

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Proses Pembuatan Kecap

Kecap dibuat dengan bahan baku rempah-rempah, garam, *benzoat*, air, kedelai dan gula. Pertama-tama yang harus dilakukan adalah membuat taosinya. Pembuatan taosi dilakukan terlebih dahulu karena memakan waktu yang agak lama untuk prosesnya, yaitu sekitar 4-6 minggu. Tahap-tahapnya adalah sebagai berikut: kedelai ditimbang sesuai dengan kebutuhan dan dicuci, kemudian dicampur dengan air dan direbus. Rebusan kedelai tersebut kemudian disaring dan diambil kedelainya. Kedelai tersebut kemudian dijamurkan dan dikeringkan selama kurang lebih 1 minggu. Kedelai yang sudah berjamur tersebut dibersihkan dari jamurnya, lalu direbus dengan air garam dan disimpan selama 3 minggu. Setelah kedelainya selesai mengalami proses menjadi taosi dan dicampur dengan benzoat, maka proses pembuatan kecap baru dapat dimulai. Bahan baku kecap yang lainnya seperti rempah-rempah, garam serta gula dicampur dan direbus bersamaan dengan taosi untuk kemudian menjadi kecap. *Operation Process Chart* (OPC) kecap dapat dilihat pada lampiran 1.

2.2. Arti Kualitas

Bicara tentang definisi dari kualitas sangat banyak dan beragam, tetapi dari bermacam-macam definisi tersebut mempunyai inti yang sama yaitu bahwa definisi mengenai kualitas ditentukan oleh para pemakai produk/jasa yaitu konsumen. Beberapa pakar kualitas yang ada mempunyai definisi yang berbeda pula tentang kualitas, contohnya: W. Edwards Deming mendefinisikan “perbaikan berkesinambungan (*continuous improvement*)”, Joseph M. Juran mendefinisikan “cocok untuk digunakan (*fit for use*)”, Philip Crosby mendefinisikan “kesesuaian dengan persyaratan”, dan Kaoru Ishikawa mendefinisikan “produk-produk yang paling ekonomis, paling berguna dan selalu memuaskan konsumen. Sedangkan masyarakat Amerika mendefinisikan kualitas dari manfaat yang diperoleh konsumennya untuk setiap dollar yang dikeluarkan, berbeda juga dengan

pendefinisian yang dilakukan oleh orang-orang Eropa yang lebih menekankan pada kualitas yang dilekatkan pada produk-produk mereka.

Secara umum yang dimaksud dengan kualitas adalah kesesuaian produk terhadap spesifikasi yang diharapkan oleh konsumen sebagai pemakai produk, sehingga konsumen merasakan kepuasan dari produk yang dipakainya. Kualitas produk biasanya diukur berdasarkan dari karakteristiknya. Hal tersebut disebabkan karakteristik produk merupakan gambaran mengenai keinginan dan harapan dari konsumen terhadap produk tersebut. Contoh dari karakteristik produk adalah bahan bakar kendaraan bermotor yang ekonomis, berat dari kemasan produk sereal. Kualitas suatu produk sangat berhubungan erat dengan kerugian yang harus ditanggung oleh konsumen sebagai pemakai, disebabkan oleh siklus pemakaian dan daya “hidup” produk yang menyebabkan kualitas produk tersebut mengalami penurunan seiring dengan waktu. Produk yang mempunyai kualitas tinggi akan meminimalkan kerugian, dalam arti kerugian yang ditanggung oleh konsumen tetap ada tetapi sedikit. Lain halnya jika produk tersebut mempunyai kualitas yang rendah, sudah pasti kerugian yang ditanggung oleh konsumen sangatlah besar. Dan hal tersebut akan dapat mempengaruhi kepercayaan konsumen terhadap produk tersebut.

