

DISAIN OPTIMAL KUALITAS MEKANIS KAIN TENUN MENGGUNAKAN METODE VIKOR

OPTIMAL DESIGN OF WOVEN FABRIC MECHANICAL QUALITY USING VIKOR METHOD

Ali Parkhan¹, Muchamad Sugarindra^{2*}

^{1,2} Universitas Islam Indonesia

Email : ¹aliparkhan@uii.ac.id, ^{2*}sugarindra@uii.ac.id

*Penulis Korespondensi

Abstrak - Kualitas mekanis kain tenun dapat diidentifikasi antara lain dari kekuatan tarik kain dan kekuatan sobek kain dengan fungsi obyektif Larger the Better (LTB). Upaya untuk meningkatkan kualitas kain tenun dapat dilakukan melalui eksperimen dengan mengendalikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya yaitu tetal benang lusi (A), tetal benang pakan (B), kehalusan benang lusi (C), kehalusan benang pakan (D), twist benang lusi (E), twist benang pakan (F), panjang staple serat sisal (G). Kombinasi level faktor yang menghasilkan kualitas kain yang optimal diperoleh pada kombinasi level faktor A2, B2, C1, D1, E1, F2, dan G1, yang berarti sistem bekerja pada tetal benang lusi 62 helai/inchi, tetal benang pakan 58 helai/inchi, kehalusan benang lusi 30 Ne1, kehalusan benang pakan 30/2 Ne1, twist benang lusi 20 twist/inchi, twist benang pakan 24 twist/inchi dan panjang staple serat sisal 50 cm. Kombinasi ini mampu menaikkan kekuatan tarik kain sebesar 240,00 N (naik 28,34%) dan kekuatan sobek kain sebesar 20,150 N (naik 31,91%) terhadap kondisi awal. Kombinasi level faktor optimal tidak sensitif terhadap perubahan bobot atribut kualitas tetapi sensitif terhadap perubahan biaya utilitas produk.

Kata kunci: Kekuatan Tarik, Kekuatan Sobek, Kombinasi Level Faktor, Vikor

Abstract - The mechanical quality of the woven fabric can be identified, among others, from the tensile strength of the fabric and the tear strength of the fabric with the Larger the Better (LTB) objective function. Efforts to improve the quality of woven fabrics can be carried out through experimentation by controlling the factors that can affect it, namely warp yarn thickness (A), weft yarn thickness (B), warp yarn fineness (C), weft yarn fineness (D), warp yarn twist (E), weft yarn twist (F), sisal fiber staple length (G). The combination of factor levels that produce optimal fabric quality is obtained at a combination of factor levels A2, B2, C1, D1, E1, F2, and G1, which means the system works on a warp yarn thickness of 62 strands/inch, a weft thread thickness of 58 strands/inch, warp yarn fineness 30 Ne1, weft yarn fineness 30/2 Ne1, warp yarn twist 20 twist/inch, weft yarn twist 24 twist/inch and sisal fiber staple length 50 cm. This combination was able to increase the tensile strength of the fabric by 240.00 N (increase by 28.34%) and the tear strength of the fabric by 20.150 N (increase by 31.91%) against the initial conditions. The combination of optimal factor levels is not sensitive to changes in quality attribute weights but sensitive to changes in product utility costs.

Keywords: Tensile Strength, Tear Strength, Factor Level Combination, Vikor

1. PENDAHULUAN

Kualitas produk yang baik, dapat digunakan sebagai salah satu strategi bersaing pada dunia industri. Ditengah meningkatnya persaingan dunia usaha, agar suatu perusahaan mampu eksis dan terus berkembang, pelaku usaha tidak terkecuali industri kain tenun dituntut untuk lebih meningkatkan kualitas produknya. Kualitas mekanis kain tenun dapat diidentifikasi antara lain dari kekuatan tarik kain, ketahanan gosok kain, daya serap kain, ketahanan cuci kain, daya tembus udara dan kekuatan sobek kain. Faktor yang mempengaruhi kualitas tersebut diantaranya adalah tetal benang lusi, tetal benang pakan, mengkeret benang lusi, mengkeret benang pakan, tegangan benang lusi, kehalusan benang lusi, kehalusan benang pakan, twist benang lusi, twist benang pakan dan panjang staple serat sisal.

