920
2	0,791
3	0,246
4	0,244
5	0,320
6	0,282
7	0,203
8	0,178

- o Menghitung nilai efek faktor menurut persamaan (2.5) untuk menentukan kombinasi optimal gabungan berdasarkan nilai TOPSIS serta menentukan kontribusi faktor terhadap semua respon.



Gambar 4.4. Grafik Efek faktor dari nilai TOPSIS

Tabel 4.10. Efek faktor dari nilai TOPSIS

Level	A	B	C	D
1	<u>0,550</u>	<u>0,578</u>	<u>0,422</u>	<u>0,412</u>
2	0,246	0,218	0,374	0,384
selisih	0,305	0,361	0,049	0,028
rank	2	1	3	4

Dari Gambar 4.4 dan Tabel 4.10 pada nilai TOPSIS didapatkan bahwa kombinasi optimal gabungan pada ketiga respon adalah A_1 , B_1 , C_1 , dan D_1 yaitu nilai hambatan dari resistor ($5,0 \text{ Ohm}$), nilai induktansi dari induktor ($0,004 \text{ Henry}$), toleransi dari resistor (1%), dan toleransi dari induktor (10%).



4.2. Data 2

4.2.1. Tahap Perancangan

Pada percobaan yang kedua, digunakan 2 faktor dan masing-masing faktor terdiri dari 3 level. Penentuan derajat bebas *Orthogonal array* dapat dilihat pada persamaan (2.1).

$$\text{Derajat bebas level} = 3 - 1 = 2$$

$$\text{Derajat bebas total} = (2 \times 2) + 1 = 5$$

Didapat derajat bebas total sebesar 5 dan dilihat pada Tabel 2.1 untuk menentukan matriks *orthogonal array* adalah L_9 (untuk derajat bebas 5 sampai 9). Berikut adalah bentuk matriks *orthogonal array* beserta hasil percobaan pada kedua respon:

Tabel 4.11. Matriks *Orthogonal Array* L_9 (3^2)

No	A	B	Cepat rekat (s)	Daya rekat (J)
1	1	1	3	20,583
2	1	2	6	20,535
3	1	3	9	21,656
4	2	1	3	23,868
5	2	2	3	23,341
6	2	3	6	22,443
7	3	1	3	24,350
8	3	2	7	22,522
9	3	3	3	18,831

4.2.2. Perhitungan SNR

Dilihat dari persamaan (2.4), pada respon cepat rekat lem menggunakan SNR_{stb} (*Smaller the Better*), semakin kecil nilai cepat rekat lem maka akan semakin sedikit waktu yang dibutuhkan agar lem cepat menempel. Pada respon daya rekat lem menggunakan SNR_{ltb} (*Larger the Better*), semakin besar nilai daya rekat maka kekuatan lem semakin baik dapat dilihat dari persamaan (2.3).

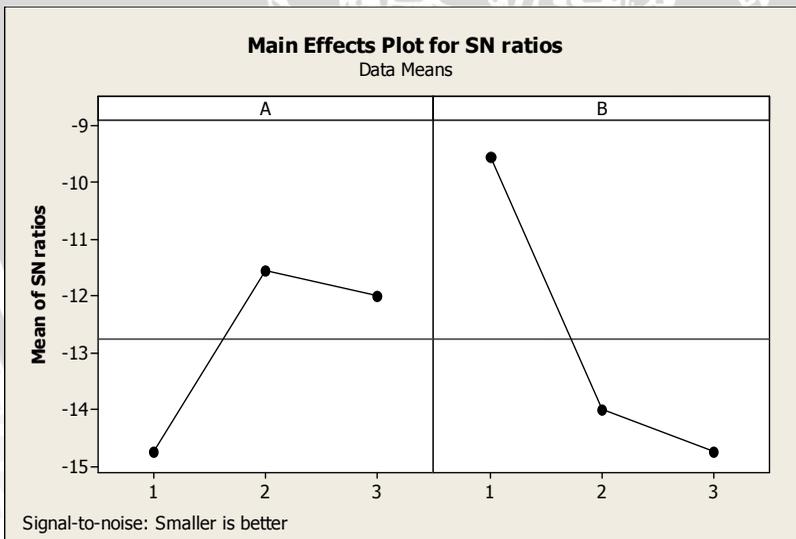
Tabel 4.12. Nilai SNR pada masing-masing respon

No	A	B	Cepat rekat	Daya rekat
1	1	1	-9,542	26,270
2	1	2	-15,563	26,250
3	1	3	-19,085	26,712
4	2	1	-9,542	27,556
5	2	2	-9,542	27,362
6	2	3	-15,563	27,022
7	3	1	-9,542	27,730
8	3	2	-16,902	27,052
9	3	3	-9,542	25,497

Untuk respon Cepat rekat menggunakan persamaan (2.4) dan untuk respon Daya rekat menggunakan persamaan (2.3).