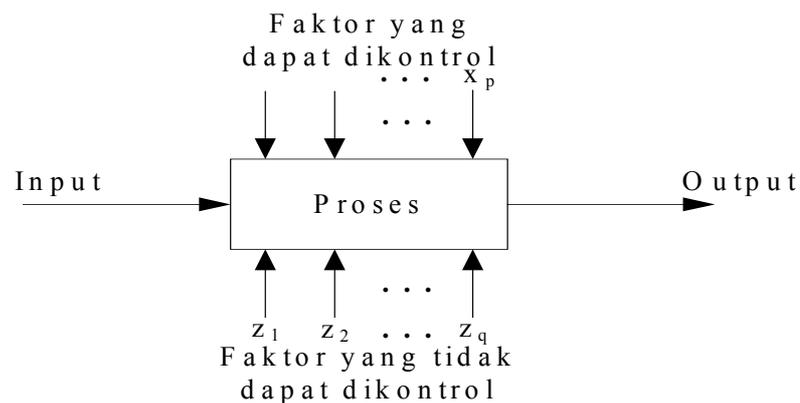
2.3. Desain Eksperimen

Di suatu industri, penggunaan dari desain eksperimen ini sangat banyak antara lain untuk meneliti proses secara sistematis atau variabel produk yang dapat mempengaruhi kualitas produk. Setelah mengidentifikasi kondisi suatu proses dan komponen produk yang dapat mempengaruhi kualitas produk, maka langkah selanjutnya adalah melakukan usaha peningkatan perbaikan secara langsung terhadap produk manufaktur, kualitas dan *performance*-nya. Sebagai contoh dalam proses pembuatan besi cor telah ditentukan faktor-faktor yang berpengaruh yaitu kecepatan penuangan dan lama pemanasan sedangkan levelnya juga sudah ditentukan, maka desain eksperimen akan sangat membantu untuk mengkombinasikan antara kedua faktor tersebut dengan level-levelnya, sehingga dapat ditentukan kombinasi yang optimal untuk mengurangi kecacatan.

Desain eksperimen adalah suatu percobaan yang dilakukan secara berurutan dengan mengubah-ubah variabel input dalam suatu proses sehingga kita dapat melihat dan mengidentifikasi perubahan yang terjadi pada variabel output.

Tujuan dari desain eksperimen:

- Menentukan variabel-variabel mana yang berpengaruh terhadap proses.
- Menentukan dimana suatu X yang berpengaruh harus diset agar Y hampir selalu berada didekat harga nominal yang diinginkan.
- Menentukan dimana X yang berpengaruh harus diset agar variabilitas dalam Y bisa sekecil mungkin.
- Menentukan dimana X yang berpengaruh harus diset agar pengaruh variabel tidak terkendali Z dapat diminimalkan.



Gambar 2.1. Model Umum dari Suatu Proses/Sistem

Hasil dari penggunaan dan pengaplikasian desain eksperimen di dunia industri antara lain adalah perbaikan produk (terutama untuk produk yang mengalami kecacatan), peningkatan kinerja proses manufaktur, mengurangi variabilitas produk, mengurangi waktu pengembangan produk, dan mengurangi biaya produk.

Tiga prinsip dasar dari desain eksperimen:

- Replikasi:
Pengulangan eksperimen, yang mempunyai 2 pengaruh penting yaitu memberikan estimasi dari error eksperimen dan effect yang lebih akurat/pesisi.

- **Randomisasi:**
Pengacakan yang dilakukan baik pada waktu alokasi bahan eksperimen maupun urutan dimana percobaan dilakukan.
- **Blocking:**
Pengalokasian unit-unit eksperimen ke dalam blok, sehingga nantinya unit eksperimen dalam suatu blok relatif bersifat homogen dan kepresisian eksperimen dapat ditingkatkan.

Istilah–istilah yang ada dalam desain eksperimen antara lain:

- **Faktor:** variabel bebas yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen.
- **Level faktor:** nilai dari suatu faktor
- **Interaksi:** perbedaan dari efek suatu faktor terhadap faktor yang lain yang nilainya sama dan berpengaruh satu dengan yang lain.
- **Respon:** Hasil pengamatan yang diperoleh dari penelitian dan pengukuran.
- **Efek faktor:** perubahan respon dari level yang berbeda dari suatu faktor.
- **Run:** jumlah kombinasi yang harus dipenuhi dalam suatu rancangan.

2.4. Metode Taguchi

Genichi Taguchi adalah seorang ahli statistik yang mengembangkan metode dan pendekatan tentang kualitas yang dipercayai mempunyai pengaruh yang kuat dalam dunia perindustrian. Taguchi mengatakan bahwa kualitas produk adalah kerugian yang ditimbulkan kepada konsumen sebagai pemakai sejak saat produk tersebut diluncurkan dan dipakai oleh konsumen, disebabkan oleh siklus pemakaian produk.