Penelitian ini difokuskan pada proses pembuatan kain tenun agar dihasilkan kain yang berkualitas yang diidentifikasi dari kekuatan tarik dan ketahanan sobek kain. Standar kualitas kain tenun mengacu pada SNI 08-0276-2009 dengan kekuatan tarik kain minimal 226,5 Kg untuk kearah lusi dan minimal 186,0 Newton kearah pakan, serta SNI 08-0338-1989 dengan kekuatan sobek kain minimal 14,7 Newton untuk kearah lusi dan kearah pakan. Faktor-faktor yang diduga berpengaruh terhadap kekuatan tarik kain dan ketahanan sobek kain yang dilibatkan dalam

penelitian ini meliputi tetal benang lusi, tetal benang pakan, kehalusan benang lusi, kehalusan benang pakan, twist benang lusi, twist benang pakan, dan panjang staple serat sisal.

Agar produk yang dihasilkan sesuai dengan target kualitas yang diharapkan dan memiliki performansi yang tangguh (robust performance) dan dengan jumlah eksperimen kecil, pada penelitian ini dilakukan eksperimen yang didisain menggunakan metode Taguchi [1]. Desain kualitas yang diperkenalkan oleh Taguchi merupakan metode pengendalian kualitas off line telah banyak diaplikasikan di industri baik dalam bidang machining [2]–[4], bidang kimia dan serat karbon [5], [6], bidang konstruksi dan welding [7]–[9], optimasi kualitas kain [10], kerajinan gerabah [11] dan material [12]. Metode Taguchi mampu memberikan alternatif terbaik dengan meminimalkan jumlah eksperimen pada desain kualitas secara off-line.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Nirmala (2020) dan analisisnya menggunakan metode VIKOR. Design of Experiments (DOE) Taguchi digunakan untuk mendapatkan setting level rancangan faktor kendali yaitu faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk dan robust (tangguh) terhadap faktor noise. Karena pada penelitian ini melibatkan lebih dari satu variabel respon yaitu kekuatan tarik dan kekuatan sobek maka digunakan metode Taguchi multirespon. Metode Taguchi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode VIKOR yang dalam menentukan alternatif terpilihnya akan sangat dipengaruhi oleh bobot atribut kualitas produk, bobot utilitas dan regret yang digunakan. Nilai bobot tersebut bersifat dinamis dan subyektif, dengan kata lain setiap individu dapat mempunyai persepsi yang berbeda. Penentuan kondisi optimal dua variabel respons dalam penelitian ini, tidak hanya didasarkan pada hasil eksperimen tetapi juga mendasarkan pada prediksi nilai variabel respon dari semua alternatif kombinasi level faktor yang terbentuk. Metode VIKOR mampu memberikan alternatif terbaik berdasarkan rangking, setelah alternatif pilihan di hasilkan [13], [14]. Gabungan metode taguchi dan VIKOR mampu memberikan hasil experiment yang mendekati ideal [15].

2. METODE PENELITIAN

2.1. OBJEK PENELITIAN

Bahan utama yang digunakan pada eksperimen adalah kain tenun. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui faktor-faktor yang secara signifikan berpengaruh terhadap kualitas kain tenun dan menentukan kombinasi level faktor yang akan menghasilkan produk yang berkualitas tinggi, dengan mempertimbangkan pengaruh bobot atribut kualitas produk

2.2. DESAIN EKSPERIMEN

Disain eksperimen terbagi menjadi dua jenis yaitu disain eksperimen konvensional dan disain eksperimen Taguchi. Genichi Taguchi merancang sebuah eksperimen dengan tujuan mendapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap respon dan interaksinya dengan jumlah eksperimen yang minimal dan memilih level faktor optimal dengan kriteria tertentu. Contoh minimasi jumlah eksperimen pada metode Taguchi dengan 7 faktor, 2 level [16] ditunjukkan oleh tabel 1. Berdasarkan tabel 1. jumlah eksperimen menggunakan metode konvensional diperlukan 27=128 kombinasi level faktor, sedangkan jumlah eksperimen menggunakan metode Taguchi hanya diperlukan 8 kombinasi level faktor sebagaimana ditunjukkan oleh eksperimen ke 1, 16, 52, 61, 86, 91, 103, 106.

