

ANALISA PENGENDALIAN KUALITAS RBDPO DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI PADA PT. MULTIMAS NABATI ASAHAN

Defi Irwansyah dan Susi Eviyanti Samosir

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia

Email : depi_12@yahoo.com

Abstrak – PT. Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung merupakan perusahaan yang memproduksi minyak RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*). Di dalam pengolahan minyak CPO menjadi minyak RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*), tentunya tidak lepas dari masalah yang berhubungan dengan kualitas. Penelitian terhadap kualitas *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* dilakukan dengan menggunakan Metode Taguchi. Tujuan dari metode Taguchi ini yaitu untuk menentukan kombinasi *setting* level yang optimal untuk masing-masing faktor yang mempengaruhi kualitas, sehingga dihasilkan RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*) yang sesuai dengan standar. Hasil analisa diolah menggunakan metode rata-rata, analisis varians dan strategi *pooling up*. Dari hasil kesimpulan menunjukkan bahwa untuk kadar ALB *setting* yang paling optimal yaitu tekanan perebusan pada level 1 (2,0 torr), temperature perebusan pada level 2 (105°C) dan waktu pada proses perebusan pada level 1 (50 min). Untuk kadar air *setting* yang paling optimal yaitu tekanan perebusan pada level 1 (2,0 torr), temperature perebusan pada level 2 (105°C) dan waktu pada proses perebusan pada level 1 (50 min). Sedangkan Untuk kadar warna *setting* yang paling optimal yaitu tekanan perebusan pada level 2 (3,0 torr), temperature perebusan pada level 2 (105°C) dan waktu pada proses perebusan pada level 2 (60 min). Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwa total proporsi cacat secara keseluruhan sebelum di terapkan kombinasi *setting* yang optimal berdasarkan penelitian dengan metode Taguchi adalah 20,13%. Setelah menerapkan kombinasi *setting* yang optimal berdasarkan metode Taguchi, total proporsi cacat secara keseluruhan menurun sebesar 13,2%.

Kata Kunci: Frekuensi Cacat, Metode Taguchi, Pengendalian Kualitas, *Refined Bleached Deodorized Palm Oil*

1 Pendahuluan

Pada dasarnya kualitas merupakan kunci keberhasilan bagi sebuah perusahaan industri agar mampu bersaing dan memimpin pasar. Dengan standar kualitas tinggi yang di terapkan oleh perusahaan terhadap produknya membuat produk yang di pasarkan akan mampu bersaing dengan produk lainnya. Hal penting untuk pengembangan daya saing perusahaan adalah melakukan peningkatan kualitas produk. Apabila kualitas produk yang di produksi tidak baik maka konsumen kurang berkenan untuk membeli produk tersebut begitu juga dengan sebaliknya. Proses ini berpengaruh terhadap kualitas penjualan dan keuntungan perusahaan. PT. Multimas Nabati Asahan Kuala Tanjung merupakan perusahaan yang memproduksi minyak RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*). Faktor-faktor yang menentukan kualitas *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* yaitu,

kadar asam lemak bebas, kadar air dan kadar warna. Keadaan saat ini menunjukkan dalam pengolahan minyak sawit, kualitas yang di dihasilkan ternyata selalu bervariasi dan sering tidak memenuhi spesifikasi standar mutu atau kualitas yang di terapkan perusahaan. Adapun spesifikasi yang telah di tentukan oleh perusahaan yaitu untuk kadar asam lemak bebas max 0,07%, kadar air max 0,2% dan kadar warna max 1,8%. Dari uraian di atas, maka perlu di lakukan penelitian untuk mengetahui kadar zat yang mempengaruhi kualitas RBDPO dan cara penanggulangannya agar kualitas minyak sawit yang di produksi dapat memenuhi standar yang telah di tetapkan. Berdasarkan latar belakang di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisa Pengendalian Kualitas RBDPO dengan Menggunakan Metode Taguchi Pada PT. Multimas Nabati Asahan”.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi kualitas RBDPO
- b. Untuk mengetahui titik *setting* faktor yang optimal dari masing-masing faktor yang mempengaruhi kualitas RBDPO

2. Landasan Teori

Refined Bleached Deodorized Palm Oil (RBDPO) adalah minyak sawit yang telah mengalami proses penyulingan untuk menghilangkan asam lemak bebas serta penjernihan untuk menghilangkan warna dan menghilangkan bau.