Taguchi juga menekankan bahwa produk tidak menyebabkan kerugian hanya ketika produk itu keluar dari spesifikasi yang diinginkan oleh konsumen, tetapi juga ketika produk tersebut menyimpang dari nilai target. Metode Taguchi berusaha mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat dikontrol yang secara langsung dapat menyebabkan proses atau produk tidak peka terhadap pengaruh dari *noise factor*. Dalam mencari parameter produk yang optimal, sangat penting juga untuk menentukan pengaruh dari berbagai macam parameter tersebut beserta dengan level-levelnya. Dengan memakai *Fractional Factorial Experiments* yang oleh Genichi Taguchi disebut sebagai *Orthogonal Array (OA)*, maka jumlah

eksperimen yang diperlukan dapat dikurangi. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan suatu faktor antara lain: (Nicolo Belavandram,1995)

- **Level faktor**
 Nilai tertentu dari atribut yang diberikan kepada suatu faktor. Contohnya adalah faktor control jenis kedelai dibuat menjadi 2 level yaitu kedelai hitam dan kedelai putih.
- **Banyak level dari faktor**
 Banyaknya level untuk setiap faktor ditentukan berdasarkan permasalahan yang sedang diteliti. Semakin banyak level dari faktor maka informasi yang didapat akan semakin akurat dan lengkap.
- **Range dari level faktor**
 Jika *range* yang digunakan dalam eksperimen makin lebar maka makin besar peluang untuk dapat memperoleh pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik kualitas.
- **Feasibilitas dari level**
 Kemampuan melakukan eksperimen berdasarkan level-level yang dipilih dengan catatan bahwa pemilihan *range* yang sempit akan menghasilkan informasi yang kurang bermanfaat, jadi sebaiknya dipilih *range* yang lebar.
- **Sliding level**
 Berkaitan dengan pengaruh 2 faktor control, dimana 2 faktor control tersebut saling mempengaruhi sehingga dalam penentuan nilai pada tiap level harus disesuaikan antara kedua faktor kontrol tersebut.

2.4.1. *Orthogonal Array* (OA)

Orthogonal Array adalah adalah suatu matrik yang berisi sekumpulan eksperimen dengan pengaturan kombinasi yang bermacam-macam sesuai dengan parameter proses/produk. Kombinasi yang bermacam-macam tersebut dilakukan selama eksperimen dan hasilnya dapat dianalisa untuk menentukan efek tiap faktor. Jumlah baris dalam *Orthogonal Array* (OA) menunjukkan jumlah eksperimen, sedangkan jumlah kolom menunjukkan jumlah maksimum dari faktor. Dalam membuat matrik *Orthogonal Array* (OA) maka kita harus

mengetahui jumlah faktor yang digunakan, level yang diinginkan serta menghitung derajat kebebasannya.

Derajat kebebasan adalah suatu standar yang menunjukkan seberapa banyak suatu percobaan harus dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan. Setelah derajat kebebasan dihitung maka hasilnya akan menunjukkan jumlah baris minimal dalam memilih *Orthogonal Array* (OA). Cara perhitungan derajat kebebasan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Cara Menghitung Derajat Kebebasan

Faktor/Interaksi	Derajat Kebebasan (df)
<i>Overall Mean</i>	1
Faktor dengan 2 level	(KA-1)
Faktor dengan 3 level	(KB-1)
Faktor Interaksi	(KA-1) x (KB-1)
Total Df	X

Setelah nilai dari derajat kebebasan ditemukan maka kita baru bisa menentukan matrik *Orthogonal Array* (OA). Contoh matrik standar *Orthogonal Array* (OA):

Tabel 2.2. Matrik Standar *Orthogonal Array*

OA	Number of Row	Maximum Number of Faktor	Maximum Number of Coloums			
			2	3	4	5
L4	4	3	3	*	*	*
L8	8	7	7	*	*	*
L9	9	4	*	4	*	*
L12	12	11	11	*	*	*
L16	16	15	15	*	*	*
L'16	16	5	*	*	5	*
L18	18	8	1	7	*	*
L25	25	6	*	*	*	6
L27	27	13	*	13	*	*
L32	32	31	31	*	*	*
L'32	32	10	1	*	9	*
L36	36	23	11	12	*	*
L'36	36	16	3	13	*	*
L50	50	12	1	*	*	11
L54	54	26	1	25	*	*
L64	64	63	63	*	*	*
L'64	64	21	*	*	21	*
L81	81	40	*	40	*	*

Keterangan tabel:

2 level array: L4, L8, L12, L16, L32, L64

3 level array: L9, L27, L81

Gabungan antara 2 dan 3 level array: L18, L36, L'36,L54

2.4.2. Tahapan Desain Eksperimen untuk Metode Taguchi

Ada beberapa tahapan yang harus diikuti dalam melakukan eksperimen antara lain:

- **Penentuan masalah**
Pada tahap ini perlu dilakukan pengumpulan data tentang masalah yang terjadi, kapan terjadinya masalah tersebut, dampak dari permasalahan tersebut bagi perusahaan.
- **Menentukan tujuan eksperimen**
Pada tahap ini ditentukan tujuan dari eksperimen yang dilakukan. Tujuan tersebut biasanya merupakan solusi dari permasalahan yang terjadi pada perusahaan.
- **Memilih karakteristik kualitas dan cara mengukurnya**
Pada tahap ini dilakukan penentuan karakteristik kualitas, cara pengukuran yang digunakan, siapa yang melakukan pengukuran dan metode untuk mengukur hasil.
- **Memilih faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas**
Penentuan faktor mana yang akan diamati tergantung pada karakteristik kinerja dari suatu produk atau proses yang diamati. Ada beberapa metode yang berguna untuk menentukan faktor mana yang harus dimasukkan ke dalam eksperimen antara lain *Brainstorming* (aktivitas ini melibatkan pengumpulan orang-orang yang berhubungan dengan masalah yang ada ke dalam suatu kelompok untuk membahas saran-saran mereka yang berkaitan dengan faktor-faktor yang akan dipilih) dan *Cause-effect* diagram (menentukan terlebih dahulu pengaruh atau efek yang dihasilkan baru kemudian dicari sebab-sebabnya).

- Mengidentifikasi faktor kontrol dan faktor *noise*
Pada tahap ini perlu dibuat daftar faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas. Faktor kontrol adalah suatu faktor yang dapat dikendalikan dan merupakan sasaran perbaikan dari kualitas, sedangkan faktor *noise* adalah suatu faktor yang sulit dikendalikan, biasanya terjadi secara tidak terduga dan sulit diprediksi. Oleh sebab itu faktor ini tidak menjadi sasaran pengendalian karena sulit dan mahal.
- Memilih level dari faktor
Penentuan banyaknya level dari faktor tergantung dari permasalahan yang terjadi, semakin banyak level dari tiap faktor maka hasilnya akan semakin akurat.
- Memilih *Orthogonal Array* (OA)
Pemilihan *Orthogonal Array* (OA) yang sesuai tergantung pada 2 hal yaitu banyaknya faktor dan interaksi serta banyaknya level dari tiap faktor. Kedua hal tersebut menentukan total derajat kebebasan yang diperlukan untuk seluruh eksperimen.
- Menentukan interaksi antar faktor
Penentuan interaksi antar faktor ditentukan dengan pengamatan dan pemahaman terhadap proses yang terjadi. Interaksi akan terjadi jika pengaruh dari suatu faktor tergantung pada level dari faktor yang lain.
- Pengaturan faktor dan interaksi dalam *Orthogonal Array* (OA)
Pada tahap ini dapat memakai alat bantu yang telah diberikan oleh Taguchi yaitu *Linear graphs* (memberikan gambaran informasi tentang faktor dan interaksi antar faktor serta memudahkan untuk memasukkan faktor dan interaksinya ke berbagai kolom pada *Orthogonal Array*) dan *Triangular tables* (berisi semua kemungkinan interaksi antar faktor dan penempatannya pada kolom dalam *Orthogonal Array*).
- Mengadakan eksperimen
Eksperimen diadakan setelah semua faktor dan level dari faktor tersebut ditentukan dan ditempatkan pada *Orthogonal Array* (OA) yang dipilih.

- Analisa hasil eksperimen

Dalam melakukan analisa terhadap hasil eksperimen dapat digunakan 3 metode yaitu:

Signal to Noise Ratio (SNR)

Analisis ini berguna untuk mengetahui faktor dan level mana yang mempunyai efek faktor SNR paling besar, sehingga diharapkan faktor tersebut paling besar pengaruhnya untuk mengurangi *variation (noise)*. Ada 3 macam SNR yang disesuaikan dengan kondisi yang ada antara lain:

Larger the better

$$SN_L = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2.1)$$

SN_L digunakan jika diinginkan respon yang sebesar mungkin.