2.3. RASIO SIGNAL TERHADAP NOISE (S/N RATIO) DAN *QUALITY LOSS* (L_{ij})

S/N ratio adalah logaritma suatu fungsi kerugian kuadrat yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. S/N rasio terdiri dari [1]:

Smaller –the-Better (STB)

$$S/N_{STB} = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

n = jumlah tes di dalam percobaan (*trial*)

y_i = nilai respon dari cuplikan ke – i untuk jenis eksperimen tertentu

Larger-the-Better (LTB)

$$S/N_{LTB} = -\text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2)$$

Tabel 1: 1/16 FFE (Fractional-Factorial Experiment)

		A1								A2								
		B1				B2				B1				B2				
		C1		C2		C1		C2		C1		C2		C1		C2		
		D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	
E1	F1	G1	1	9	17	25	33	41	49	57	65	73	81	89	97	105	113	121
		G2	2	10	18	26	34	42	50	58	66	74	82	90	98	106	114	122
	F2	G1	3	11	19	27	35	43	51	59	67	75	83	91	99	107	115	123
		G2	4	12	20	28	36	44	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124
E2	F1	G1	5	13	21	29	37	45	53	61	69	77	85	93	101	109	117	125
		G2	6	14	22	30	38	46	54	62	70	78	86	94	102	110	118	126
	F2	G1	7	15	23	31	39	47	55	63	71	79	87	95	103	111	119	127
		G2	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128

$$\text{dengan } \sigma^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$$

Quality loss (L_{ij}) setiap trial, untuk karakteristik kualitas adalah :
Smaller-the-better

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2 \tag{4}$$

Larger-the-better

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2} \tag{5}$$

Nominal-the-best

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - m)^2 \tag{6}$$

y_{ijk} = data untuk respon ke-i, trial ke-j, replikasi ke-k ;

m = nilai target

n_i = replikasi untuk respon ke-i ;

k = koefisien dari *quality loss*

2.4. METODE VIKOR

Taguchi dibedakan menjadi dua jenis yaitu Taguchi single respon dan Taguchi multirespon. Metoda Vikor dikembangkan untuk optimasi multi respon dari suatu permasalahan yang kompleks. Metoda ini menentukan ranking suatu alternatif [13], [14], selanjutnya melakukan penyeleksian sekumpulan alternatif pada kriteria-kriteria tersebut. Metoda Vikor mengukur kedekatan alternatif yang ideal, dengan prosedur penyelesaian sebagai berikut:

- Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi.
- Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot.
- Menentukan matriks solusi ideal positif & matriks solusi ideal negative.
- Menentukan pengukuran utilitas (S_i) dan pengukuran regret (R_i) dengan menggunakan bobot dari kriteria.
- Menghitung indeks Vikor untuk tiap alternatif.

Rating kinerja setiap alternatif A_i pada tiap kriteria C_j yg ternormalisasi dihitung dengan rumus:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \tag{8}$$

$i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$

$X_{ij} = L_{ij}$

Solusi ideal positif A^+ dan solusi ideal negatif A^- dapat ditentukan berdasarkan rating bobot ternormalisasi (y_{ij}) sebagai:

$$y_{ij} = w_{ij} r_{ij} \tag{9}$$

$i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$.