Metode Taguchi

Metode ini dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 pada saat ia mendapat tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Ia memiliki latar belakang teknik, juga mendalami statistika dan pengetahuan keteknikan. Metode ini ditemukan untuk memenuhi informasi yang akurat pada saat percobaan yang besar tidak mungkin dilakukan. Metode Taguchi merupakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya.

Adapun langkah-langkah penelitian Taguchi adalah sebagai berikut:

- a. Perumusan masalah, perumusan masalah harus spesifik dan jelas batasannya dan secara teknis harus dapat dituangkan kedalam percobaan yang akan dilakukan.
- b. Tujuan Eksperimen adalah tujuan yang melandasi percobaan harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan pada perumusan masalah.
- c. Memilih karakteristik kualitas (variabel terikat) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain.
- d. Mengidentifikasi faktor terkontrol dan tidak terkontrol, faktor-faktor tersebut perlu diidentifikasi dengan jelas karena pengaruh antara kedua jenis faktor tersebut berbeda
- e. Penentuan jumlah level dan nilai faktor, makin banyak jumlah level yang diteliti maka hasil percobaan akan lebih teliti karena data yang diperoleh akan lebih banyak, tetapi banyaknya level juga akan meningkatkan ongkos percobaan.
- f. Identifikasi interaksi antar Faktor Kontrol, interaksi muncul ketika dua faktor atau lebih mengalami perlakuan secara bersama akan memberikan hasil yang berbeda pada karakteristik kualitas dibandingkan jika faktor mengalami perlakuan secara sendiri-sendiri.
- g. Perhitungan derajat kebebasan (*degrees of freedom/dof*) perhitungannya dilakukan untuk menghitung jumlah minimum

percobaan yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati

- h. Pemilihan Orthogonal Array (OA), dalam memilih jenis Orthogonal Array harus diperhatikan jumlah level faktor yang diamati.

3. Metodologi Penelitian

Untuk mendapatkan berbagai macam data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, peneliti menggunakan teknik pengumpulan data, yaitu:

- a. Observasi
Observasi yaitu melakukan pengamatan secara langsung kebagian produksi dan pengendalian kualitas yang berkaitan dengan proses pengolahan minyak RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*).
- b. Wawancara
Wawancara dilakukan dengan cara interaksi melalui diskusi pada bagian pengendalian kualitas yang berkaitan dengan kategori cacat yang terjadi pada hasil produksi RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*).

Adapun teknik pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan Eksperimen dengan Metode Taguchi, Identifikasi faktor kualitas terhadap cacat, Penentuan variabel terikat, Penentuan variabel bebas, Penentuan jumlah level dan nilai level faktor, Perhitungan derajat kebebasan, Pemilihan matriks *orthogonal*, Penugasan faktor pada kolom *orthogonal array*
- b. Pelaksanaan Eksperimen Taguchi untuk setiap kadar yang berpengaruh terhadap kualitas yaitu, Perhitungan efek faktor utama (*main effect*), Perhitungan dengan *average method*, Perhitungan dengan *S/N ratio*, Perhitungan ANOVA,
- c. Strategi *pooling up*, *pooling* parsial I, *pooling* parsial II.