4.2.3. Efek Faktor

Menurut Haryono (2000) dalam Susetyo (2009) perhitungan efek faktor digunakan untuk menentukan faktor mana yang memiliki kontribusi terbaik pada suatu respon dan juga untuk mendapatkan kombinasi optimal pada suatu respon.

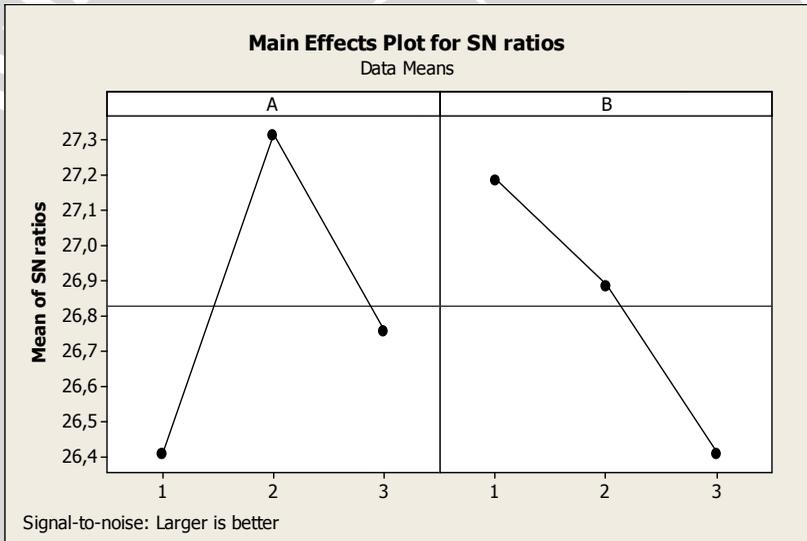


Gambar 4.5. Grafik Efek faktor pada respon cepat rekat

Tabel 4.13. Efek faktor pada respon cepat rekat

Level	A	B
1	-14,730	<u>-9,542</u>
2	<u>-11,549</u>	-14,002
3	-11,996	-14,730
Selisih	3,181	5,188
Rank	2	1

Dari Gambar 4.5 dan Tabel 4.13 pada respon cepat rekat dapat dilihat bahwa kontribusi terbaik adalah faktor B yaitu *coupling agent*. Untuk kombinasi optimal didapat kombinasi $A_2 B_1$ dilihat dari nilai efek faktor yang terbesar dari masing-masing faktor.



Gambar 4.6. Grafik Efek faktor pada respon daya rekat

Tabel 4.14. Efek faktor pada respon daya rekat

Level	A	B
1	26,411	<u>27,185</u>
2	<u>27,313</u>	26,888
3	26,760	26,410
Selisih	0,903	0,775
Rank	1	2

Dari Gambar 4.6 dan Tabel 4.14 pada respon daya rekat dapat dilihat bahwa kontribusi terbaik adalah faktor A yaitu *polymer adhesive* karena memiliki nilai selisih yang lebih besar dari faktor *coupling agent*. Untuk kombinasi optimal didapat kombinasi A₂, B₁ dilihat dari nilai efek faktor yang terbesar dari masing-masing faktor.

4.2.4. Analisis Ragam

Menurut Ross (1996), tabel analisis ragam pada metode Taguchi digunakan untuk menentukan kontribusi faktor yang dilihat dari nilai persen kontribusi.

Tabel 4.15. Analisis ragam pada respon cepat rekat

Sumber	db	JK	KT	JK'	P (%)	Rank
A	2	17,7942	8,8971	-11,96	-9,596	2
B	2	47,3334	23,667	17,58	14,104	1
Galat	4	59,5098	14,877	119,02	95,493	
Total	8	124,6374		124,64	100	

Berdasarkan Tabel 4.15. pada respon Cepat rekat didapat ranking untuk faktornya yang mempunyai kontribusi terbaik adalah B kemudian A. Faktor B yaitu *coupling agent* merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap variabel respon karena memiliki nilai kontribusi yang lebih besar dari faktor *polymer adhesive*.