$A^+ = (y_{1+}, y_{2+}, \dots, y_{n+})$

$A^- = (y_{1-}, y_{2-}, \dots, y_{n-})$

$$y_j^+ = \begin{cases} \max_i y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \min_i y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases} \quad (10)$$

$$y_j^- = \begin{cases} \min_i y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \max_i y_{ij}; & \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases} \quad (11)$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan utilitas (S_i), regret (R_i) dan indeks Vikor.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{(y_j^+ - y_{ij})}{(y_j^+ - y_j^-)} \quad (12)$$

$$R_i = \max_j \frac{(y_j^+ - y_{ij})}{(y_j^+ - y_j^-)} \quad (13)$$

$$Q_i = v \left[\frac{(S_i - S_i^-)}{(S_i^+ - S_i^-)} \right] + (1 - v) \left[\frac{(R_i - R_i^-)}{(R_i^+ - R_i^-)} \right] \quad (14)$$

Nilai Q_i (indeks Vikor) yang lebih kecil menunjukkan bahwa alternatif A_i terbaik yang kemudian akan dipilih.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. PERENCANAAN EKSPERIMEN

Informasi yang digunakan dalam pelaksanaan eksperimen mengacu pada penelitian [17], dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Obyek dalam penelitian ini adalah kain tenun yang menggunakan benang lusi serat *cotton* dan benang pakan serat *sisal* yang diproses menggunakan alat tenun bukan mesin (ATBM). Kualitas kain didasarkan pada kekuatan tarik kain sesuai SNI 08-0276-2009 yaitu minimal 226,5 Newton kearah lusi dan 186,0 Newton kearah pakan, dan kekuatan sobek kain sesuai SNI 08-0338-1989 yaitu minimal 14,7 Newton baik kearah lusi maupun kearah pakan dengan fungsi obyektif *Larger the Better* (LTB).
2. Faktor-faktor yang diduga berpengaruh pada kualitas kain tenun meliputi: tetal benang lusi (A), tetal benang pakan (B), kehalusan benang lusi (C), kehalusan benang pakan (D), *twist* benang lusi (E), *twist* benang pakan (F), panjang staple serat *sisal* (G).
3. Level yang digunakan untuk masing-masing faktor adalah 2, dengan replikasi untuk setiap trial sebanyak 4 kali.

Faktor-faktor dan level yang digunakan, dapat ditabulasikan pada table 2.

Tabel 2. Faktor Kendali

Faktor Kendali	Kode	Level	
		1	2
Tetal benang lusi	A	50 helai/inchi	62 helai/inchi.
Tetal benang pakan	B	48 helai/inchi	58 helai/inchi
Kehalusan benang lusi	C	30 Ne1	40 Ne1
Kehalusan benang pakan	D	30/2 Ne1	40/2 Ne1
<i>Twist</i> benang lusi	E	20 <i>twist</i> /inchi	32 <i>twist</i> /inchi
<i>Twist</i> benang pakan	F	12 <i>twist</i> /inchi	24 <i>twist</i> /inchi
Panjang staple serat <i>sisal</i>	G	50 cm	85 cm

Berdasarkan level dan faktor kendali yang digunakan maka array orthogonal yang digunakan pada kedua variabel respon adalah $L^8 2^7$.

3.2. PELAKSANAAN EKSPERIMEN

Data hasil eksperimen disajikan pada table 3.

1. Tabel 3: Data Kekuatan Tarik dan Kekuatan Sobek Kain

Trial	Faktor Kendali							Kekuatan Tarik (Newton)				Kekuatan Sobek (Newton)			
	A	B	C	D	E	F	G	Replikasi ke				Replikasi ke			
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	215	210	215	215	21,0	21,5	21,0	21,5
2	1	1	1	2	2	2	2	195	215	195	205	19,9	20,1	20,4	20,2
3	1	2	2	1	1	2	2	215	230	230	235	18,7	18,0	19,0	18,3
4	1	2	2	2	2	1	1	200	225	200	185	17,7	18,2	17,9	17,8
5	2	1	2	1	2	1	2	210	200	220	205	19,4	19,6	19,9	20,3
6	2	1	2	2	1	2	1	215	220	195	195	17,5	17,5	17,2	17,6
7	2	2	1	1	2	2	1	260	265	250	245	19,9	20,1	20,4	20,2
8	2	2	1	2	1	1	2	230	245	235	235	17,1	16,7	16,7	17,2

