

Optimasi Multirespon *Surface* pada Sifat Fisik dan Mekanik Tablet Obat dengan Metode AHP-*Fuzzy* TOPSIS

Rizka Dewi P.S dan Sony Sunaryo
Jurusan Statistika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: sonny_s@statistika.its.ac.id

Abstrak—Salah satu Industri Farmasi X di Surabaya harus meningkatkan kualitas produksi obat sesuai dengan spesifikasi, salah satunya adalah obat jenis tablet kempa. Kualitas dari tablet obat diukur berdasarkan tingkat kekerasan, daya keregasan dan waktu hancur yang dihasilkan dari tablet obat. Dengan mempertimbangkan sifat fisik dan mekanik yaitu kadar zat pengikat, kadar zat desintegran dan tekanan mesin yang diatur. Untuk mendapatkan kualitas optimal Nugroho (2014) telah melakukan penelitian dengan menggunakan metode *Goal Programming*. Namun optimalisasi ketiga karakteristik kualitas dilakukan secara bertahap. Pada kasus dimana terdapat lebih dari satu karakteristik kualitas, optimalisasi tidak dapat dilakukan terpisah. Metode fuzzy TOPSIS yang diboboti dengan AHP dapat mengoptimalkan secara serentak, dengan mengubah multikriteria ke dalam respon tunggal tanpa mengubah sifat dari data sehingga hasil akan lebih optimal. Berdasarkan pendekatan metode *fuzzy* TOPSIS dengan pembobotan AHP, untuk mendapatkan respon optimal maka kadar zat pengikat yang ditambahkan adalah sebesar 4.7 %, kadar zat desintegran sebesar 3.6 % serta tekanan mesin sebesar 3.2 pengempuan. Sehingga dari *setting* level variabel proses tersebut, didapatkan respon optimal tingkat kekerasan sebesar 9.9 kp, daya keregasan sebesar 0.4 % serta waktu hancur 40 detik.

Kata kunci— AHP, fuzzy TOPSIS, mekanik tablet obat, sifat fisik, tablet obat.

I. PENDAHULUAN

OBAT merupakan suatu media penyembuhan penyakit yang terdiri dari tiga jenis yaitu obat dalam bentuk cair, balsam dan juga bentuk tablet. Pada lingkup masyarakat luas, tablet sangat dibutuhkan karena selain bersih, praktis dan efisien tablet juga tidak mengandung alkohol, dapat dibuat dalam berbagai dosis, bentuknya kompak, dan fleksibel [1]. Industri farmasi telah mempertimbangkan beberapa karakteristik sifat fisik dan mekanik tablet obat yang digunakan sebagai tolok ukur dalam menentukan kualitas. Sifat fisik tablet obat adalah sifat fisik yang diamati secara langsung tanpa mengubah susunan zat misalnya wujud, warna, dan kelarutan. Sedangkan sifat mekanik tablet adalah ukuran kemampuan bahan untuk menahan gaya misalnya tingkat kekerasan dan keregasan tablet.

Berdasarkan suatu penelitian [2] diketahui bahwa zat atau faktor yang berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik tablet obat adalah kadar zat pengikat, kadar disintegran, dan tekanan mesin. Ketiga karakteristik kualitas

yang akan diteliti memiliki prioritas kepentingan yang berbeda, dimana hal yang harus dipentingkan pertama adalah tingkat keregasan karena pada saat pengiriman, tablet akan terbanting dan bergesekan satu dengan yang lain, yang kedua adalah waktu hancur karena tablet haruslah cepat hancur ketika di dalam perut agar khasiat tablet dapat cepat bekerja, dan yang ketiga adalah tingkat kekerasan, karena tablet dalam kemasan pasti bertumpuk sehingga tablet haruslah dapat menahan gaya tekan dan tidak mudah pecah.

