

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MELALUI EVALUASI DAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI DENGAN PENDEKATAN METODE CONTROL CHART DAN METODE TAGUCHI

Joko Susetyo¹, M. Yusuf², Ardi Saputro³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, FTI, IST AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 18 Juli 2008, revisi masuk: 7 Nopember 2008, diterima: 8 Januari 2009

ABSTRACT

Quality is the most important thing in business to get more consumers. Quality will be better if those kinds of processes produced with good constancy. Research was held in Coca Cola Bottling Company Indonesia, problems which were emerging are the sweet disposal ($^{\circ}$ Brix) from the product is unstable. Control Chart Method is used to get the condition of production process which is moving, than improvement will be done through Taguchi Method approach. Improvement start from election of factors which influence for those quality's characteristic as well as level value, and than will be basic for the Orthogonal Array election. Result of analysis is processed through noise signal to ratio (SNR) and Analysis of Variance. Based on research, it was got result that is the best setting level for control factor which is influenced to stability sweet disposal value ($^{\circ}$ Brix) are first setting of sweetness disposal simple syrup is 59 $^{\circ}$ Brix, addition of concentrate is 1.25 units, and water disposal is 80 %.

Keywords: *Sweetness Disposal, Control Chart, Taguchi*

INTISARI

Kualitas merupakan suatu hal terpenting dalam usaha untuk mendapatkan konsumen sebanyak-banyaknya. Kualitas akan menjadi baik apabila proses tersebut berjalan dengan konsisten dalam menghasilkan produk. Penelitian dilakukan di PT Coca-Cola Bottling Indonesia, permasalahan yang terjadi adalah kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) dari produk tidak stabil. Metode Peta Kendali (*Control Chart*) digunakan untuk melihat keadaan dari proses produksi yang berjalan, kemudian dilakukan perbaikan melalui pendekatan metode *Taguchi*. Perbaikan berawal dari pemilihan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas tersebut beserta nilai *level*, yang kemudian menjadi dasar dalam pemilihan *Orthogonal Array*. Hasil analisa diolah dengan menggunakan *noise signal to ratio* (SNR) dan *analysis of variance*. Berdasarkan penelitian tersebut didapat hasil bahwa *setting level* terbaik untuk faktor kendali yang berpengaruh terhadap kestabilan nilai kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) adalah pengaturan kadar kemanisan *simple syrup* awal 59 $^{\circ}$ Brix, penambahan *concentrate* sebanyak 1,25 unit, dan kadar air sebanyak 80 %.

Kata kunci : Kadar Kemanisan, Peta Kendali, *Taguchi*

PENDAHULUAN

Industri manufaktur dewasa ini mengalami perkembangan yang sangat pesat, hal ini disebabkan adanya perubahan yang dinamis sehingga kompetisi antar-perusahaan manufaktur menjadi se-makin ketat. Tidak hanya harga yang dijadikan alat persaingan, kualitas produk juga menjadi suatu senjata perusahaan untuk mendapatkan konsumen sebanyak banyaknya. Bahkan saat ini kualitas produk menjadi suatu hal yang sangat

penting dan sangat dijaga. Melihat kenyataan ini, maka perusahaan harus berusaha menghasilkan produk yang benar-benar berkualitas, agar citra produk perusahaan yang melekat pada diri konsumen akan selalu ada dan kepercayaan konsumen akan produk selalu terjaga. Masalah mutu adalah tanggung jawab semua anggota perusahaan.

Produk yang dihasilkan perusahaan manufaktur dalam sebuah proses produksi seringkali tidak semuanya dapat

¹ Email: joko_susetyo@akprind.ac.id.
HP : 08154741216

mencapai standar kualitas yang sudah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi produk cacat yang dapat menyebabkan tidak tercapainya target produksi sesuai jadwal yang sudah ditentukan. Salah satu cara mempertahankan dan meningkatkan mutu produk adalah dengan memperbaiki proses produksi tersebut. Adapun usaha perbaikan proses ini antara lain perbaikan tenaga kerja, perubahan sistem kerja, penggantian mesin yang rusak. Bahkan mencari faktor-faktor yang menimbulkan kerusakan atau kecacatan dari produk tersebut, baik itu faktor luar ataupun faktor dari dalam. Untuk mengetahui adanya suatu fasilitas yang kurang efektif maka evaluasi terhadap fasilitas produksi yang ada sangatlah diperlukan. Tindak lanjut dari evaluasi ini dapat berupa suatu perbaikan terhadap fasilitas tersebut agar nantinya produk yang dihasilkan mempunyai kualitas yang diharapkan oleh manajemen perusahaan.

Perusahaan yang memproduksi minuman *soft drink* dimana kepuasan konsumen menjadi tujuan utamanya. Kepuasan konsumen ini dapat dilihat dari kegemaran konsumen mengkonsumsi produk tersebut. Rasa yang ada pada produk membuat konsumen untuk selalu ingin mengkonsumsinya lagi. Kegemaran dari konsumen inilah yang harus dipertahankan dalam usaha memaksimalkan laba perusahaan. Semakin banyak konsumen yang mengkonsumsi maka semakin banyak pula keuntungan yang dapat diraih oleh perusahaan.