3.3. PENGOLAHAN DATA

Berdasarkan data hasil eksperimen, untuk menentukan kombinasi level faktor yang menghasilkan kualitas kain tenun yang optimal dilakukan langkah-langkah berikut:

3.3.1. Uji Statistik

Berdasarkan uji normalitas, homogenitas dan uji ANOVA data kedua variabel respon dapat disimpulkan:

- Uji normalitas: Kekuatan tarik dan kekuatan sobek kain, memiliki χ^2 hitung = 4,96 dan $8,25 \leq \chi^2$ (tabel = 9,49 yang artinya kekuatan tarik dan kekuatan sobek kain berdistribusi normal.s
- Uji homogenitas: Kekuatan tarik dan kekuatan sobek kain, memiliki χ^2 hitung = 0,03 dan $0,24 \leq \chi^2$ (tabel = 7,81 yang artinya kekuatan tarik dan kekuatan sobek kain homogen atau asumsi kesamaan ragam terpenuhi
- Uji ANOVA: Pada kekuatan tarik kain terdapat lima faktor yaitu faktor A, B, C, D dan F mempunyai F_{hitung} masing-masing 17,63; 39,67; 19,13; 16,19; dan 4,41 $> F_{tabel} = 4,26$, berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor A, B, C, D dan F pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan tarik kain. Pada kekuatan sobek kain terdapat enam faktor yaitu faktor A, B, C, D, E dan G mempunyai F_{hitung} masing-masing 72,91; 161,69; 140,56; 319,55; 90,66 dan 11,42 $> F_{tabel} = 4,26$ yang berarti ada perbedaan pengaruh rata-rata faktor A, B, C, D, E dan G pada level yang berbeda secara signifikan terhadap kekuatan sobek kain.

3.3.2. Signal to Noise Ratio (SNR) dan Efek Tiap Faktor

Nilai SNR kedua variable respon ditunjukkan oleh tabel berikut 4.

Tabel 4: Nilai SNR

Trial	Faktor Kendali							SNR	
	A	B	C	D	E	F	G	Kekuatan Tarik	Kekuatan Sobek
1	1	1	1	1	1	1	1	46,60	26,55
2	1	1	1	2	2	2	2	46,11	26,08
3	1	2	2	1	1	2	2	47,12	25,34
4	1	2	2	2	2	1	1	46,07	25,06
5	2	1	2	1	2	1	2	46,38	25,93
6	2	1	2	2	1	2	1	46,25	24,83
7	2	2	1	1	2	2	1	48,12	26,08
8	2	2	1	2	1	1	2	47,46	24,57

3.3.3. Efek Tiap Faktor

Efek tiap faktor kedua variable respon ditunjukkan oleh tabel 5.

Tabel 5. Efek Tiap Faktor Kekuatan Tarik

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	46,47	46,33	<u>47,07</u>	<u>47,05</u>	<u>46,86</u>	46,62	46,76
Level 2	<u>47,05</u>	<u>47,19</u>	46,45	46,47	46,67	<u>46,90</u>	<u>46,77</u>
Selisih	0,58	0,86	0,62	0,58	0,19	0,28	0,01
Ranking	4	1	2	3	6	5	7

Faktor E, G karena tidak berpengaruh secara signifikan diambil level 1. Kombinasi level faktor terbaik variabel respon kekuatan tarik kain adalah: A2, B2, C1, D1, E1, F2, dan G1.

Tabel 6 : Efek Tiap Faktor Kekuatan Sobek

Level	Faktor Kendali						
	A	B	C	D	E	F	G
Level 1	<u>25,76</u>	<u>25,85</u>	<u>25,82</u>	<u>25,97</u>	25,32	25,52	<u>25,63</u>
Level 2	25,35	25,26	25,29	25,14	<u>25,79</u>	<u>25,59</u>	25,48
Selisih	0,41	0,59	0,53	0,83	0,47	0,07	0,15
Rank	5	2	3	1	4	7	6

Faktor F karena tidak berpengaruh secara signifikan diambil level 1. Kombinasi level faktor terbaik variabel respon kekuatan sobek kain adalah: A1, B1, C1, D1, E2, F1, G1. Karena kombinasi level faktor optimal pada masing-masing variabel respon berbeda, oleh karena itu diperlukan analisis multi respon pada 128 alternatif kombinasi sebagaimana tabel 1.