Nominal the best

$$SN_N = 10 \log (\bar{y}^2 / S^2) \quad (2.2)$$

SN_N digunakan jika diinginkan nilai target tertentu.

Smaller the better

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

SN_S digunakan jika diinginkan respon yang sekecil mungkin.

Perhitungan

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

dimana: SN_L = SN *Larger The Better*

n = jumlah pengulangan tiap eksperimen

y_i = data eksperimen

Efek tiap faktor

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} \sum SNR \quad (2.5)$$

dimana: a = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matriks *Orthogonal Array*

Semakin besar efek faktor SNR yang dihasilkan maka faktor tersebut paling besar pengaruhnya untuk mengurangi *variation (noise)*, Sedangkan dari *Main Effect Plot for S/N Ratios* dapat diketahui faktor dan level mana yang berpengaruh.

Mean

Analisis ini berguna untuk melihat nilai rata-rata dari respon dan mempunyai tujuan meningkatkan/mengurangi nilai rata-rata dari respon.

Perhitungan

$$\bar{Y}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.6)$$

dimana : $\bar{Y}_s = \text{mean}$ dari tiap eksperimen

Efek tiap faktor

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} \sum \bar{Y}_s \quad (2.7)$$

dimana: a = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matriks *Orthogonal Array*

Semakin besar efek faktor *mean* yang dihasilkan maka faktor tersebut paling besar pengaruhnya untuk mengendalikan nilai *mean*, sedangkan dari *Main Effect Plot for Mean* dapat dilihat faktor dan level mana yang mempunyai nilai efek paling besar. Dalam penelitian ini diharapkan nilai *mean* yang besar karena semakin besar nilai *mean* maka orang akan semakin suka terhadap kecap yang dihasilkan

ANOVA

Analisis ini berguna untuk melihat signifikansi faktor terhadap suatu respon tertentu. Jadi dengan ANOVA dapat diketahui apakah suatu faktor mempunyai pengaruh terhadap respon tertentu atau tidak.

Perhitungan Sum of Squares (SS) untuk suatu faktor

$$m = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a y_i \quad (2.8)$$

$$m_i = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^a y_i \quad (2.9)$$

$$SS = \sum (a(m_i - m)^2) \quad (2.10)$$

dimana: $SS = \text{Sum of Square}$ untuk tiap faktor

$m_i =$ rata-rata efek tiap level faktor

$m =$ rata-rata dari efek tiap faktor

Perhitungan Mean of Square (MS)

$$MS = \frac{SS}{df} \quad (2.11)$$

dimana : $MS = \text{Mean of Square}$ tiap faktor

$df = \text{degree of freedom}$ (derajat bebas)

Perhitungan F-ratio

$$F_{ratio} = \frac{MS}{M_{error}} \quad (2.12)$$

- Mengadakan eksperimen konfirmasi

Eksperimen konfirmasi diadakan untuk mengkonfirmasikan kesimpulan dari percobaan yang sebelumnya tentang faktor mana saja yang berpengaruh terhadap variabel respon.

2.5. Uji Organoleptik

Uji Organoleptik adalah pengujian yang menggunakan indera peraba, pembau, penglihatan, pencicip dan pendengar untuk memberikan penilaian. Oleh karena itu uji ini bersifat subyektif dalam arti penilaian yang diberikan oleh setiap orang dapat berbeda-beda sesuai dengan kondisi orang tersebut walaupun dengan produk yang sama dan pada waktu yang sama. Uji Organoleptik dapat digunakan untuk menguji bau, rasa dan warna.

Dalam uji Organoleptik ini menggunakan panel yang berfungsi sebagai alat atau instrumen. Panel biasanya terdiri dari orang atau kelompok yang mempunyai tugas untuk memberikan penilaian, sedangkan orang yang menjadi anggota panel tersebut bernama panelis. Panelis dibedakan menjadi 5 macam yaitu:

- Panelis perorangan
- Panel terbatas
- Panelis terlatih
- Panel setengah terlatih
- Panel tidak terlatih

Dalam melakukan pengujian kita dapat menggunakan panelis sesuai dengan tipe panelis yang kita pilih, dalam arti jika kita memilih panelis terlatih maka kita membutuhkan antara 7 sampai 15 orang, panelis setengah terlatih membutuhkan 15-25 orang dan jika kita memilih panelis tidak terlatih maka kita membutuhkan diatas 25 orang. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan uji Organoleptik selain suasana dari tempat pengujian (ramai, panas, kotor) yaitu:

- Faktor fisiologi: lapar, kenyang, capai.
- Faktor psikologi: senang, sedih, tidak senang terhadap produk yang dinilai.