Salah satu cara dalam usaha untuk memuaskan konsumen adalah dengan menghasilkan produk yang berkualitas. Produk berkualitas ini dapat dikatakan sebagai produk yang memenuhi standar perusahaan, baik dari awal sampai akhir proses. Untuk itulah diperlukan suatu pengawasan kualitas di semua tahapan proses. Pengawasan kualitas di PT Co-ca-Cola dibedakan menjadi dua kategori umum yaitu pengawasan mutu isi dan pengawasan mutu kemasan dari produk yang dihasilkan. Pengawasan isi produk meliputi kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) dan kadar karbonasi (CO_2). Sedangkan pengawasan mutu kemasan produk meliputi segala hal yang berkaitan dengan

kemasan produk tersebut, dari penutupan sampai kebersihan botol. Pengawasan mutu terhadap kadar kemanisan menjadi hal yang sangat diutamakan karena menjadi sesuatu yang berpengaruh terhadap rasa dari produk. Kadar kemanisan di sini merupakan kadar gula yang terlarut dengan satuan derajat *brix* ($^{\circ}$ Brix). Semakin tinggi derajat *brix*-nya maka semakin manis pula rasa yang dihasilkan. (Anonim, 2005)

Untuk itu perlu dilakukan evaluasi terhadap kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) produk jadi secara statistik kemudian melakukan perbaikan pada proses pembuatan sirup dengan menentukan *setting level* terbaik dari faktor-faktor yang terkait agar nantinya kadar kemanisan dari sirup yang dihasilkan dapat menjadi lebih stabil.

Analisis ini dilakukan dengan tujuan memonitor untuk selanjutnya memperbaiki kinerja proses produksi terhadap karakteristik mutu yang terkandung dalam produk jadi, dalam hal ini karakteristik mutu yang dimaksud adalah kadar kemanisan minuman. Kemudian mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik mutu tersebut serta menentukan *setting level* terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas produk.

Dalam suatu proses sering terjadi adanya penyimpangan yang disebabkan oleh adanya variasi-variasi sehingga produk yang diharapkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pada dasarnya variasi-variasi tersebut terjadi karena sumber-sumber yang tidak diinginkan. *Control Chart* (Peta Kendali) adalah untuk menghilangkan variasi tak normal yang disebabkan oleh penyebab khusus (*special cause variation*) dari variasi yang disebabkan oleh penyebab umum (*common cause variation*) (Ariani, 2004). Peta kendali merupakan teknik pengendalian suatu proses agar dapat berjalan dengan produktivitas yang tinggi dan memberikan output yang sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang diinginkan manajemen (Douglas, 1990).

Taguchi menekankan bahwa cara terbaik untuk meningkatkan kualitas adalah merancang kualitas kedalam produk yang dimulai sejak tahap desain pro-

duk. Kualitas yang rendah tidak dapat diperbaiki dengan proses inspeksi atau pemeriksaan (*inspection*) dan penyaringan (*screening*). Masalah pengendalian kualitas modern tidak lagi didominasi oleh aktifitas-aktifitas pengendalian proses dan inspeksi, tetapi sudah harus dimulai pada tahap yang lebih awal yaitu tahap desain produk (Ross, 1996).

1. Fungsi Kerugian Mutu (*Quality Loss Function*). Untuk mengetahui besarnya kerugian akibat dari produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan salah satu cara adalah dengan melakukan pengukuran fungsi kerugian kualitas (QLF). Fungsi kerugian kualitas dapat ditunjukkan dalam rumus kuadrat sederhana yaitu :

$$L(y) = k \cdot D^2 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- L(y) = kerugian
- k = konstanta
- D = deviasi kuadrat dari nilai target

Akan tetapi di dalam kenyataannya, bila mutu suatu produk semakin dekat dengan nilai target, maka mutu yang dihasilkan semakin baik dan kerugian yang dirasakan akan semakin kecil, semakin jauh dari nilai target maka kerugian akan semakin besar. Hal ini dapat dijelaskan dengan kuadrat *Loss Function* yang dipelopori oleh Taguchi (Nurhastuti, 2004). Taguchi menggolongkan fungsi kerugian kuadrat menjadi tiga jenis yaitu (Balevandrum, 1995) :

a. *Nominal the Best*

Jenis ini digunakan bilamana karakteristik mutu mempunyai nilai target tertentu, biasanya bukan nol dan kerugian mutunya simetrik pada kedua sisi target. Persamaan fungsi kerugian mutu kuadrat jenis ini dirumuskan sebagai berikut :

$$L(y) = k(y-m)^2 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- y= nilai respon dari karakteristik mutu
- m= nilai target dari karakteristik mutu
- k= koefisien biaya