3.3.4. Prediksi Nilai Variabel Respon

Berdasarkan data pada Tabel 3 menggunakan metode regresi linear berganda, model prediksi kekuatan tarik dan kekuatan sobek kain adalah sebagai berikut:

Tabel 7: Model Regresi Linear Berganda Kekuatan Tarik Kain (N)

Replikasi ke	Model Regresi
1	$Y = 210,0 + 22,5 A + 17,5 B - 15,0 C - 15,0 D - 2,5 E + 7,5 F - 10,0 G$
2	$Y = 177,5 + 12,5 A + 30,0 B - 15,0 C + 0,0 D + 0,0 E + 12,5 F - 7,5 G$
3	$Y = 210,0 + 15,0 A + 22,5 B - 12,5 C - 22,5 D - 2,5 E + 0,0 F + 5,0 G$
4	$Y = 215,0 + 10,0 A + 20,0 B - 20,0 C - 20,0 D - 10,0 E + 10,0 F + 10,0 G$

Tabel 8. Model Regresi Linear Berganda Kekuatan Sobek Kain (N)

Replikasi ke	Model Regresi
1	$Y = 25,425 - 0,625 A - 0,875 B - 0,925 C - 1,925 D + 0,425 E - 0,025 F - 0,475 G$
2	$Y = 26,575 - 0,975 A - 1,425 B - 1,275 C - 1,675 D + 1,075 E - 0,075 F - 0,725 G$
3	$Y = 24,875 - 1,025 A - 1,125 B - 1,125 C - 2,025 D + 1,175 E + 0,375 F - 0,125 G$
4	$Y = 26,225 - 0,625 A - 1,525 B - 1,275 C - 1,875 D + 0,975 E - 0,125 F - 0,275 G$

3.3.5. Penentuan level faktor optimal menggunakan VIKOR

Kondisi optimal Kekuatan tarik dan kekuatan sobek kain diperoleh dari kombinasi level faktor yang berbeda, sehingga diperlukan analisis untuk mengoptimalkan kondisi yang berbeda secara simultan. Metode yang digunakan adalah Vikor dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mentransformasikan tingkat kepentingan relatif masing-masing respon kedalam bilangan fuzzy (*fuzzy number*). Pada kasus ini kekuatan tarik kain lebih penting dibandingkan kekuatan sobek kain. Skala yang digunakan adalah *high* untuk kekuatan tarik kain dan *medium* untuk kekuatan sobek kain. Skala yang digunakan sebagai *crisp score* adalah skala dengan angka terkecil atau yang paling sederhana untuk dikonversi.
2. Memilih skala konversi *fuzzy number* dan mengkonversi *fuzzy number* ke dalam *crisp score* melalui metode *scoring fuzzy*. Pembobotan untuk kekuatan tarik kain (w_1) dan pembobotan untuk kekuatan sobek (w_2) adalah:

$$W_1 = \frac{0,75}{0,75+0,583} = 0,56264$$

$$W_2 = \frac{0,583}{0,75+0,583} = 0,43736$$

3. Menghitung *loss function* berdasarkan karakteristik kualitasnya masing-masing.
 - a. Rata-rata kekuatan tarik benang saat ini sebesar 187,00 Newton, pada kondisi optimal sebesar 258,75 Newton (naik 71,75 Newton), yang berdampak pada kenaikan biaya sebesar Rp 18.823,- sehingga $k_1 = 18.823/71,75^2 = 3,656$
 - b. Rata-rata kekuatan sobek benang saat ini sebesar 15,275 Newton, pada kondisi optimal sebesar 22,313 (naik 7,038) yang berdampak pada kenaikan biaya sebesar Rp 20.510,- sehingga $k_2 = 20.510/7,038^2 = 414,06$
4. Menentukan nilai VIKOR untuk masing-masing percobaan. Berdasarkan rumus 7 – 13 dan tabel 1, diperoleh indek Vikor berikut:

Tabel 9 : Indek Vikor

Trial ke	Indek Vikor	Trial ke	Indek Vikor	Trial ke	Indek Vikor	Trial ke	Indek Vikor	Trial ke	Indek Vikor
1	0,276	27	0,780	53	0,315	79	0,314	105	0,543
2	0,307	28	0,807	54	0,341	80	0,329	106	0,611
3	0,183	29	0,950	55	0,223	81	0,391	107	0,498
4	0,210	30	0,969	56	0,248	82	0,420	108	0,565
5	0,288	31	0,799	57	0,755	83	0,292	109	0,389
6	0,312	32	0,816	58	0,828	84	0,337	110	0,445
7	0,190	33	0,129	59	0,697	85	0,392	111	0,346
8	0,211	34	0,177	60	0,769	86	0,415	112	0,401
9	0,570	35	0,090	61	0,635	87	0,289	113	0,434
10	0,598	36	0,137	62	0,661	88	0,309	114	0,498
11	0,461	37	0,083	63	0,543	89	0,721	115	0,391
12	0,485	38	0,107	64	0,602	90	0,784	116	0,454
13	0,587	39	0,010	65	0,146	91	0,655	117	0,298
14	0,606	40	0,035	66	0,172	92	0,720	118	0,351
15	0,470	41	0,452	67	0,068	93	0,725	119	0,254
16	0,487	42	0,512	68	0,111	94	0,740	120	0,307
17	0,554	43	0,405	69	0,145	95	0,600	121	0,867
18	0,589	44	0,465	70	0,165	96	0,615	122	0,951
19	0,436	45	0,342	71	0,062	97	0,191	123	0,812
20	0,467	46	0,375	72	0,081	98	0,244	124	0,895
21	0,573	47	0,278	73	0,422	99	0,155	125	0,678
22	0,601	48	0,328	74	0,476	100	0,207	126	0,746
23	0,448	49	0,359	75	0,371	101	0,078	127	0,624
24	0,472	50	0,417	76	0,425	102	0,122	128	0,692
25	0,921	51	0,312	77	0,411	103	0,042		
26	0,952	52	0,369	78	0,427	104	0,086		