Untuk mendapatkan kualitas optimal Nugroho (2014) telah melakukan penelitian dengan menggunakan metode *Goal Programming*. Namun optimalisasi ketiga karakteristik kualitas dilakukan secara bertahap. Pada kasus dimana terdapat lebih dari satu karakteristik kualitas, optimalisasi tidak dapat dilakukan terpisah. Metode fuzzy TOPSIS yang diboboti dengan AHP dapat mengoptimalkan secara serentak, dengan mengubah multikriteria ke dalam respon tunggal tanpa mengubah sifat dari data sehingga hasil akan lebih optimal. TOPSIS merupakan metode yang fleksibel artinya tidak membutuhkan asumsi-asumsi khusus dalam langkah prosesnya dengan mempertimbangkan jarak kedekatan maka akan didapatkan respon tunggal. Dan *fuzzy* digunakan untuk mempertimbangkan variabel linguistik sehingga menghindari ketidakpastian yang tertanam dalam data eksperimen, sedangkan AHP digunakan untuk memboboti setiap kriteria atau respon yang memiliki prioritas berbeda

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk menentukan *setting* level variabel proses yang diduga dapat mengoptimalkan kualitas tablet obat dengan metode AHP dan *fuzzy* TOPSIS.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*)

TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) merupakan konsep dimana alternatif terbaik dipilih tidak hanya memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif, namun juga memiliki jarak terpanjang dari solusi ideal negatif [3].

1. Data respon hasil percobaan dinormalisasi sesuai dengan karakteristik respon. Karakteristik tersebut meliputi semakin besar semakin baik (*Larger the better*), semakin kecil semakin baik (*Smaller the better*) [4].

i. SB (*Smaller the better*)

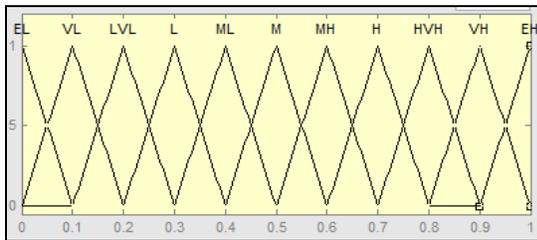
$$Y_i(x) = \frac{\max y_i(x) - y_i(x)}{\max y_i(x) - \min y_i(x)} \quad (1)$$

ii. LB (Larger the better)

$$Y_i(x) = \frac{y_i(x) - \min y_i(x)}{\max y_i(x) - \min y_i(x)} \quad (2)$$

$y_i(x)$ mempresentasikan nilai respon k, $\max y_i(x)$ merupakan maksimum dari nilai respon k, dan $\min y_i(x)$ merupakan minimum dari nilai respon k. Nilai $Y_i(x)$ merupakan normalisasi data eksperimen k respon yang berada diantara 0 sampai 1.

- Menyatakan respon yang telah ternormalisasi ke dalam istilah linguistik untuk menjelaskan ketidakpastian yang tertanam dalam data eksperimen dengan 11 skala (*extremely low, very low, low very low, low, mol low, medium, medium high, high, high very high, very high, extremely high*) yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan

- Menggunakan *triangular fuzzy number*, maka istilah linguistik dikonversi ke dalam bilangan *crisp scores* yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Konversi Istilah Linguistik

Istilah Linguistik	Triangular Fuzzy	Crisp Scores
Extremely low(EL)	(0; 0; 0.1)	0.046
Very Low(L)	(0; 0.1; 0.2)	0.136
Low Very Low (LVL)	(0.1; 0.2; 0.3)	0.299
Low (L)	(0.2; 0.3; 0.4)	0.333
Medium Low (ML)	(0.3; 0.4; 0.5)	0.41
Medium (M)	(0.4; 0.5; 0.6)	0.5
Medium High (MH)	(0.5; 0.6; 0.7)	0.59
High (H)	(0.6; 0.7; 0.8)	0.667
High Very High (HVH)	(0.7; 0.8; 0.9)	0.701
Very High (VH)	(0.8; 0.9; 1)	0.864
Extremely High (EH)	(0.9; 1; 1)	0.954

Sumber : Crisp scores Chen dan Hwang [5]

- Metode TOPSIS diaplikasikan untuk mengubah kondisi multirespon ke dalam respon tunggal [2]. Dengan mengikuti tahapan dari metode TOPSIS, kemudian menghitung nilai keputusan yang ternormalisasi (r_{ij}) dengan menggunakan persamaan 3.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n y_{ij}^2}} \quad (3)$$

dimana y_{ij} merepresentasikan nilai respon i pada j percobaan dan r_{ij} adalah korespondensi dari nilai yang ternormalisasi.