Tabel 4.16. Analisis ragam pada respon daya rekat

Sumber	db	JK	KT	JK'	P (%)	Rank
A	2	1,2437	0,6218	0,25	6,058	1
B	2	0,9179	0,4589	-0,07	-1,799	2
Galat	4	1,9850	0,4962	3,97	95,741	
Total	8	4,1466		4,15	100	

Berdasarkan Tabel 4.16. pada respon daya rekat didapat ranking untuk faktornya yang mempunyai kontribusi terbaik adalah A kemudian B. Faktor A yaitu *polymer adhesive* merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap variabel respon karena memiliki nilai kontribusi yang lebih besar dari faktor *coupling agent*.

4.2.5. Kombinasi Optimum Setiap Respon

Dari hasil tabel efek faktor dan tabel analisis ragam masing-masing respon, pada respon cepat rekat didapat ranking faktor yang lebih berkontribusi yaitu faktor B kemudian faktor A sedangkan pada respon daya rekat didapat ranking faktor yang lebih berkontribusi yaitu faktor A kemudian faktor B.

Untuk kombinasi level yang optimal dapat dilihat pada tabel efek faktor di mana pemilihan level yang optimal adalah level dengan nilai yang lebih besar. Pada kedua respon (cepat rekat dan daya rekat), kombinasi yang optimal adalah sama $A_2 B_1$ yaitu *polymer adhesive* (111%) dan *coupling agent* (100%).

Tabel 4.17. Kontribusi faktor pada setiap respon

Cepat rekat	B lebih berkontribusi daripada A
Daya rekat	A lebih berkontribusi daripada B

Berdasarkan Tabel 4.17 dapat dilihat bahwa kombinasi optimal pada masing-masing respon memberikan hasil yang sama, akan tetapi kontribusi faktor terhadap masing-masing respon memberikan hasil yang berbeda sehingga harus dilakukan perhitungan TOPSIS untuk mendapatkan kontribusi faktor terhadap semua respon.

4.2.6. Penggunaan TOPSIS pada Multi Respon

Pada etode Taguchi didapatkan kombinasi yang optimal pada masing-masing respon. Akan tetapi apabila data berupa multi respon, maka diperlukan sebuah metode untuk mendapatkan hasil kombinasi yang optimal secara serempak dengan memperhitungkan semua respon. Metode TOPSIS adalah salah satu alternatif metode yang mengagregasi dua atau lebih kombinasi optimal yang berbeda untuk tiap respon dengan mempertimbangkan bobot relatif tiap respon.

1. Transformasi tingkat kepentingan relatif tiap respon ke dalam bentuk *fuzzy number*. Diperoleh tingkat kepentingan respon dari yang terpenting. Maka diperoleh nilai *fuzzy number* masing-masing respon yaitu :
 - Daya rekat : High
 - Cepat rekat : Medium

2. Menandai *crisp score* untuk memilih skala konversi (*fuzzy number*) pada lampiran 7 menjadi :
 - Daya rekat : 0,750
 - Cepat rekat : 0,583

Nilai pembobot tiap respon didapatkan dari normalisasi nilai *crisp score* pada persamaan (2.17) sebagai berikut :

- Pembobot Cepat rekat :

$$W_1 = \frac{0,583}{0,583 + 0,750} = 0,4374$$

- Pembobot Daya rekat :

$$W_2 = \frac{0,750}{0,583 + 0,750} = 0,5627$$

3. Menyiapkan matriks *Orthogonal array* beserta hasil percobaan

No	A	B	Cepat rekat	Daya rekat
1	1	1	3	20,583
2	1	2	6	20,535
3	1	3	9	21,656
4	2	1	3	23,868
5	2	2	3	23,341
6	2	3	6	22,443
7	3	1	3	24,350
8	3	2	7	22,522
9	3	3	3	18,831