b. *Smaller the Better*

Jenis ini digunakan bilamana karakteristik mutunya tidak negatif, idealnya nol, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$L(y) = ky^2 \dots\dots\dots (3)$$

c. *Larger the Better*

Fungsi ini digunakan bilamana karakteristik mutu yang dituju semakin besar nilainya semakin baik (misalnya keandalan, kekuatan) dan dirumuskan sebagai berikut :

$$L(y) = k \left(\frac{1}{y} \right)^2 \dots\dots\dots (4)$$

Fungsi kerugian mutu ini dapat ditransformasikan menjadi nilai signal-to-noise-ratio (SNR). Mutu produk atau proses akan semakin baik jika nilai SNR semakin tinggi. Taguchi menggunakan SNR ini sebagai alat utama untuk menentukan rancangan parameter yang optimal.

2. *Signal Noise to Ratio (SNR)*

Taguchi memperkenalkan pendekatan *S/N ratio* untuk meneliti pengaruh faktor noise terhadap variasi yang timbul. Jenis dari *S/N ratio* tergantung pada karakteristik yang diinginkan, yaitu :

a. *Small the better (STB)*

Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Nilai untuk jenis karakteristik STB :

$$S/N_{STB} = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots (5)$$

Dengan : n = jumlah tes didalam percobaan (trial)
y_i = nilai percobaan ke-i

b. *Large the better (LBT)*

Karakteristik kualitas dimana semakin besar nilainya, maka semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik LTB adalah :

$$S/N_{LBT} = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{y_i} \right)^2 \right] \dots\dots (6)$$

c. *Nominal the best (NTB)*

Karakteristik kualitas dimana ditetapkan suatu nilai nominal tertentu, jika nilainya semakin mendekati nilai nominal tertentu tersebut maka kualitasnya semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik NTB :

$$S/N_{NTB} = 10 \log \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \dots\dots (7)$$

$$\text{Dengan : } \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \dots\dots\dots (8)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \dots\dots\dots (9)$$

3. Matrik Orthogonal (*Orthogonal Array*)
Orthogonal Array adalah suatu matrik yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom (Haryono, 20-00). Matrik standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Matrik ini sangat efisien untuk mencari informasi tentang perancangan parameter secara serentak. Dimana efek tiap faktor dapat dicari dengan rumus:

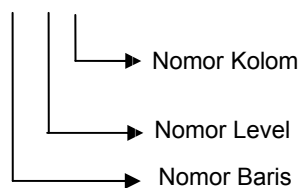
$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} \left(\sum \eta_0 \right) \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

- 0 = nomor eksperimen yang akan mempunyai *level* yang sama.
- a = jumlah munculnya tiap *level* faktor dalam suatu kolom matrik *orthogonal*.
- η = SNR yang digunakan.

Penentuan matrik *orthogonal* yang dipakai bergantung pada derajat bebas (*degree of freedom*), banyaknya faktor yang digunakan, *level* faktor yang digunakan, resolusi dan biaya. Derajat bebas dihitung dari banyaknya *level* dikurangi 1 pada masing-masing faktor. Resolusi menunjukkan banyaknya kolom yang berisi dari interaksi faktor. Tabel *Orthogonal Array* yang dipilih harus mempunyai jumlah baris minimum yang tidak boleh kurang dari jumlah derajat bebas totalnya. (Haryono, 2000).

$L_8 (2^7)$



Gambar 1. Notasi Matrik *Orthogonal Array*

- a. Notasi L, menyatakan informasi mengenai *Orthogonal Array*
- b. Nomor Baris, Menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *Orthogonal Array*
- c. Nomor *Level*, Menyatakan jumlah *level* faktor
- d. Nomor Kolom, Menyatakan jumlah faktor yang diamati dalam *Orthogonal Array*

4. *Analysis of Variance (ANOVA)*

Analysis of variance pada metode *Taguchi* digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. *Analysis of Variance* adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. *Analisis varians* yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi model dapat ditentukan (Supriyanto, 2004).

Pada analisis ANOVA, sifat taraf tiap faktor yang tetap, artinya taraf untuk masing-masing faktor tetap banyaknya dan seluruhnya digunakan dalam eksperimen. Sebagai contoh pada analisis variansi dengan eksperimen faktorial a x b (dwi faktorial), apabila hanya mempunyai a buah taraf faktor A dan hanya b buah taraf B dan semuanya digunakan dalam eksperimen yang dilakukan, maka model yang dipakai adalah model tetap. Model yang dipakai adalah :

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + F_n + \sum_{k(m)} \dots\dots\dots (11)$$

Dengan :

- i = 1,2,...,a
- j = 1,2,...,b
- k = 1,2,...,n

Y_{ijklmn} = variabel respon hasil observasi ke-k yang terjadi karena pengaruh bersamaa taraf faktor A, taraf ke-jj faktor B, taraf ke-k faktor C, taraf ke-l faktor D, taraf ke-m faktor E, taraf ke-n faktor F.