- TOPSIS membutuhkan bobot untuk menghitung matrik normalisasi yang telah terboboti. Untuk mendapatkan bobot dari masing- masing respon maka dibutuhkan

metode AHP (*Analytic Hierarchy Process*) angtelah dikembangkan oleh T.L. Saaty [6] dengan tahapan sebagai berikut:

- Identifikasi setiap kriteria/alternatif.
- Membentuk matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria. Perbandingan tersebut ditransformasikan dalam bentuk matriks A seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Matriks Perbandingan Berpasangan

C	A_1	A_2	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

Nilai a_{11} adalah nilai perbandingan elemen A_1 (baris) terhadap A_1 (kolom). Perbandingan berpasangan dilakukan berdasarkan skala Saaty 1-9 yang ditunjukkan seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Tingkat Kepentingan	Definisi
1	Kedua elemen sama pentingnya (<i>equally importance</i>)
3	Elemen satu sedikit lebih penting daripada elemen lainnya (<i>slightly more importance</i>)
5	Elemen satu lebih penting daripada elemen lainnya (<i>materially more importance</i>)
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya (<i>significantly more importance</i>)
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya (<i>absolute importance</i>)
2,4,6,8	Nilai antara dua pertimbangan yang berdekatan (<i>compromise values</i>)

Sumber : Skala kepentingan Saaty [6]

- Digunakan rataan geometrik (*geometrik mean*) untuk menggabungkan pendapat responden saat memasukkan nilai kepentingan ke dalam matriks.

$$G = \sqrt[n]{R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_n} \quad (4)$$

dimana R adalah jawaban responden dan n adalah jumlah responden.

- Mendapatkan vektor bobot dengan cara menghitung rata-rata setiap kriteria pada setiap baris. Menghitung nilai eigen vektor.
- Melakukan uji konsistensi

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

- Apabila nilai dari CI adalah nol maka matriks telah konsisten, namun jika tidak maka Saaty telah menetapkan batas ketidakkonsistensi dengan menggunakan Rasio Konsistensi (CR) yang merupakan perbandingan indeks konsistensi dengan nilai random indeks (RI).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

- Menguji konsistensi hirarki apabila $CR < 0,100$ maka matriks dikatakan telah konsisten.
- Menghitung nilai keputusan ternormalisasi oleh bobot (w_j) dengan rumus seperti pada persamaan 7.

$$V_{ij} = w_j \times r_{ij} \tag{7}$$

7. Menentukan matriks solusi ideal positif A^+ dan solusi ideal negatif A^- dengan rumus pada persamaan 11.

$$\begin{aligned} V^+ &= \{(max v_{ij} | j \in j^+), (min v_{ij} | j \in j^-)\} \\ V^- &= \{(min v_{ij} | j \in j^-), (max v_{ij} | j \in j^+)\} \end{aligned} \tag{8}$$

8. Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif (S_i^+) dan solusi ideal negatif (S_i^-) seperti berikut.

$$\begin{aligned} S_i^+ &= \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2 \right\}^{0.5}, i = 1, 2, \dots, n \\ S_i^- &= \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2 \right\}^{0.5}, i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \tag{9}$$

9. Menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif dengan persamaan 10.

$$C_{ci} = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \tag{10}$$

B. Metodologi Response Surface

Response surface merupakan kumpulan teknik statistika yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis persoalan yang mana satu atau lebih dari satu respon yang dipengaruhi oleh beberapa variabel untuk mendapatkan nilai optimasi [7]. Dalam menaksir parameter untuk mendapatkan titik optimum maka digunakan metode OLS (*Ordinary Least Square*) agar nilai SSE (*Sum Square Error*) kecil.

$$b = (X^T X)^{-1} X^T y \tag{11}$$

Secara umum, nilai optimum didapatkan ketika model yang digunakan adalah model *polynomial* orde kedua [8].

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + x^T b + x^T B x \tag{12}$$

Model orde kedua dapat dinyatakan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix} \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12}/2 & \dots & \beta_{1m}/2 \\ \beta_{21}/2 & \beta_{22} & \dots & \beta_{2m}/2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{m1}/2 & \beta_{m2}/2 & \dots & \beta_{mm} \end{bmatrix} \tag{13}$$

Dilakukan *differencing* sehingga menghasilkan titik stasioner pada persamaan 16.

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial x} b + 2Bx &= 0 \\ x_2 &= -\frac{1}{2} B^{-1} b \end{aligned} \tag{14}$$

Tabel 3 merupakan tabel pengujian model secara umum pada *response surface*.