4. Menghitung nilai TOPSIS tiap kombinasi perlakuan.
 - o Menghitung matriks keputusan yang telah dinormalisasikan (r_{ij}) dengan persamaan (2.16) dan matrik keputusan normalisasi yang diberikan bobot (v_{ij}) dengan persamaan (2.18) :

$$r_{ij} = \begin{bmatrix} 0,191 & 0,311 \\ 0,382 & 0,310 \\ 0,573 & 0,327 \\ 0,191 & 0,360 \\ 0,191 & 0,352 \\ 0,382 & 0,339 \\ 0,191 & 0,368 \\ 0,445 & 0,340 \\ 0,191 & 0,284 \end{bmatrix}$$

$$v_{ij} = \begin{bmatrix} 0,083 & 0,175 \\ 0,167 & 0,175 \\ 0,251 & 0,184 \\ 0,083 & 0,203 \\ 0,083 & 0,198 \\ 0,167 & 0,191 \\ 0,083 & 0,207 \\ 0,195 & 0,191 \\ 0,083 & 0,160 \end{bmatrix}$$

- o Menentukan solusi ideal (V^+) dan solusi ideal negatif (V^-) :

Solusi ideal positif menurut persamaan (2.19):

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J_1), (\min v_{ij} | j \in J_2) | i = 1, 2, \dots, m\}$$

$$A^+ = \{0,083 ; 0,207\}$$

Solusi ideal negatif menurut persamaan (2.20):

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J_1), (\max v_{ij} | j \in J_2) | i = 1, 2, \dots, m\}$$

$$A^- = \{0,251 ; 0,160\}$$

- o Menghitung ukuran pemisah tiap alternatif solusi :
Ukuran pemisah tiap alternatif terhadap solusi ideal positif menurut persamaan (2.21):

I	D_i^+
1	0,032
2	0,090
3	0,169
4	0,004
5	0,009
6	0,085
7	0,000
8	0,112
9	0,047

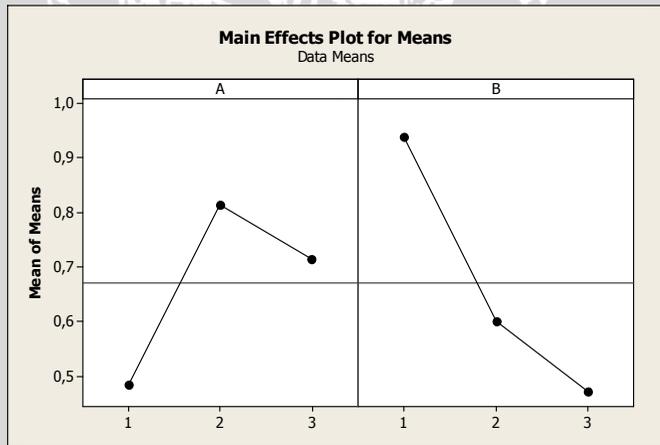
Ukuran pemisah tiap alternatif terhadap solusi ideal negatif menurut persamaan (2.22):

I	D_i^-
1	0,168
2	0,085
3	0,024
4	0,172
5	0,171
6	0,089
7	0,173
8	0,064
9	0,167

- o Menghitung kedekatan relatif (*relative closeness*) tiap-tiap alternatif terhadap solusi ideal. Kedekatan relatif inilah yang disebut sebagai nilai TOPSIS suatu alternatif menurut persamaan (2.23).

i	TOPSIS
1	0,840
2	0,486
3	0,125
4	0,977
5	0,952
6	0,511
7	1,000
8	0,362
9	0,781

- o Menghitung nilai efek faktor menurut persamaan (2.5) untuk menentukan kombinasi optimal gabungan berdasarkan nilai TOPSIS serta menentukan kontribusi faktor terhadap semua respon.



Gambar 4.7. Grafik Efek faktor dari nilai TOPSIS

Tabel 4.18. Efek faktor dari nilai TOPSIS

Level	A	B
1	0,484	<u>0,939</u>
2	<u>0,813</u>	0,600
3	0,714	0,472
selisih	0,330	0,467
rank	2	1

Dari Gambar 4.7 dan Tabel 4.18 dari nilai TOPSIS didapatkan bahwa kombinasi optimal secara serempak pada kedua respon adalah $A_2 B_1$ yaitu yaitu *polymer adhesive* (111%) dan *coupling agent* (100%), sedangkan kontribusi faktor dapat dilihat bahwa faktor B (*coupling agent*) lebih berkontribusi dibanding faktor A (*polymer adhesive*) terhadap kedua respon.



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

5.1.1. Data 1

Kombinasi optimal pada respon toleransi menggunakan metode Taguchi adalah $A_2 B_1 C_1 D_1$, pada respon kuat arus $A_1 B_1 C_2 D_2$, dan pada respon biaya $A_2 B_1 C_2 D_2$; dengan TOPSIS didapatkan hanya satu kombinasi optimal secara keseluruhan terhadap ketiga respon adalah $A_1 B_1 C_1 D_1$ yaitu nilai hambatan dari resistor (5,0 *Ohm*), nilai induktansi dari induktor (0,004 *Henry*), toleransi dari resistor (1%), dan toleransi dari induktor (10%).