μ = rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

A = efek taraf ke-i faktor A

B = efek taraf ke-j faktor B

- C = efek taraf ke-k faktor C
- D = efek taraf ke-l faktor D
- E = efek taraf ke-m faktor E
- F = efek taraf ke-n faktor F
- $\sum_{k(in)}$ = efek setiap eksperimen ke-k dalam kombinasi perlakuan (in).

5. Uji F Pada *Analisis of Variance*

Untuk mengetahui ada atau tidaknya efek yang signifikan pada masing-masing faktor pada respon yang diamati, maka perlu dilakukan uji-F pada analisis variansi dengan langkah-langkah :

- a) Menyatakan hipotesis
- b) Menentukan taraf keberartian (α)
- c) Kriteria pengujian
 H_0 diterima apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$
 H_0 ditolak apabila $F_{hitung} \leq F_{tabel}$
- d) Perhitungan F_{ratio}

$$F = \frac{\text{VarianceBetweenMean}}{\text{VarianceWithinGroup}}$$

- e) Kesimpulan
Menerima atau menolak H_0 dengan membandingkan F_{ratio} dengan F_{tabel} jika :
 $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka faktor tersebut tidak mempengaruhi proses
 $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka faktor tersebut mempengaruhi proses

PEMBAHASAN

Data yang diambil adalah data variabel, yaitu kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) dari produk minuman merk *Sprite* kemasan botol 295 ml dan standar parameter kadar kemanisan sesuai kebijaksanaan perusahaan. Pengukuran kadar kemanisan dilakukan dengan menggunakan alat *Density Meter (DMA 4500 Anton Paar)*.

Adapun parameter kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) dari produk *Sprite* kemasan botol 295 ml yang telah ditetapkan perusahaan adalah $12,50 \pm 0,1$.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kadar $^{\circ}$ Brix

| No. | Kadar Kemanisan ($^{\circ}$ Brix) | | | | x-bar | R |
|-------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|
| 1 | 12,49 | 12,44 | 12,53 | 12,52 | 12,50 | 0,09 |
| 2 | 12,48 | 12,47 | 12,52 | 12,52 | 12,50 | 0,05 |
| 3 | 12,50 | 12,46 | 12,53 | 12,51 | 12,50 | 0,07 |
| 4 | 12,45 | 12,46 | 12,48 | 12,49 | 12,47 | 0,04 |
| 5 | 12,47 | 12,51 | 12,48 | 12,48 | 12,49 | 0,04 |
| 6 | 12,51 | 12,48 | 12,45 | 12,49 | 12,48 | 0,06 |
| 7 | 12,49 | 12,44 | 12,47 | 12,51 | 12,48 | 0,07 |
| 8 | 12,50 | 12,46 | 12,44 | 12,51 | 12,48 | 0,07 |
| 9 | 12,44 | 12,44 | 12,47 | 12,45 | 12,45 | 0,03 |
| 10 | 12,52 | 12,48 | 12,47 | 12,50 | 12,49 | 0,05 |
| 11 | 12,51 | 12,49 | 12,45 | 12,52 | 12,49 | 0,07 |
| 12 | 12,47 | 12,44 | 12,43 | 12,43 | 12,44 | 0,04 |
| 13 | 12,52 | 12,44 | 12,47 | 12,44 | 12,47 | 0,08 |
| 14 | 12,51 | 12,52 | 12,47 | 12,47 | 12,49 | 0,05 |
| 15 | 12,50 | 12,46 | 12,47 | 12,47 | 12,48 | 0,04 |
| 16 | 12,49 | 12,47 | 12,46 | 12,48 | 12,48 | 0,03 |
| 17 | 12,50 | 12,46 | 12,46 | 12,52 | 12,49 | 0,06 |
| 18 | 12,49 | 12,48 | 12,48 | 12,50 | 12,49 | 0,04 |
| 19 | 12,51 | 12,48 | 12,46 | 12,52 | 12,49 | 0,06 |
| 20 | 12,50 | 12,48 | 12,49 | 12,51 | 12,50 | 0,03 |
| 21 | 12,52 | 12,49 | 12,47 | 12,59 | 12,52 | 0,05 |
| 22 | 12,45 | 12,48 | 12,46 | 12,49 | 12,47 | 0,04 |
| 23 | 12,51 | 12,50 | 12,46 | 12,49 | 12,49 | 0,05 |
| 24 | 12,44 | 12,46 | 12,55 | 12,49 | 12,49 | 0,11 |
| 25 | 12,49 | 12,47 | 12,50 | 12,49 | 12,49 | 0,03 |
| Total | | | | | 312,10 | 1,35 |

Sumber : data perhitungan

Setelah dilakukan studi di lapangan dan studi literatur dengan tujuan untuk lebih memahami proses produksi dan mengenali faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas produk, kemudian dilakukan persiapan untuk melakukan eksperimen dengan terlebih dahulu merancang eksperimen yang akan dilakukan.