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam percobaan ini diambil *setting* 12 kali produksi untuk setiap eksperimen. Dari data hasil percobaan dikelompokkan berdasarkan kategori *accept* dan *reject*. Salah satu perhitungan dari faktor yang mempengaruhi kualitas *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* adalah kadar ALB dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Percobaan Terhadap Kadar ALB

Eksperimen	Faktor			Accept	Reject
	A	B	C		
1	1	1	1	10	2
2	1	2	2	8	4
3	2	1	2	7	5
4	2	2	1	10	2

Sumber: Pengolahan data

1. Perhitungan Efek Faktor Utama (*Main Effect*)

a. Perhitungan Dengan Average Method

Perhitungan rata-rata tiap level faktor adalah:

$$A_1 = \frac{Y^1 + Y^2}{2} = \frac{2 + 4}{2} = 3$$

$$A_2 = \frac{Y^3 + Y^4}{2} = \frac{5 + 2}{2} = 3,5$$

$$B_1 = \frac{Y_1 + Y_3}{2} = \frac{2 + 5}{2} = 3,5$$

$$B_2 = \frac{Y_2 + Y_4}{2} = \frac{4 + 2}{2} = 3$$

$$C_1 = \frac{Y_1 + Y_4}{2} = \frac{2 + 2}{2} = 2$$

$$C_2 = \frac{Y_2 + Y_3}{2} = \frac{4 + 5}{2} = 4,5$$

Sehingga diperoleh peringkat faktor seperti tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Peringkat Faktor Berdasarkan Average

Faktor	Level		Selisih	Ranking
	1	2		
A	3	3,5	0,5	2
B	3,5	3	0,5	3
C	2	4,5	2,5	1

Sumber: Pengolahan data

b. Perhitungan Dengan S/N Ratio

Karakteristik yang digunakan adalah *Smaller the Better*, maka S/N Ratio digunakan pada kategori *reject*.

Untuk MSD dihitung untuk setiap respon eksperimen sehingga ada 4 nilai MSD, yaitu:

$$MSD_1 = 2^2 = 4$$

$$MSD_2 = 4^2 = 16$$

$$MSD_3 = 5^2 = 25$$

$$MSD_4 = 2^2 = 4$$

Sehingga nilai S/N dapat dihitung sebagai berikut:

$$S/N_1 = -10 \log_{10} (MSD_1) = -6,021$$

$$S/N_2 = -10 \log_{10} (MSD_2) = -12,041$$

$$S/N_3 = -10 \log_{10} (MSD_3) = -13,980$$

$$S/N_4 = -10 \log_{10} (MSD_4) = -6,021$$

Sehingga diperoleh nilai S/N Ratio seperti tabel 3 di berikut ini:

Tabel 3. Nilai S/N Ratio

Eksperimen	Faktor			S/N
	A	B	C	
	Nomor Kolom			
	1	2	3	
1	1	1	1	-6,021

2	1	2	2	-12,041
3	2	1	2	-13,980
4	2	2	1	-6,021

Sumber: Pengolahan data

Perhitungan rata-rata tiap level faktor adalah sebagai berikut:

$$A_1 = \frac{Y^1 + Y^2}{2} = \frac{-6,021 + (-12,041)}{2} = -9,031$$

$$A_2 = \frac{Y^3 + Y^4}{2} = \frac{-13,980 + (-6,021)}{2} = -10,001$$

$$B_1 = \frac{Y_1 + Y^3}{2} = \frac{-6,021 + (-13,980)}{2} = -10,001$$

$$B^2 = \frac{Y^2 + Y^4}{2} = \frac{-12,041 + (-6,021)}{2} = -9,031$$

$$C_1 = \frac{Y^1 + Y^4}{2} = \frac{-6,021 + (-6,021)}{2} = -6,021$$

$$C_2 = \frac{Y^2 + Y^3}{2} = \frac{-12,041 + (-13,980)}{2} = -13,011$$

Maka diperoleh peringkat faktor seperti tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Peringkat Faktor S/N Ratio

Faktor	Level		Selisih	Ranking
	1	2		
A	-9,031	-10,001	0,97	2
B	-10,001	-9,031	0,97	3
C	-6,021	-13,011	6,99	1