Kontribusi faktor yang paling berpengaruh pada respon toleransi, kuat arus, dan biaya berturut-turut adalah faktor C (toleransi dari resistor), faktor A (hambatan dari resistor), dan faktor B (induktansi dari induktor). Penggunaan TOPSIS memberikan hasil bahwa kontribusi faktor yang paling berpengaruh terhadap ketiga respon adalah faktor B (nilai induktansi dari induktor).

5.1.2. Data 2

Pada data kedua, dengan metode Taguchi didapatkan kombinasi optimal yang sama pada masing-masing respon (cepat rekat dan daya rekat) adalah $A_2 B_1$ yaitu *polymer adhesive* (111%) dan *coupling agent* (100%), penggunaan TOPSIS dalam hal ini tidak digunakan untuk mencari kombinasi optimal serempak karena kombinasi optimal perlakuan masing-masing respon tidak berbeda, tetapi digunakan untuk mencari kontribusi faktor yang lebih berpengaruh terhadap kedua respon.

Kontribusi faktor yang lebih berpengaruh pada respon cepat rekat adalah faktor B (*coupling agent*), sedangkan faktor yang lebih berkontribusi pada respon daya rekat adalah faktor A (*polymer adhesive*), dengan TOPSIS didapatkan kontribusi faktor yang lebih berpengaruh terhadap kedua respon (cepat rekat dan daya rekat) adalah faktor B (*coupling agent*).

5.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan adalah agar pada penelitian selanjutnya digunakan beberapa ulangan dan menambahkan level faktor yang lebih banyak agar kombinasi optimal yang didapat lebih akurat. Untuk menggunakan metode Taguchi sebaiknya peneliti tidak menggunakan banyak faktor karena metode Taguchi cenderung mengabaikan interaksi antar faktor dan itu merupakan kelemahan dari metode Taguchi. Dalam penggunaan TOPSIS perlu diperhatikan pemberian bobot yang menunjukkan tingkat kepentingan satu respon dengan respon yang lainnya.



Daftar Pustaka

- Barnes, J. 1994. **Statistical Analysis for Engineers and Scientist**. McGraw-Hill. New York.
- Fowlkes, W. and Creveling, C. 1995. **Engineering Methods for Robust Product Design**. Addison-Wesley. New York.
- Ishak, A. 2002. **Jurnal Rekayasa Kualitas**. Teknik Industri. Universitas Sumatra Utara.
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1461/1/industri-aulia2.pdf>
diakses tanggal 19 April 2012
- Mitra, A. 1993. **Fundamentals of Quality Control and Improvement**. Macmillan Publishing Company. New York.
- Mussabikah dan Putro, S. 2002. **Jurnal Variasi Komposisi Bahan Genteng Soka untuk Mendapatkan Daya Serap Air yang Optimal**. Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
<http://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/123456789/814/3.%20MUSABBIKAH.pdf?sequence=1>
diakses tanggal 19 September 2012
- Montgomery, D. 2005. **Introduction to Statistical Quality Control**. John Wiley & Sons Inc. Singapore.
- Park, S. 1996. **Robust Design And Analysis for Quality Engineering**. Chapman & Hall Brook. New York.
- Peace, G. 1993. **Taguchi Methods A hands on Approach**. Addison Wesley Publishing Company. Canada.

- Prieskawati, A. 2012. **Optimalisasi Multirespon untuk Menentukan Komposisi Lem pada PVC Film dengan Metode Fuzzy Logic**. Skripsi. Institut Teknologi Surabaya. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-18029-1308100021-Paper.pdf>
Diakses tanggal 17 September 2012
- Ross, P. 1996. **Taguchi Techniques for Quality Engineering**. McGraw-Hill. New York.
- Sunaryo, S. 1997. **Kajian Tentang Transformasi Data dalam Rancangan Taguchi**. Tesis. Institut Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/22325/1997ssu.pdf?sequence=1>
diakses tanggal 5 Juni 2012
- Susetyo, J. 2009. **Analisis Pengendalian Kualitas melalui Evaluasi dan Perbaikan Proses Produksi dengan Pendekatan Metode *Control Chart* dan Metode Taguchi**. AKPRIND Yogyakarta. <http://technoscintia.akprind.ac.id/techno/media.php?act=journalokabs?36>
diakses tanggal 19 April 2012
- Tzeng, G.H and Huang, J.J. 2011. **Multiple Attribute Decision Making Method and Application**. Chapman & Hall Brook. New York. http://books.google.co.id/books?id=C7n1ar4f8IC&pg=PA317&lpg=PA317&dq=Multiple+Attribute+Decision+Making+Method+and+Application+tzeng+Huang&source=bl&ots=5emvyY02xI&sig=efvQtswd9ke4JCXxPUtBRK8LCnQ&hl=id&sa=X&ei=aCadUeueHen_iAe0wIHABg&redir_esc=y
diakses tanggal 7 Januari 2013