Tabel 3. Pengujian Model

Sumber Variasi	db	SS	MS	Fhit
Regresi	p	$b^T X^T Y - n \bar{Y}^2$	$\frac{SS_{reg}}{p}$	$\frac{MS_{reg}}{MS_{res}}$
Residual	n-p-1	$Y^T Y - b^T X^T Y$	$\frac{SS_{res}}{n-p-1}$	
Lack of Fit	n-p-q-1	$SS_{res} - SS_{pe}$	$\frac{SS_{lof}}{n-p-q-1}$	$\frac{MS_{lof}}{MS_{pe}}$
Pure Error	q	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^q (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$	$\frac{SS_{pe}}{q}$	
Total	n-1	$Y^T Y - n \bar{Y}^2$		

Terdapat dua pengujian yang harus dipenuhi yakni pengujian model dan asumsi residual. Tiga pengujian model yang harus dipenuhi yakni uji *lack of fit*, uji individu dan uji serentak. Uji *lack of fit* digunakan untuk mengetahui kesesuaian model [9], uji serentak untuk mengetahui apakah variabel prediktor yang digunakan dalam model memberikan pengaruh [10], dan uji individu dilakukan dengan pengujian parameter secara parsial untuk melihat signifikansi setiap parameter terhadap model tersebut [10]. Sedangkan tiga pengujian asumsi residual yang harus dipenuhi yakni uji asumsi residual identit untuk mengetahui homogenitas dari varian residual dengan uji *Levene* [11], uji asumsi independensi residual dilakukan dengan melihat plot ACF yang menggambarkan nilai autokorelasi serta batas atas dan batas bawah signifikansi pada masing *lag* [12]. Dan pengujian asumsi residual berdistribusi normal dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* [13].

C. Desirability Function

Desirability Function merupakan suatu transformasi geometri respon dari nilai nol sampai satu. Respon-respon yang berada dalam batas yang ditentukan bernilai antara nol sampai dengan satu ($0 < di \leq 1$) dan yang berada diluar batas spesifikasi diberi nilai nol ($di = 0$), yang kemudian disebut sebagai fungsi menggunakan rataan geometri yang hasilnya disebut fungsi *composite* atau *overall desirability* atau *desirability global*.

$$d = \sqrt[k]{d_1 \times d_2 \times d_3 \dots d_k} \tag{15}$$

dimana k menyatakan banyaknya respon. Jika L, U dan T merupakan batas bawah, batas atas dan nilai target dari respon, apabila optimasi respon yang diharapkan sebesar mungkin maka fungsi *individual desirability*“(16)”

$$d_i = \begin{cases} 0, & y \leq L \\ \left(\frac{y-L}{T-L}\right)^r, & L \leq y \leq T \\ 1, & y \geq T \end{cases} \tag{16}$$

Jika diinginkan optimasi respon sekecil mungkin (optimasi pada titik terendah)“(17)”

$$d_i = \begin{cases} 1, & y \leq T \\ \left(\frac{U-y}{U-T}\right)^r, & T \leq y \leq U \\ 0, & y \geq U \end{cases} \tag{17}$$

Dari persamaan fungsi *desirability* terdapat bobot (*r*) yang berguna untuk mendefinisikan bentuk dari fungsi *desirability* pada setiap respon [10].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Data dan Variabel

Data yang diperoleh adalah data sekunder dari penelitian Nugroho [2] dengan variabel penelitian meliputi variabel respon dan variabel prediktor sebagai berikut.

Tabel 4.

Variabel Respon		
Variabel	Spesifikasi	Sifat
Y ₁	Kekerasan ≥ 8 kp	Larger the better
Y ₂	Keregasan ≤ 0.8 %	Smaller the better
Y ₂	Waktu Hancur ≤ 15 menit	Smaller the better

Sedangkan variabel prediktor yang menjadi faktor yang diduga mempengaruhi respon disajikan pada tabel 5.