Sumber : Pengolahan data

2. Perhitungan ANOVA

Dalam perhitungan ANOVA di bawah ini, produk dikategorikan menjadi kelas *reject* (I) dan kelas *accept* (II) karena focus pada kategori cacat yaitu *Smaller the Better*. Hasil frekuensi kelas *accept* dan *reject* dapat di lihat pada tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Hasil Frekuensi Kelas Accept dan Reject

Frekuensi	
Reject	Accept
2	10
4	8
5	7
2	10

Sumber: Pengolahan data

Langkah-langkah metode perhitungan adalah sebagai berikut:

a. Rata – rata eksperimen keseluruhan

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$$

$$\bar{Y} = \frac{2+4+5+2}{4}$$

$$= 3.25$$

b. Jumlah kuadrat total

$$s_T = \sum Y^2$$

$$s_T = 2^2 + 4^2 + 5^2 + 2^2$$

$$= 49$$

c. Jumlah kuadrat karena rata – rata

$$s_m = nY^{-2}$$

$$= 4 \times (3.25)^2$$

$$= 42,25$$

d. Jumlah kuadrat karena faktor – faktor

$$s_A = \frac{(\text{Total A1})^2}{nA1} + \frac{(\text{Total A2})^2}{nA2} - s_m$$

$$= \frac{(2 + 4)^2}{2} + \frac{(5 + 2)^2}{2} - 42,25$$

$$= 18 + 24,5 - 42,25$$

$$= 0,25$$

$$s_B = \frac{(\text{Total B1})^2}{nB1} + \frac{(\text{Total B2})^2}{nB2} - s_m$$

$$= \frac{(2 + 5)^2}{2} + \frac{(4 + 2)^2}{2} - 42,25$$

$$= 24,5 + 18 - 42,25$$

$$= 0,25$$

$$s_C = \frac{(\text{Total C1})^2}{nC1} + \frac{(\text{Total C2})^2}{nC2} - s_m$$

$$= \frac{(2 + 2)^2}{2} + \frac{(4 + 5)^2}{2} - 42,25$$

$$= 8 + 40,5 - 42,25$$

$$= 6,25$$

e. Jumlah kuadrat karena eror

$$s_e = s_T - s_A - s_B - s_C$$

$$= 49 - 0,25 - 0,25 - 6,25$$

$$= 42,25$$

f. Perhitungan derajat kebebasan untuk setiap faktor

$$v_A = (\text{Jumlah kelas} - 1) \times (\text{Jumlah level} - 1)$$

$$v_A = (2 - 1) \times (2 - 1) = 1$$

Untuk faktor lainnya dihitung dengan cara yang sama

$$v_A = v_B = v_C = 2$$

$$V_e = V_T - V_A - V_B - V_C$$

$$= 47 - 1 - 1 - 1$$

$$= 44$$

g. Rata – rata jumlah kuadrat

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0,25}{1} = 0,25$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{0,25}{1} = 0,25$$

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{6,25}{1} = 6,25$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{42,25}{44} = 0,96$$

h. Perhitungan F-Hitung

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_e} = \frac{0,25}{0,96} = 0,26$$

$$F_B = \frac{MS_B}{MS_e} = \frac{0,25}{0,96} = 0,26$$

$$F_C = \frac{MS_C}{MS_e} = \frac{6,25}{0,96} = 6,51$$

Hasil perhitungan di atas digunakan untuk menggambarkan Analisis Varians seperti pada tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Analisis Varians

Faktor	SS	V	MS	F-hitung
A	0,25	1	0,25	0,26
B	0,25	1	0,25	0,26
C	6,25	1	6,25	6,51
Error	42,25	44	0,96	-
St	49	47	-	-

Sumber : Pengolahan data

3. Strategi *Pooling Up*

Strategi *pooling up* dilakukan untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh secara signifikan pada kualitas produk. *Pooling up* menggunakan perhitungan dan tabel anova dengan dibagi dua tahap yaitu *pooling parsial I* ($MS_{hitung} \leq MS_{error}$) dan *pooling parsial II* ($F_{hitung} \leq F_{tabel}$).

a. *Pooling Parsial I*

Pada *pooling parsial I* dilakukan untuk faktor dengan ketentuan nilai ($MS_{hitung} \leq MS_{error}$). Dari tabel 4.13. yang dipooled adalah faktor A dan B karena nilai MS_{hitung} lebih kecil dari MS_{error} (0,96). Untuk faktor yang tidak dipooled yaitu faktor C dilakukan perhitungan $s_{hitung} \leq F_{hitung}$ yang baru.