Wahyudi, D. 2001. **Jurnal Optimasi Cranking Ampere Aki Di P.T. "X"**. Teknik Mesin. Universitas Kristen Petra.
<http://citation.itb.ac.id/citeseerx/messages/downloadseceedd.html>

diakses tanggal 10 Maret 2012

Wahyudi, D. dan Pramono, Y. 2001. **Jurnal Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi**. Teknik Mesin. Universitas Kristen Petra.
<http://citation.itb.ac.id/citeseerx/messages/downloadseceeded.html>

diakses tanggal 19 Maret 2013

Wibisono, Y. 2005. **Metode Statistik**. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Wirsal, C. 2006. **Optimalisasi Percobaan Banyak Faktor Menggunakan Perancangan Taguchi**. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

<http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/45985/G06cwi.pdf>

diakses tanggal 5 Juni 2012

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 1. Hasil Minitab Data 1

Analisis ragam respon Toleransi

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	82,294	82,294	82,294	2,69	0,199
B	1	70,054	70,054	70,054	2,29	0,227
C	1	92,615	92,615	92,615	3,03	0,180
D	1	5,376	5,376	5,376	0,18	0,703
Residual Error	3	91,672	91,672	30,557		
Total	7	342,011				

Efek faktor respon Toleransi

Response Table for Signal to Noise Ratios
Smaller is better

Level	A	B	C	D
1	3,827	9,994	10,437	7,854
2	10,242	4,075	3,632	6,215
Delta	6,415	5,918	6,805	1,640
Rank	2	3	1	4

Analisis ragam respon Kuat arus

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	35,4695	35,4695	35,4695	22,43	0,018
B	1	27,1178	27,1178	27,1178	17,15	0,026
C	1	0,0412	0,0412	0,0412	0,03	0,882
D	1	0,0303	0,0303	0,0303	0,02	0,899
Residual Error	3	4,7450	4,7450	1,5817		
Total	7	67,4040				

Efek faktor respon Kuat arus

Response Table for Signal to Noise Ratios
Larger is better

Level	A	B	C	D
1	23,40	23,14	21,23	21,24
2	19,19	19,46	21,37	21,36
Delta	4,21	3,68	0,14	0,12
Rank	1	2	3	4

Lampiran 1. Lanjutan

Analisis ragam respon Biaya

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	0,00010	0,00010	0,00010	0,00	0,968
B	1	1,37901	1,37901	1,37901	25,49	0,015
C	1	0,47398	0,47398	0,47398	8,76	0,060
D	1	0,56358	0,56358	0,56358	10,42	0,048
Residual Error	3	0,16227	0,16227	0,05409		
Total	7	2,57895				

Efek faktor respon Biaya

Response Table for Signal to Noise Ratios
Smaller is better

Level	A	B	C	D
1	-15,42	-15,00	-15,66	-15,68
2	-15,41	-15,83	-15,17	-15,15
Delta	0,01	0,83	0,49	0,53
Rank	4	1	3	2

Efek faktor TOPSIS

Response Table for Means

Level	A	B	C	D
1	0,5502	0,5782	0,4223	0,4122
2	0,2457	0,2176	0,3736	0,3837
Delta	0,3045	0,3606	0,0487	0,0285
Rank	2	1	3	4

Lampiran 2. Hasil Minitab Data 2

Analisis ragam respon Cepat rekat

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	17,79	17,79	8,897	0,60	0,593
B	2	47,33	47,33	23,667	1,59	0,310
Residual Error	4	59,51	59,51	14,877		
Total	8	124,64				