Tabel 5.
Variabel Prediktor

Variabel	Level		
	Bawah	Tengah	Atas
A Zat Pengikat	2 %	4 %	6 %
B Zat Desintegasi	2 %	3.5 %	5 %
C Tekanan Mesin	3.5	3.25	3

Berdasarkan tabel 5, *setting* level pada masing-masing variabel ditetapkan oleh apoteker dan keterbatasan alat ukur di perusahaan farmasi X [2]. Proses pembuatan tablet obat dalam penelitian ini adalah proses granulasi basah pada tablet jenis kempa, dan proses pengukuran dari masing-masing respon menggunakan alat *hardness test* untuk mengukur tingkat kekerasan, alat *roche friabilator* untuk daya keregasan dan pengontrol waktu untuk mengukur lama waktu hancur tablet obat dalam tubuh [2]. Adapun rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan CCD (*central composite design*). Berdasarkan jumlah faktor yang digunakan maka percobaan dilakukan sebanyak 20 kali, dengan susunan rancangan percobaan faktorial sebanyak 8, serta titik pusat dan titik aksial masing-masing sebanyak 6 percobaan. Percobaan dikondisikan setiap baris pada rancangan CCD seperti pada tabel 6 berikut.

Tabel 6.
Struktur Rancangan Percobaan

No	Faktor (Coded)			Respon		
	A	B	C	Y ₁ (kp)	Y ₂ (%)	Y ₃ (detik)
1	-1	1	1	ML	H	EH
2	0	0	0	L	HVH	VH
3	1	-1	-1	L	HVH	VH
4	0	0	0	ML	VH	VH
5	0	0	0	ML	VH	VH
6	0	0	0	ML	VH	VH
7	1	1	-1	ML	VH	VH
8	1	1	1	EH	VH	LVL
9	-1	1	-1	EL	EL	VH
10	0	0	1,682	VH	EH	L
11	0	-1,682	0	ML	VH	HVH
12	0	0	0	ML	HVH	VH
13	1,682	0	0	VH	VH	LVL
14	-1	-1	1	M	VH	VH
15	1	-1	1	VH	VH	EL
16	-1,682	0	0	VL	LVL	EH
17	0	1,682	0	L	HVH	VH
18	0	0	0	ML	HVH	VH
19	0	0	-1,682	VL	L	EH
20	-1	-1	-1	EL	VL	VH

B. Langkah Analisis

Langkah analisis yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut.

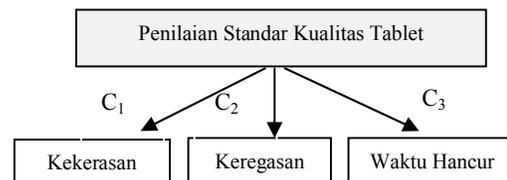
1. Menormalisasi hasil eksperimen pada setiap variabel respon sesuai dengan karakteristik kualitas.
2. Menyatakan respon yang telah ternormalisasi ke dalam istilah linguistik dengan konsep *triangular fuzzy number*.
3. Istilah linguistik yang telah ditetapkan dikonversi ke dalam *crisp scores* menggunakan tabel *crisp scores*.
4. Menghitung pembobot dari setiap respon menggunakan AHP, bobot AHP akan digunakan dalam TOPSIS. Dengan mengalikan bobot AHP dengan *crisp scores*.

5. Melakukan analisis optimasi efisiensi berdasarkan TOPSIS dengan metode *response surface*.
 - a. Memodelkan respon
 - b. Melakukan pengujian model.
 - c. Melakukan pengujian asumsi residual
6. Mendapatkan respon optimum.
7. Membandingkan dengan penelitian sebelumnya Nugroho (2014)
8. Menarik kesimpulan.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Optimalisasi Respon Serentak dengan Fuzzy TOPSIS

Berdasarkan Tabel 6, sebelumnya hasil eksperimen telah dinormalisasi menggunakan “(1)” untuk Y₂ dan Y₃, serta menggunakan “(2)” untuk Y₁ dalam rangka menyetarakan karakteristik kualitas antar respon yang berbeda. Setelah melakukan normalisasi, kemudian menyatakan respon ke dalam istilah linguistik seperti Tabel 6. Dengan menggunakan *fuzzy* perankingan Chen dan Hwang, istilah linguistik dikonversi ke dalam *crisps scores* berdasarkan tabel 1. Setelah mendapatkan respon yang telah dikonversi kemudian menormalisasi menggunakan “(3)”. Untuk mendapatkan respon ternormalisasi oleh bobot maka digunakan metode AHP dengan standar penilaian mutu tablet yang terdiri atas tingkat kekerasan, daya keregasan dan waktu hancur dengan susunan hierarki sebagai berikut.