Proses perancangan eksperimen dengan metode *Taguchi* secara umum dibagi menjadi 3 tahap, yaitu tahap perancangan eksperimen, tahap pelaksanaan eksperimen dan tahap analisis hasil eksperimen.

a. Tahap Perancangan Eksperimen

Merupakan tahap penyedia informasi yang dibutuhkan dalam eksperimen. Tahapan ini terdiri dari beberapa langkah yang harus dilakukan, yaitu :

- 1) Perumusan Masalah. Bagaimana melakukan perbaikan pada proses pembuatan sirup dengan menentukan *setting level* terbaik dari faktor-faktor yang terkait agar nantinya kadar kemanisan dari sirup yang dihasilkan dapat menjadi lebih stabil.
- 2) Pemilihan karakteristik mutu. Karakteristik mutu yang diukur pada penelitian ini adalah kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) dari produk merk *Sprite* kemasan botol 295 ml. Sedangkan fungsi objektif yang akan dituju adalah *Nominal the Best (NTB)*.
- 3) Mengidentifikasi faktor-faktor. Tahap ini merupakan tahap pengidentifikasian dan pemilihan faktor-faktor yang mungkin berpengaruh terhadap kualitas produk. Faktor-faktor ini merupakan variabel bebas dari eksperimen. Pada tahap ini dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan, studi lapangan dan studi literatur untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik mutu kadar kemanisan pro-

duk dan selanjutnya memilih faktor-faktor tersebut untuk selanjutnya digunakan sebagai variabel bebas dari eksperimen.

Dalam penelitian ini faktor-faktor yang teridentifikasi mempengaruhi kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) adalah temperatur air, kadar kemanisan *simple syrup*, *concentrate*, kadar air.

- 4) Menentukan faktor kontrol dan faktor gangguan. Faktor kontrol merupakan faktor yang dapat diatur atau dikendalikan, sedangkan faktor gangguan adalah faktor yang tidak dapat diatur atau dikendalikan. Pada penelitian ini semua faktor yang teridentifikasi adalah faktor kontrol.
- 5) Penentuan jumlah *level* dan nilai *level*. Penentuan jumlah *level* mempunyai peranan penting karena berkaitan dengan ketelitian hasil percobaan dan ongkos percobaan. *Level* faktor dapat dinyatakan secara kuantitatif seperti suhu awal 20 $^{\circ}$ C, 23 $^{\circ}$ C, dan 25 $^{\circ}$ C serta dapat juga dinyatakan secara kuantitatif seperti rendah dan tinggi. Pada penelitian ini semua faktor dinyatakan dengan tiga *level*, sedangkan nilai *level* ditentukan berdasarkan kebijakan perusahaan.
- 6) Pemilihan *Orthogonal Array*
 Pada penelitian ini pemilihan matrik *orthogonal array* didasarkan pada identifikasi faktor-faktor, jumlah variabel atau faktor dan jumlah nilai *level* dari faktor tersebut. Karena jumlah perlakuan tiap faktor ada tiga nilai *level* maka rancangan *orthogonal array* yang digunakan adalah *orthogonal array* tiga *level* sehingga matrik rancangan yang dipilih dalam penelitian ini adalah $L_9(3)^4$ seperti tabel 3.

Tabel 2. Nilai *Level* Faktor

| Faktor | Level 1 | Level 2 | Level 3 |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Temperatur Air | 20 $^{\circ}$ C | 23 $^{\circ}$ C | 25 $^{\circ}$ C |
| Kadar kemanisan <i>simple syrup</i> | 58 $^{\circ}$ Brix | 59 $^{\circ}$ Brix | 60 $^{\circ}$ Brix |
| <i>Concentrate</i> | 0.75 unit | 1 unit | 1.25 unit |
| Kadar Air | 75 % | 80 % | 85 % |

1 unit *concentrate* = 22 kg

Tabel 3. *Orthogonal Array* $L_9(3)^4$

| Exp. | A | B | C | D |
|------|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 |

Sumber : (Ross, 1996)

- 7) Penentuan jumlah *replikasi*. Replikasi dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan percobaan dan meningkat-

kan ketelitian data percobaan. Dalam penelitian ini, replikasi dilakukan sebanyak dua kali dengan pertimbangan keterbatasan waktu dan biaya.

- b. Tahap Pelaksanaan Eksperimen merupakan tahap pengumpulan data-data hasil eksperimen dari rancangan-rancangan parameter berdasarkan matrik *orthogonal array* yang telah dipilih.

Data hasil eksperimen terhadap karakteristik kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) dari rancangan-rancangan parameter berdasarkan matrik $L_9(3^4)$ (dua *replikasi*).

Tabel 4. Data Hasil Eksperimen

| Exp. | A | B | C | D | R ₁ | R ₂ | \bar{R} |
|------|---|---|---|---|----------------|----------------|-----------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12.47 | 12.51 | 12.49 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 12.59 | 12.55 | 12.57 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 12.42 | 12.41 | 12.42 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 12.39 | 12.43 | 12.41 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 12.58 | 12.59 | 12.59 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 12.51 | 12.49 | 12.50 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 12.50 | 12.51 | 12.51 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 | 12.48 | 12.53 | 12.51 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 12.60 | 12.57 | 12.59 |

Sumber : data perhitungan

- c. Tahap Analisis Hasil Eksperimen.