Efek faktor respon Cepat rekat

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	A	B
1	-14,730	-9,542
2	-11,549	-14,002
3	-11,996	-14,730
Delta	3,181	5,188
Rank	2	1

Analisis ragam respon Daya rekat

Analysis of Variance for SN ratios

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	1,2437	1,2437	0,6219	1,25	0,378
B	2	0,9179	0,9179	0,4589	0,92	0,468
Residual Error	4	1,9850	1,9850	0,4962		
Total	8	4,1466				

Efek faktor respon Daya rekat

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

Level	A	B
1	26,41	27,19
2	27,31	26,89
3	26,76	26,41
Delta	0,90	0,78
Rank	1	2

Lampiran 2. Lanjutan

Efek faktor TOPSIS

Response Table for Means

Level	A	B
1	0,4837	0,9390
2	0,8133	0,6000
3	0,7143	0,4723
Delta	0,3297	0,4667
Rank	2	1



Lampiran 3. Nilai SNR Data 1

Toleransi

$$SNR_{stb} = -\log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

$$SNR_1 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \sum_{i=1}^n 0,216^2 \right) = 13,323$$

$$SNR_8 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \sum_{i=1}^n 0,539^2 \right) = 5,37$$

Kuat arus

$$SNR_{ltb} = -\log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$SNR_1 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \times \frac{1}{19,613^2} \right) = 25,851$$

$$SNR_8 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \times \frac{1}{8,151^2} \right) = 18,224$$

Biaya

$$SNR_{stb} = -\log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

$$SNR_1 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \sum_{i=1}^n 5,87^2 \right) = -15,373$$

$$SNR_8 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \sum_{i=1}^n 5,74^2 \right) = -15,178$$

Lampiran 4. Nilai Efek faktor Data 1

Toleransi

$$A_1 = \frac{1}{4}(13,323 + 0,644 + (-1,032) + 2,372) = 3,827$$

$$A_2 = \frac{1}{4}(19,871 + 6,136 + 9,585 + 5,375) = 10,242$$

$$B_1 = \frac{1}{4}(13,323 + 0,644 + 19,871 + 6,136) = 9,994$$

$$B_2 = \frac{1}{4}((-1,032) + 2,372 + 9,585 + 5,375) = 4,075$$

$$C_1 = \frac{1}{4}(13,323 + (-1,032) + 19,871 + 9,585) = 10,437$$

$$C_2 = \frac{1}{4}(0,644 + 2,372 + 6,136 + 5,375) = 3,632$$

$$D_1 = \frac{1}{4}(13,323 + 2,372 + 6,136 + 9,585) = 7,854$$

$$D_2 = \frac{1}{4}(0,644 + (-1,032) + 19,871 + 9,585) = 6,215$$

Kuat arus

$$A_1 = \frac{1}{4}(25,851 + 26,161 + 20,944 + 20,655) = 23,403$$

$$A_2 = \frac{1}{4}(20,105 + 20,435 + 18,001 + 18,224) = 19,191$$

$$B_1 = \frac{1}{4}(25,851 + 16,161 + 20,105 + 20,435) = 23,138$$

$$B_2 = \frac{1}{4}(20,944 + 20,655 + 18,001 + 18,224) = 19,456$$

$$C_1 = \frac{1}{4}(25,851 + 20,944 + 20,105 + 18,001) = 21,225$$

$$C_2 = \frac{1}{4}(26,161 + 20,655 + 20,435 + 18,224) = 21,369$$

$$D_1 = \frac{1}{4}(25,851 + 20,655 + 20,435 + 18,001) = 21,235$$

$$D_2 = \frac{1}{4}(26,161 + 20,655 + 20,105 + 18,224) = 21,359$$

Lampiran 4. Lanjutan

Biaya

$$A_1 = \frac{1}{4}(-15,373 - 14,616 - 15,664 - 16,014) = -15,417$$

$$A_2 = \frac{1}{4}(-15,133 - 14,870 - 16,456 - 15,178) = -15,409$$

$$B_1 = \frac{1}{4}(-15,373 - 14,616 - 15,133 - 14,870) = -14,998$$

$$B_2 = \frac{1}{4}(-15,664 - 16,014 - 16,456 - 15,178) = -15,828$$

$$C_1 = \frac{1}{4}(-15,373 - 15,664 - 15,133 - 16,456) = -15,656$$

$$C_2 = \frac{1}{4}(-14,616 - 16,014 - 14,870 - 16,456) = -15,170$$

$$D_1 = \frac{1}{4}(-15,373 - 16,014 - 14,870 - 16,456) = -15,678$$

$$D_2 = \frac{1}{4}(-14,616 - 15,664 - 15,133 - 15,178) = -15,148$$



Lampiran 5. Nilai SNR Data 2

Cepat rekat

$$SNR_{stb} = -\log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

$$SNR_1 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \sum_{i=1}^n 3^2 \right) = -9,542$$