Gambar 2. Struktur Hierarki

Berdasarkan struktur hierarki penentuan kualitas tablet obat, maka dilakukan survei terhadap 3 orang *expert judgement* pada perusahaan farmasi X dengan penilaian tingkat kepentingan antar respon didasari oleh skala Saaty pada tabel 3. Untuk menggabungkan jawaban dari 3 orang *expert judgement* maka menggunakan *geometric mean* “(4)”. Berikut adalah tabel 7 yang menyajikan matriks berpasangan dari hasil *geometric mean* ketiga *expert judgement*.

Tabel 7.

Matriks Berpasangan Gabungan						
	C ₁	C ₂	C ₃	w _i	A.w _i	A.w _i /w _i
C ₁	1	0.124	0.193	0.067	0.201	3.03
C ₂	8.05	1	3	0.654	2.033	3.12
C ₃	5.59	0.33	1	0.282	0.869	3.077
						CR=0.067

Berdasarkan tabel 7, diketahui bahwa daya keregasan 3 kali lebih penting dari waktu hancur. Dengan kata lain, waktu hancur 0.33 atau 1/3 kali lebih penting dari daya keregasan. Kemudian daya keregasan 8.05 kali lebih penting dari tingkat kekerasan atau tingkat kekerasan 0.124 kali lebih penting daripada daya keregasan. Dan waktu hancur 5.59 kali lebih penting dari tingkat kekerasan atau tingkat kekerasan 0.193 lebih penting dari waktu hancur.

Sehingga bobot kepentingan dari masing-masing kriteria yang diperoleh adalah daya keregasan = 0.654, waktu hancur = 0.282 serta tingkat kekerasan = 0.067. Nilai konsistensi rasio CR dihitung menggunakan “(6)” sehingga dari matriks berbandingan berpasangan gabungan tersebut didapatkan nilai CR sebesar 0.067. Nilai tersebut kurang dari 0,1 sehingga matriks perbandingan berpasangan sebagai landasan dalam pengambilan keputusan memiliki konsistensi yang baik.

Setelah mendapatkn bobot kepentingan dari masing-masing respon, selanjutnya bobot kepentingan dikalikan dengan hasil eksperimen menggunakan “(8)”. Berikut adalah tabel 8 yang menyajikan preferensi *fuzzy* dalam bentuk *crisp scores* yang akan diboboti.

Tabel 8.
Konversi Fuzzy dalam *Crisp Scores* Terboboti

Percobaan	Y ₁ (0.067)	Y ₂ (0.654)	Y ₃ (0.28)
A ₁	0.41	0.667	0.954
A ₂	0.333	0.701	0.864
A ₃	0.333	0.701	0.864
⋮	⋮	⋮	⋮
A ₂₀	0.046	0.136	0.864

Hasil dari perkalian antara bobot dan nilai *crisp scores* tersebut menjadi dasar yang digunakan untuk perhitungan TOPSIS dengan ideal positif dan negatif dihitung menggunakan “(8)” sehingga didapatkan hasil pada tabel 9.

Tabel 9.
Ideal Positif dan Negatif Tiap Respon

Respon	V ⁺	V ⁻
Y ₁	0.011914	2.77E-05
Y ₂	0.000129	0.055362
Y ₃	4.75E-05	0.020433

Setelah mendapatkan solusi ideal positif dan negatif, selanjutnya adalah menghitung ukuran jarak pemisah dari setiap alternatif percobaan terhadap solusi ideal positif dan negatif menggunakan “(9)”, dan “(10)” untuk mendapatkan koefisien kedekatan relatif setiap alternatif, yang ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 10.
Nilai TOPSIS

	S ⁺	S ⁻	Cci
A1	0.035147	0.028383	0.44676
A2	0.035701	0.025773	0.419249
A3	0.035701	0.025773	0.419249
⋮	⋮	⋮	⋮
A20	0.020532	0.054361	0.725848