1. Pooled Faktor A dan B

$$S_{spooled I} = s_{seror} + s_{SA} + s_{SB}$$

$$= 42,25 + 0,25 + 0,25$$

$$= 42,75$$

$$\begin{aligned} V_{\text{pooled I}} &= V_e + V_A + V_B \\ &= 44 + 1 + 1 \\ &= 46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Spooled I}} &= V_{el} = \frac{S_{\text{spooled I}}}{V_{\text{pooled I}}} \\ &= \frac{42,75}{46} \\ &= 0,93 \end{aligned}$$

2. Non pooled faktor C

a. Nilai F-hitung

$$\begin{aligned} F_A &= \frac{MS_C}{M_{\text{Spooled I}}} \\ &= \frac{6,25}{0,93} \\ &= 6,72 \end{aligned}$$

b. Nilai Ss'

$$\begin{aligned} Ss'_C &= S_{S_C} - (V_C \times V_{el}) \\ &= 6,25 - (1 \times 0,93) \\ &= 5,32 \end{aligned}$$

c. Ss'pooled = S_T - Ss'_C

$$\begin{aligned} &= 49 - 5,32 \\ &= 43,68 \end{aligned}$$

Maka diperoleh hasil *pooling* parsial I seperti pada tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Hasil *Pooling* Parsial I

Faktor	Pooled	SS	V	MS	F-hitung	SS'
A	Y	-	-	-	-	-
B	Y	-	-	-	-	-
C		43,68	6,25	1	6,25	6,72
Error		-	42,75	46	0,93	-
St		-	49	47	-	-

Pengujian hipotesa yang diperoleh dari tabel Analisis Varians setelah dilakukan faktor A dan B adalah sebagai berikut:

H₀ : Tidak ada pengaruh faktor C terhadap kadar ALB

H₁ : Ada pengaruh faktor C terhadap kadar ALB

Kesimpulan : F_{hitung} = 6,72 > F_{0,05(1,46)} = 4,05 ; H₀ ditolak, artinya ada pengaruh temperature unit klarifikasi (faktor C) terhadap kadar ALB.

b. Pooling Parsial II

1. Pooled faktor C

$$\begin{aligned} S_{\text{Spooled II}} &= S_{\text{Seror}} + S_{S_C} \\ &= 42,75 = 6,25 \\ &= 49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{pooled II}} &= V_e + S_{S_C} \\ &= 46 + 1 \\ &= 47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Spooled I}} &= V_{el} = \frac{S_{\text{Spooled II}}}{V_{\text{pooled II}}} \\ &= \frac{49}{47} \\ &= 1,043 \end{aligned}$$

2. Pooled faktor A dan B

a. Nilai F-hitung

$$F_A = \frac{MS_A}{M_{\text{Spooled II}}} = \frac{0,25}{1,043} = 0,239$$

$$F_B = \frac{MS_B}{M_{\text{Spooled II}}} = \frac{0,25}{1,043} = 0,239$$

b. Nilai Ss'

$$\begin{aligned} Ss'_A &= S_{S_A} - (V_A \times V_{el}) \\ &= 0,25 - (1 \times 0,43) \\ &= -0,793 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ss'_B &= S_{S_B} - (V_B \times V_{el}) \\ &= 0,25 - (1 \times 0,43) \\ &= -0,793 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c. Ss'_{\text{pool}} &= S_T - Ss'_A - Ss'_B \\ &= 49 - (-0,973) - (-0,973) \\ &= 50,946 \end{aligned}$$

Maka diperoleh hasil *pooling* parsial II seperti pada tabel 8 di bawah ini:

Tabel 8. Hasil *Pooling* Parsial II

Faktor	Pooled	SS	V	MS	F-hitung	SS'
A	-	0,25	1	0,25	0,239	-0,793
B	-	0,25	1	0,25	0,239	-7,793
C	Y	-	-	-	-	-
Error		-	49	47	1,043	-
St		-	49,5	49	-	-

Berdasarkan *pooling* parsial I dan II, dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap kadar ALB adalah faktor C yaitu waktu pada proses perebusan.