- 1) Perhitungan *Signal To Noise Ratio* (SNR). Berdasarkan target kualitas yang ingin dicapai yaitu menuju suatu nilai tertentu sesuai dengan parameter yang diinginkan perusahaan, maka untuk perhitungan SNR digunakan rumus :

$$\eta = 10 \text{ Log } \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right]$$

$$\text{Dengan : } \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

Keterangan :

n = jumlah eksperimen

y = data nilai kadar kemanisan pada percobaan

Hasil selengkapnya untuk perhitungan *signal to ratio* ke sembilan percobaan disajikan dalam tabel 5.

- 2) Perhitungan Efek Tiap Faktor. Perhitungan efek tiap faktor dapat dilakukan terhadap rerata maupun terhadap nilai SNR, dengan menggunakan rumus :

- a) Efek faktor terhadap nilai SNR

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} \left(\sum \eta_o \right)$$

Keterangan :

o = nomor eksperimen yang akan mempunyai level yang sama.

A = jumlah munculnya tiap *level* faktor dalam suatu kolom matrik *orthogonal*

η = SNR yang digunakan.

- b) Efek Faktor Terhadap Nilai Rerata

$$\text{Efek rerata faktor} = \frac{1}{a} \left(\sum X_o \right)$$

Keterangan :

0 = nomor eksperimen yang mempunyai level yang sama

a = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matrik ortho-

gonal
X = nilai rerata yang digunakan

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Signal Noise to Ratio*

| No Eksp. | Faktor Kendali | | | | SNR |
|----------|----------------|---|---|---|---------|
| | A | B | C | D | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 55.9107 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 55.9661 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 64.8927 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 55.8548 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 65.0108 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 61.9382 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 64.9555 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 | 53.8160 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 58.0211 |

Sumber : data perhitungan

3) Perhitungan ANOVA (*Analysis of Variance*). Perhitungan ANOVA untuk SNR dilakukan dengan mengestimasi efek tiap faktor kendali dari karakteristik-karakteristik yang diamati.

Iterasi dihentikan pada iterasi 1, dan didapatkan bahwa semua faktor yang di-*pooling* menunjukkan tidak ada faktor yang signifikan dalam mempengaruhi variasi kadar kemanisan produk.

Tabel 6. Hasil perhitungan efek dari nilai tiap faktor

| | Faktor Kendali | | | |
|----------------|----------------|---------|---------|---------|
| | A | B | C | D |
| Level 1 | 58.9283 | 58.9070 | 57.2216 | 59.6475 |
| Level 2 | 60.9346 | 58.2643 | 56.6140 | 60.9533 |
| Level 3 | 58.9309 | 61.6173 | 64.9530 | 58.1878 |
| Perbedaan | 2.0063 | 3.3530 | 8.3390 | 2.7655 |
| Ranking | 4 | 2 | 1 | 3 |

Sumber : data perhitungan

d. Kesimpulan hipotesis

- 1) Faktor B (kadar kemanisan *simple syrup*). H_0 ditolak, berarti ada pengaruh yang signifikan antara pengaturan kadar kemanisan *simple syrup* awal terhadap kadar kemanisan produk jadi.
- 2) Faktor C (*concentrate*). H_0 ditolak, berarti ada pengaruh yang signifi-

kan antara jumlah *concentrate* yang ditambahkan terhadap kadar kemanisan produk jadi.

- 3) Faktor D (kadar air). H_0 ditolak, berarti pengaruh yang signifikan antara kadar air yang terkandung terhadap kadar kemanisan produk jadi.

Tabel 7. Hasil perhitungan efek dari rerata tiap faktor

| | Faktor Kendali | | | |
|----------------|----------------|-------|-------|-------|
| | A | B | C | D |
| Level 1 | 12.49 | 12.47 | 12.50 | 12.56 |
| Level 2 | 12.50 | 12.56 | 12.52 | 12.53 |
| Level 3 | 12.54 | 12.50 | 12.51 | 12.45 |
| Perbedaan | 0.05 | 0.09 | 0.02 | 0.11 |
| Ranking | 3 | 2 | 4 | 1 |

Sumber : data perhitungan

Tabel 8. Ringkasan Hasil Perhitungan ANOVA

| Faktor | SS | df | Mq |
|--------|------------|----|---------|
| A | 8.0608 | 2 | 4.0304 |
| B | 19.0017 | 2 | 9.5009 |
| C | 129.6820 | 2 | 64.8410 |
| D | 11.4833 | 2 | 5.7417 |
| error | 0.0005 | 0 | 0 |
| St | 168.2282 | 8 | |
| Mean | 31965.3754 | 1 | |
| SST | 32133.6036 | 9 | |