Dari tabel 10 diketahui bahwa S⁺ merupakan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif, sedangkan S⁻ merupakan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal negatif dan Cci merupakan koefisien kedekatan relatif setiap alternatif, dimana Cci adalah hasil respon tunggal dari penggabungan ketiga respon. Untuk mendapatkan kombinasi faktor pada respon optimal maka Cci atau respon dari TOPSIS tersebut dilakukan optimasi menggunakan metode *response surface*. Dalam mendapatkan model terbaik dilakukan *fitting* model yang terdiri dari model linier orde satu, model linier dan *square* orde dua, model linier dan interaksi orde dua dan model *full* kuadrat orde dua. Penentuan model terbaik didasarkan pada dua hal yakni kriteria pengujian model yang terdiri atas uji *lack of fit*, uji serentak dan uji individu. Dan yang kedua adalah uji asumsi residual yang terdiri dari uji identik, independen dan asumsi

residual berdistribusi normal. Kedua kriteria tersebut harus dipenuhi untuk mendapatkan model terbaik. Dari hasil *fitting* model didapatkan model terbaik untuk mendapatkan respon optimal adalah model *full* kuadrat orde dua. Estimasi parameter dilakukan dengan metode *Ordinary Least Square* menggunakan persamaan “(11)” dengan respon adalah respon tunggal dari perhitungan TOPSIS pada Tabel 10, dan faktor X₁, X₂, X₃, X₁², X₂², X₃², X₁₂, X₁₃, X₂₃ pada Tabel 6, maka menghasilkan model orde dua seperti berikut.

$$Y = 0.30096 - 0.16686 X_1 + 0.04277 X_2 - 0.17126 X_3 + 0.19556 X_1^2 + 0.012 X_2^2 + 0.15727 X_3^2 - 0.18059 X_1 X_2 + 0.32686 X_1 X_3 + 0.17389 X_2 X_3$$

Dari model orde dua tersebut, didapatkan nilai R² sebesar 84.82 %. Nilai R² yang lebih tinggi dari model- model yang lain tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan faktor atau variabel bebas dalam menjelaskan respon atau variabel terikatnya adalah sebesar 84.82 % sehingga dapat dikatakan bahwa model sangat baik. Berikut adalah tabel 11 yang berisi pengujian model dan asumsi residual menggunakan taraf signifikan 0.05.

Tabel 11.
Pengujian Model Linier dan *Square* Orde Dua

No	Pengujian Model dan Residual IIDN	P-value	Kesimpulan
1	<i>Lack of fit</i>	0.969	Model telah sesuai
2	Uji Serentak	0.004	Terdapat parameter yang berpengaruh dalam model.
3	Uji Individu	β ₁ =0.004 β ₃ =0.004 β ₁₁ =0.025 β ₁₃ =0.008	Parameter β ₁ dan β ₃ , kuadrat β ₁ dan interaksi antara β ₁ dan β ₃ berpengaruh signifikan.
4	Residual Identik	0.359	<i>Varsians</i> residual homogen
5	Residual Independen	-	Residual independen karena dalam plot ACF semua lag masuk dalam batas interval
6	Residual berdistribusi normal	>0.15	Residual telah berdistribusi normal

Berdasarkan *fitting* model, dengan pertimbangan memiliki nilai R-Sq besar dan tidak terdapat *lack of fit* serta memenuhi pengujian asumsi residual IIDN sehingga model *full* kuadrat dipilih guna melakukan penaksiran titik stasioner. Dari model *full* kuadrat didapatkan vektor **b** yang berisi koefisien parameter linier dan matriks **B** yang berisi koefisien parameter model orde kedua seperti pada persamaan “(13)”.

$$b = \begin{bmatrix} -1.668 \\ 0.0427 \\ -0.171 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 0.195 & -0.093 & 0.163 \\ -0.093 & 0.012 & 0.0869 \\ 0.163 & 0.0869 & 0.157 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan “(14)” maka dari vektor dan matriks tersebut didapatkan titik stasioner seperti berikut.

$$x = \begin{bmatrix} 0.364 \\ 0.082 \\ 0.121 \end{bmatrix}$$

Titik stasioner tersebut digunakan untuk menduga respon pada titik tersebut. Untuk mengetahui hasil dari kombinasi level yang disarankan telah memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan, maka kombinasi level faktor tersebut disubstitusi pada setiap persamaan respon. Berikut adalah persamaan dari masing-masing respon yaitu tingkat kekerasan (Y₁), daya keregasan (Y₂), dan waktu hancur (Y₃), secara berurutan.