Pemilihan Kombinasi Level Faktor Optimal

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang di berikan masing-masing faktor, maka persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus:

$$\rho = \frac{SS_{\text{faktor}}}{S_T} \times 100\%$$

$$\rho_A = \frac{0,25}{49,50} \times 100\% = 0,51\%$$

$$\rho_B = \frac{0,25}{49,50} \times 100\% = 0,51\%$$

$$\rho_A = \frac{2,25}{49,50} \times 100\% = 12,63\%$$

Telah diketahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kadar ALB yang paling optimal adalah sebagai berikut:

- Faktor A level 1 (tekanan perebusan 2,0 torr)
- Faktor B level 2 (temperature perebusan 105⁰C)
- Faktor C level 1 (waktu perebusan 50 min)

Dari *setting* yang ada di diharapkan hasil produksi CPO menjadi RBDPO yang tidak sesuai dengan standar dapat ditekan seminimal mungkin sesuai target karakteristik yang ingin di capai yaitu *Smaller the Better*.

5. Kesimpulan

Dengan menggunakan metode Taguchi dalam usaha perbaikan kualitas pada PT. Multimas Nabati Asahan, maka dapat di ambil kesimpulan yaitu:

Dalam proses pengendalian kualitas *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* diketahui bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* adalah kadar asam lemak bebas, kadar air dan kadar warna. Sedangkan faktor yang menyebabkan penyimpangan terhadap kualitas *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* yaitu tekanan pada perebusan, temperature perebusan dan waktu pada proses perebusan.

Kombinasi *setting* level yang optimal berdasarkan metode Taguchi adalah sebagai berikut: Kadar ALB Faktor A level 1 (tekanan perebusan 2,0 torr), Faktor B level 2 (temperature perebusan 105⁰C), Faktor C level 1 (waktu perebusan 50 min). Kadar air Faktor A level 1 (tekanan perebusan 2,0 torr), Faktor B level 2 (temperature perebusan 105⁰C), Faktor C level 1 (waktu perebusan 50 min). Kadar warna Faktor A level 2 (tekanan perebusan 3,0 torr), Faktor B level 2 (temperature perebusan 105⁰C), Faktor C level 2 (waktu perebusan 60 min).

Daftar Pustaka

- [1]Ernawati. 2014. Aplikasi Metode Taguchi Dalam Pengendalian Kualitas Produksi, Jurnal Teknosains Vol.8 No 2, Fakultas Teknologi dan Sains, UIN Alauddin Makassar.
- [2]Ginting, Rosnani. 2007. Sistem Produksi,.Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [3]Hartono, M. 2000. Perancangan Kualitas dengan Metode Taguchi, Jurnal Bistek Politeknik Unibraw,8(12).
- [4]Hartono, M. 2001. Quality by Design dengan Metode Taguchi, Konsep dan Perkembangannya, Jurnal Industri Universitas Muhammadiyah Malang.
- [5]Telaumbanua, Adventhinus. 2013. Analisis Pengendalian Kualitas dengan Pendekatan Metode Taguchi Pada PT. Asahan Crumb Rubber, e-Jurnal Teknik Industri.

[6]Suseno. 2013. Analisis Produksi Pada Mesin Speed dengan Pendekatan Taguchi Untuk Mengurangi Cacat Produk di PT. Industri Sandang Nusantara, Jurnal Teknik Industri Vol.3 No.1 Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta.

[7]Soejanto, Irwan. 2009. Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.