Sumber : data perhitungan

Pemilihan faktor yang diperkirakan paling berpengaruh terhadap rataan dan variansi karakteristik kualitas dilakukan dengan melihat nilai dari *signal to noise ratio* (SNR). Metode lain yang juga dilakukan adalah dengan menggunakan analisis variansi yang digunakan untuk menganalisa eksperimen secara statistik yaitu :

a. Berdasarkan Analisis Variansi

Dari tabel 8 dapat diketahui bahwa secara statistik faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap nilai kadar kemanisan produk adalah faktor B, C, dan D. Dari ketiga faktor tersebut dapat dilihat bahwa nilai-nilai dari statistik hitungnya (F_{hitung}) adalah lebih kecil dari nilai statistik tabel (F_{tabel}). Sedangkan untuk faktor A yaitu temperatur air mempunyai pengaruh tetapi kurang signifikan terhadap nilai kadar kemanisan produk.

Analisis variansi dalam perhitungan yang dilakukan pada ukuran nilai SNR. Dari ukuran nilai ini dapat diketahui bahwa ketiga faktor tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap nilai variansi yang ditunjukkan oleh nilai SNR. Dari perhitungan ANOVA yang ditabelkan dalam tabel 8 dapat diperkuat statemen bahwa secara statistik ketiga faktor yang telah diidentifikasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, sehingga dapat digunakan untuk menentukan level dari faktor mana yang akan digunakan sebagai usulan perbaikan.

b. Berdasarkan Nilai *Percent Contribution* (P). *Percent contribution* merupakan penilaian porsi masing-masing faktor yang signifikan terhadap total variansi yang diamati. *Percent contri-*

bution merupakan fungsi dari *sum of square* (SS) faktor-faktor yang signifikan terhadap rata-rata karakteristik kualitas. Juga merupakan indikasi kekuatan relatif dalam mereduksi variasi, sebab jika faktor dapat dikontrol maka total variasi dapat dikurangi dengan melihat *percent contribution*.

Dari tabel 10 dapat di lihat bahwa :

- 1) *Percent contribution* untuk *error* sebesar 11,2946 % lebih kecil dari 15 % yang berarti tidak ada faktor yang berpengaruh terabaikan selama eksperimen dilakukan.
- 2) *Percent contribution* untuk faktor yang terbesar adalah faktor C sebesar 77,0864 %, artinya faktor C adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai variasi kadar kemanisan produk minuman.
- 3) *Percent contribution* untuk faktor yang terkecil adalah faktor D sebesar 6,8254 %, artinya faktor D adalah faktor yang pengaruhnya paling kecil terhadap nilai variasi kadar kemanisan produk minuman diantara faktor yang lain.

Berdasarkan perhitungan data yang telah dilakukan diketahui bahwa faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kadar kemanisan minuman adalah kadar kemanisan *simple syrup* awal (B), *concentrate* (C), dan kadar air (D). Pemilihan *level* untuk setiap faktor yang berpengaruh tersebut yaitu dengan melihat efek faktor terbesar dari nilai SNR. Sedangkan untuk faktor yang tidak berpengaruh secara signifikan, pemilihan *level* dapat dilakukan dengan *setting level* dari standar perusahaan karena tidak terlalu berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik kualitas kadar kemanisan produk minuman jadi.

Tabel 9. Hasil *Pooled Parsial* 1 Iterasi 1

| Faktor | Pooled | SS | df | Mq | F hitung |
|-----------------|--------|------------|----|---------|----------|
| A | Y | 8.0608 | 2 | 4.0304 | - |
| B | | 19.0017 | 2 | 9.5009 | 2.3571 |
| C | | 129.6820 | 2 | 64.8410 | 16.0868 |
| D | | 11.4833 | 2 | 5.7417 | 1.4245 |
| error | Y | 0.0005 | 0 | 0 | - |
| <i>Pooled e</i> | | 8.0613 | 2 | 4.0307 | 1 |
| St | | 168.2282 | 8 | | |
| Mean | | 31965.3754 | 1 | | |
| SST | | 32133.6036 | 9 | | |

Sumber : data perhitungan

Tabel 10. Hasil Perhitungan Anova Terhadap Nilai SNR

| Faktor | SS | df | Mq | SS' | P % | F hitung | F Tabel |
|-----------------|------------|----|---------|----------|----------|----------|---------|
| B | 19.0017 | 2 | 9.5009 | 19.0017 | 11.2946% | 2.3571 | 19.00 |
| C | 129.6820 | 2 | 64.8410 | 129.6820 | 77.0864% | 16.0868 | 19.00 |
| D | 11.4833 | 2 | 5.7417 | 11.4833 | 6.8254% | 1.4245 | 19.00 |
| <i>Pooled e</i> | 8.0613 | 2 | 4.0307 | 8.0613 | 4.7919% | 1 | 19.00 |
| St | 168.2282 | 8 | 21.0285 | 168.2282 | 99.9983% | - | |
| Mean | 31965.3754 | 1 | | | | | |
| SST | 32133.6036 | 9 | | | | | |