$$Y_1 = 8.073 + 3.3503X_1 - 0.2648X_2 + 3.905X_3 + 1.064X_1^2 - 0.085X_2^2 + 1.514X_3^2 + 0.954 X_1X_2 + 0.99X_1X_3 - 1.389X_2X_3$$

$$Y_2 = 0.865 - 1.458X_1 + 0.27206X_2 - 1.347 X_3 + 1.159 X_1^2 + 0.05964X_2^2 + 0.809X_3^2 - 0.282X_1X_2 + 1.98X_1X_3 + 0.2829X_2X_3$$

$$Y_3 = 23.41 + 25.9X_1 - 4.747X_2 + 24.98X_3 + 20.736 X_1^2 + 0.036 X_2^2 + 15.24 X_3^2 - 4.8X_1X_2 + 42.7X_1X_3 - 6.93X_2X_3$$

Berikut tabel 12 hasil substitusi nilai faktor terhadap masing-masing respon.

Tabel 12.
Response Surface Optimal

Respon	TOPSIS
Tingkat kekerasan	9.9 kp
Daya keregasan	0.4 %
Waktu Hancur	40 detik

Berdasarkan Tabel 12, kombinasi level telah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh perusahaan untuk respon kekerasan, dimana kekerasan yang diinginkan adalah semaksimal mungkin dengan interval 6-8 kp, daya keregasan adalah antara 0 - 0.8 % dan waktu hancur adalah kurang dari 15 menit.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Untuk mendapatkan respon optimal maka kombinasi level faktor sebaiknya diatur dengan penambahan kadar zat pengikat sebesar 4.7 %, kadar zat desintegran sebesar 3.6 % dan tekanan mesin sebesar 3.2 pengempuan. Sehingga hasil kombinasi level lebih optimal dari penelitian sebelumnya dengan tingikat kekerasan sebesar 9,9 kp, daya keregasan menjadi lebih kecil yaitu sebesar 0,4 % serta waktu hancur yang semakin singkat yaitu 40 detik.

Dalam rangka mendapatkan respon yang sesuai dengan spesifikasi perusahaan farmasi X, maka kombinasi level dengan kadar zat pengikat sebesar 4.7 %, kadar zat desintegran sebesar 3.6 % dan tekanan mesin sebesar 3.2 pengempuan menggunakan metode AHP- *fuzzy* TOPSIS perlu dilakukan uji coba di perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA.

- [1] Siregar, C., & Wikarsa, S. (2008). *Teknologi Farmasi Sediaan Tablet Dasar- Dasar Praktis*. Jakarta, Indonesia: Penerbit Buku Kedokteran Egc.
- [2] Nugroho I, A. (2014). *Aplikasi Metode Respon Permukaan dan Goal Programming Untuk Optimasi Sifat Fisik dan Mekanik Tablet Obat*. Tesis.
- [3] B.B. Nayak & S. S. Mahapatra. (2013). Multi-Response Optimization of WEDM Process Parameters Using The AHP and TOPSIS Method. *International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering (Ijtarme)* .
- [4] Datta, S & Mahapatra, S.S. (2010). Modelling Simulation And Parametric Optimization Coupled With Grey Taguchi Technique. *International Journal of Engineering, Science And Technology* , Vol.2 No.5 Hal=162-183.
- [5] S. J. Chen And C. L. Hwang. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications, A State-of-the-Art Survey*. New York : Springer-Verlag.
- [6] T. L. Saaty, (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: Mcgraw Hill.

- [7] Park, S. H. (1996). "Robust Design And Analysis For Quality Engineering". London : Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London Se1 8hn, Uk
- [8] Myers, & Montgomery, D.C. (2002). *Response Surface Methodology (2ed)* .A Wiley-Interscience Publication. United States of America.
- [9] Khuri, A. I., & Cornell, J. A. (1996). *Respon Surface Design and Analysis*. New York: Marcell Dekker, Inc.
- [10] Montgomery, D. C. (2001). *Design and Analysis Of Experiments (5ed)*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- [11] Brown, M. B., & Forsythe, A. B. (1974). Robust Test for The Equality of Variances. *American Statistical Association*.
- [12] Wei, W. W. (2006). *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. United States of America: Pearson Education.
- [13] Daniel, W. W. (1989). *Statistika Non Parametik Terapan*. Jakarta: Pt Gramedia.