⋮

$$SNR_9 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \sum_{i=1}^n 3^2 \right) = -9,542$$

Daya rekat

$$SNR_{ttb} = -\log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$SNR_1 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \times \frac{1}{20,583^2} \right) = 26,270$$

⋮

$$SNR_9 = -\log_{10} \left(\frac{1}{1} \times \frac{1}{18,831^2} \right) = 25,497$$

Lampiran 6. Nilai Efek faktor Data 2

Cepat rekat

$$A_1 = \frac{1}{3}(-9,542 - 15,563 - 19,085) = -14,730$$

$$A_2 = \frac{1}{3}(-9,542 - 9,542 - 15,563) = -11,549$$

$$A_3 = \frac{1}{3}(-9,542 - 16,902 - 9,542) = -11,996$$

$$B_1 = \frac{1}{3}(-9,542 - 9,542 - 9,542) = -9,542$$

$$B_2 = \frac{1}{3}(15,563 - 9,542 - 16,902) = -14,002$$

$$B_3 = \frac{1}{3}(-19,085 - 9,542 - 9,542) = -14,730$$

Daya rekat

$$A_1 = \frac{1}{3}(26,270 + 26,250 + 26,712) = 26,411$$

$$A_2 = \frac{1}{3}(27,556 + 27,362 + 27,022) = 27,313$$

$$A_3 = \frac{1}{3}(27,730 + 27,052 + 25,497) = 26,760$$

$$B_1 = \frac{1}{3}(26,270 + 27,556 + 27,730) = 27,185$$

$$B_2 = \frac{1}{3}(26,250 + 27,362 + 27,052) = 26,888$$

$$B_3 = \frac{1}{3}(26,712 + 27,022 + 25,497) = 26,410$$

Lampiran 7. Tabel *Crips Score* Konversi Bilangan Fuzzy

Skala	1	2	3	4	5	6	7	8
Istilah	dua	tiga	lima	lima	enam	tujuh	sembilan	sebelas
<i>Extremely high</i>								0,954
<i>Very high</i>			0,909		0,917	0,909	0,917	0,864
<i>High-very high</i>							0,875	0,701
<i>High</i>	0,750	0,833	0,717	0,885	0,750	0,773	0,750	0,667
<i>Fairly high</i>				0,700	0,584		0,630	
<i>Mol high</i>						0,637		0,590
<i>Medium</i>	0,583	0,500	0,500	0,500		0,500	0,500	0,500
<i>Mol low</i>						0,363		0,410
<i>Fair low</i>				0,300	0,416		0,370	
<i>Low</i>		0,166	0,283	0,115	0,250	0,227	0,250	0,333
<i>Low-very low</i>							0,125	0,299
<i>Fairly low</i>			0,091			0,091	0,083	0,136
<i>None</i>								0,046



Lampiran 8. Perhitungan Nilai TOPSIS

Unit Percobaan	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	r_{i1}	r_{i2}	r_{i3}	v_{i1}	v_{i2}	v_{i3}	D-	D+	TOPSIS
1	0,216	19,613	5,870	0,117	0,528	0,350	0,013	0,293	0,117	0,183	0,016	0,920
2	0,929	20,326	5,380	0,503	0,547	0,321	0,056	0,304	0,107	0,187	0,050	0,791
3	1,126	11,148	6,070	0,610	0,300	0,362	0,068	0,167	0,121	0,049	0,151	0,246
4	0,761	10,783	6,320	0,412	0,290	0,377	0,046	0,161	0,126	0,048	0,149	0,244
5	0,102	10,122	5,710	0,055	0,272	0,341	0,006	0,151	0,114	0,072	0,153	0,320
6	0,493	10,514	5,540	0,267	0,283	0,331	0,030	0,157	0,110	0,058	0,149	0,282
7	0,332	7,944	6,650	0,180	0,214	0,397	0,020	0,119	0,132	0,048	0,187	0,203
8	0,539	8,151	5,740	0,292	0,219	0,343	0,032	0,122	0,114	0,040	0,184	0,178



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