Sumber : data perhitungan

- Faktor B (Kadar Kemanisan *Simple Syrup Awal*). Pada faktor B, nilai SNR tertinggi didapatkan pada *level* 3 (60 °Brix). Nilai SNR ini konsisten terhadap variansi. Karena kasusnya *nominal the best* maka hasil yang lebih baik adalah respon kadar kemanisan yang mendekati nilai 12,50 °Brix. Faktor B ini mempengaruhi variansi (yang ditunjukkan oleh nilai SNR). Jadi untuk faktor B dipilih *setting level* untuk kadar kemanisan *simple syrup awal* sebesar 60 °Brix.
- Faktor C (*Concentrate*). Pada faktor C, nilai SNR tertinggi didapatkan pada *level* 3 (1,25 unit). Nilai SNR ini konsisten terhadap variansi. Karena kasusnya *nominal the best* maka hasil yang lebih baik adalah respon kadar kemanisan yang mendekati nilai 12,50 °Brix. Faktor C ini mempengaruhi variansi (yang ditunjukkan oleh nilai SNR). Jadi untuk faktor C dipilih *setting level* untuk *concentrate* sebesar 1,25 unit.
- Faktor D (Kadar Air). Pada faktor D, nilai SNR tertinggi didapatkan pada *level* 2 (80 %). Nilai SNR ini konsisten terhadap variansi. Karena kasusnya *nominal the best* maka hasil yang lebih baik adalah respon kadar kemanisan yang mendekati nilai 12,50 °Brix.

Faktor D ini mempengaruhi variansi (yang ditunjukkan oleh nilai SNR). Jadi untuk faktor D dipilih *setting level* untuk kadar air sebesar 80 %.

Pemilihan *level* pengaturan faktor didasarkan pada nilai efek SNR dari masing-masing faktor yang diteliti. Nilai efek SNR dari *level* faktor yang memaksimalkan *signal noise to ratio* yang dipilih untuk dijadikan *level* faktor usulan. Sehingga faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kadar kemanisan produk minuman jadi adalah kadar kemanisan *simple syrup awal*, *concentrate*, dan kadar air.

Adapun *setting level* terbaik dari faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan untuk menghasilkan kadar kemanisan produk minuman jadi yang mendekati target dengan variasi yang relatif kecil adalah

- Kadar kemanisan *simple syrup awal* pada *level* 3 yaitu 60 °Brix
- Concentrate* pada *level* 3 yaitu 1,25 unit
- Kadar air pada *level* 2 yaitu 80 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pelaksanaan eksperimen serta analisis dan pembahasan yang telah dilaksanakan, dapat diambil suatu kesimpulan bahwa,

faktor–faktor yang dianggap berpengaruh terhadap karakteristik mutu yang memberikan pengaruh signifikan pada tingkat kestabilan nilai kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) produk jadi adalah kadar kemanisan *simple syrup* awal, *concentrate*, kadar air. Penentuan parameter yang optimal untuk proses produksi adalah dengan menentukan *setting level* dari faktor–faktor di atas, yaitu dengan pengaturan kadar kemanisan *simple syrup* awal pada *level* 3 (60° Brix), penambahan *concentrate* pada *level* 3 (1,25 unit), dan kadar air pada *level* 2 (80 %).

Dari hasil pelaksanaan eksperimen dapat diketahui bahwa penyebab utama terjadinya ketidakstabilan nilai kadar kemanisan yaitu tidak diaturnya kadar kemanisan *simple syrup* awal, penambahan *concentrate*, dan kadar air. Setelah didapat parameter optimal yang telah terpilih, maka diharapkan dapat menjadi penyelesaian permasalahan bagi perusahaan agar nilai kadar kemanisan ($^{\circ}$ Brix) produk jadi dapat lebih stabil dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2005, *Petunjuk Standart Mutu dan Dokumentasi Finish Syrup*, PT

Coca-Cola Bottling Indonesia Central Java.

Ariani, D. W., 2004, *Pendekatan Kualitas Dalam Manajemen Kualitas*, Andi, Yogyakarta.

Balevandrum, N., 1995, *Quality by Design: Taguchi Technics for Industrial Experimentation*, First Edition, Prentice Hall, London.

Douglas, C. M., 1990, *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Haryono, 2000, *Desain Eksperimen Untuk Peningkatan Mutu (Quality Engineering) Taguchi Method*, Modul Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Nurhastuti, E., 2004, *Aplikasi Metode Taguchi Untuk Perbaikan Proses Produksi Gerabah*, Institut Sains & Teknologi Akprind, Yogyakarta (tidak dipublikasikan).

Ross, J. P., 1996, *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, Mc Graw Hill, New York.

Supriyanto, H., 2004, *Perbaikan Proses Pembuatan Tow Dengan Pendekatan Six Sigma*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.