Berdasarkan tabel 9, diperoleh bahwa kondisi optimal diperoleh pada trial ke 39 dengan kombinasi level faktor A2 B2 C1 D1 E1 F2 G1. Kombinasi ini menghasilkan rata-rata kekuatan tarik kain 240,00 Newton dan kekuatan sobek kain 21,019 Newton. Terjadi kenaikan kualitas kekuatan tarik kain sebesar ($240,00 \text{ kg/cm}^2 - 187,00 \text{ kg/cm}^2 = 53,00$ Newton atau 28,34 %), dan kenaikan kualitas kekuatan sobek kain sebesar ($21,019 \text{ Newton} - 15,275 \text{ Newton} = 5,744$ atau 37,60 % terhadap kondisi awal). Berdasarkan analisis sensitifitas diperoleh bahwa kombinasi level faktor optimal tidak sensitif terhadap perubahan bobot atribut kualitas tetapi sensitif terhadap perubahan biaya utilitas produk.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis di atas, kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah: Kombinasi level faktor yang menghasilkan kualitas kain yang optimal diperoleh pada trial ke 39 dengan kombinasi level faktor A2 B2 C1 D1 E1 F2 G1 yang berarti sistem bekerja pada tetal benang lusi 62 helai/inchi, tetal benang pakan 58 helai/inchi, kehalusan benang lusi 30 Ne1, kehalusan benang pakan 30/2 Ne1, twist benang lusi 20 twist/inchi, twist benang pakan 24 twist/inchi dan panjang staple serat sisal 50 cm. Nilai kualitas kain pada kondisi optimal adalah a) kekuatan tarik kain sebesar 240,00 N (naik 28,34%) dan b) kekuatan sobek kain sebesar 20,150 N (naik 31,91 %) terhadap kondisi awal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia atas pendanaan sehingga penelitian ini dapat berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Belavendram, *Quality By Design*. 1995.
- [2] S. M. Ravi Kumar and S. K. Kulkarni, "Analysis of Hard Machining of Titanium Alloy by Taguchi Method," in *Materials Today: Proceedings*, Jan. 2017, vol. 4, no. 10, pp. 10729–10738, doi: 10.1016/j.matpr.2017.08.020.
- [3] V. Gaikwad and V. K. S. Jatti, "Optimization of material removal rate during electrical discharge machining of cryo-treated NiTi alloys using Taguchi's method," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 30, no. 3, pp. 266–272, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.jksues.2016.04.003.
- [4] E. Sharifi, S. J. Sadjadi, M. R. M. Aliha, and A. Moniri, "Optimization of high-strength self-consolidating concrete mix design using an improved Taguchi optimization method," *Constr. Build. Mater.*, vol. 236, p. 117547, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117547.
- [5] A. Parkhan and M. R. A. Purnomo, "Quality by design of yogurt product using taguchi multi responses method," *Int. J. Ind. Optim.*, vol. 1, no. 2, p. 81, 2020, doi: 10.12928/ijio.v1i2.2442.
- [6] M. Hoseinpour-Lonbar, M. Z. Alavi, and M. Palassi, "Selection of asphalt mix with optimal fracture properties at intermediate temperature using Taguchi method for design of experiment," *Constr. Build. Mater.*, vol. 262, no. 120601, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120601.
- [7] M. Fakkir Mohamed, S. Yaknesh, C. M. Anantha Kumar, J. Godwin Rajadurai, S. Janarthanan, and A. V. S. Vignes, "Optimization of friction stir welding parameters for enhancing welded joints strength using Taguchi based grey relational analysis," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.188.
- [8] H. TANYILDIZI, "Investigation of carbonation performance of polymer-phosphazene concrete using Taguchi optimization method," *Constr. Build. Mater.*, vol. 273, no. xxxx, p. 121673, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121673.
- [9] A. Perumal, C. Kailasanathan, B. Stalin, P. R. Rajkumar, T. Gangadharan, and G. Venkatesan, "Evaluation of EDM process parameters on titanium alloy through Taguchi approach," *Mater. Today Proc.*, vol. 45, no. xxxx, pp. 2394–2400, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.10.737.
- [10] Zulfah, S. Luthfianto, and M. F. Nurwildani, "Penerapan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Kain Tenun Pada Sentra Industri Kain Tenun Kabupaten Pematang," *J. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–6, 2011.
- [11] M. Sugarindra and A. Parkhan, "Optimal design of mechanical and physical quality of pottery using TOPSIS method," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 673, no. 1, p. 012104, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/673/1/012104.
- [12] K. Saravanan, A. Sivapragasam, R. Prabu, and S. Maniraj, "Parametric optimization of chrome composite through ultrasonic machining using taguchi approach," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.267.
- [13] G. Akman, "Evaluating suppliers to include green supplier development programs via fuzzy c-means and Vikor methods," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 86, pp. 69–82, 2015, doi: 10.1016/j.cie.2014.10.013.
- [14] K. Arun Vikram, T. V. Krishna Kanth, Shabana, and R. D. V. Prasad, "Response optimization using Vikor while machining on lathe under dry and minimum quantity and lubrication conditions-A case study," *Mater. Today Proc.*, vol. 27, pp. 2487–2491, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.09.223.
- [15] P. Shojaei, S. A. Seyed Haeri, and S. Mohammadi, "Airports evaluation and ranking model using Taguchi loss function, best-worst method and VIKOR technique," *J. Air Transp. Manag.*, vol. 68, pp. 4–13, 2018, doi: 10.1016/j.jairtraman.2017.05.006.
- [16] E. R. Ziegel and P. Ross, *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, vol. 39, no. 1. New York: Mc.Graw-

- Hill Inc., 1997.
- [17] Nirmala, "Desain Kualitas Pembuatan Kain Tenun Menggunakan Metode Taguchi," Universitas Isla Indonesia, 2020.