Metode yang dipakai untuk uji Organoleptik dalam penelitian ini adalah uji Hedonik. Pada uji Hedonik ini panelis diminta untuk memberikan kesan suka atau tidak suka terhadap suatu karakteristik mutu yang disajikan dan kemudian dilanjutkan dengan tingkat kesukaannya. Tingkat kesukaan atau biasa disebut skala Hedonik berkisar antara amat sangat suka sampai amat sangat tidak suka. Skala yang dipakai dalam uji Organoleptik dapat ditentukan sendiri sesuai dengan keadaan. Pada penelitian ini digunakan skala 1 yang berarti tidak suka sampai 6

yang berarti amat sangat suka. Pada waktu memakai uji Hedonik digunakan panelis yang tidak terlatih.

2.6. Uji Nonparametrik

Uji nonparametrik adalah uji statistik yang tidak memerlukan anggapan-anggapan tertentu mengenai distribusi populasinya dan juga tidak diperlukan hipotesa-hipotesa yang bersangkutan-paut dengan nilai-nilai parameter tertentu. Uji nonparametrik menyediakan metode statistika untuk menganalisa data yang distribusinya tidak dapat diasumsikan normal. Data yang dibutuhkan dalam Uji nonparametrik lebih banyak yang berskala ukur nominal atau ordinal. Pada umumnya uji nonparametrik mempunyai kemampuan lebih rendah jika dibandingkan dengan uji parametrik. Guna meningkatkan kemampuan dari uji nonparametrik maka jumlah sampel yang diambil harus diperbanyak. Keuntungan dari uji nonparametrik adalah mudah dalam penerapannya, relatif sederhana, mudah dimengerti dibandingkan dengan uji parametrik, sedangkan kelemahannya adalah uji nonparametrik tidak menggunakan semua informasi yang didapatkan dari pengumpulan data sehingga cenderung melakukan pemborosan.

Ada beberapa metode uji nonparametrik antara lain uji *Mann-Whitney* (U test), uji *Kruskal-Wallis*, uji *Wilcoxon*, dan uji *Friedman*. Dalam penelitian ini digunakan 2 uji nonparametrik yaitu: uji *Friedman* dan uji *Wilcoxon*. Uji *Friedman* bertujuan untuk mencari kecap manakah yang paling disukai oleh konsumen berdasarkan nilai *mean rank* yang terbesar dari respon yang telah ditentukan. Apabila ada kecap yang berbeda maka dicari kecap mana yang berbeda dengan menggunakan uji *Wilcoxon*.

2.6.1. Uji *Friedman*

Uji ini digunakan untuk menguji ukuran pemusatan lebih dari dua populasi, analog dengan ANOVA dua arah pada uji parametrik. Hipotesa pengujian adalah:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

H_1 : Minimal ada satu yang tidak sama

Langkah-langkah pengujian:

- Beri rangking (peringkat) setiap blok.
- Hitung F_r dengan rumus:

$$F_r = \frac{12}{b.k(k+1)} \sum T_j^2 - 3b(k+1) \quad (2.13)$$

Keterangan:

b = banyaknya blok

k = banyaknya populasi

T_j = jumlah rangking populasi ke- j

- Tolak H_0 bila $F_r > \chi^2_{(\alpha, v)}$ $V = k-1$ k = banyaknya populasi

2.6.2. Uji *Wilcoxon*

Uji ini digunakan jika besaran maupun arah perbedaan relevan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang sesungguhnya antara pasangan data yang diambil dari satu sampel atau dua sampel yang terkait. Padanannya pada uji parametrik adalah uji t . Hipotesa pengujian adalah:

$H_0 : \mu = \mu_0$

$H_1 : \mu \neq \mu_0$ atau $\mu > \mu_0$ atau $\mu < \mu_0$

Langkah-langkah pengujian:

- Hitung $d_i = \chi_i - \mu_0$ untuk semua i
 χ_i = data pengamatan.
 Bila ada nilai $d_i = 0$, untuk selanjutnya tidak termasuk dalam perhitungan.
- Beri rangking pada $|d_i|$
- Beri tanda (+) atau (-) pada rangking sesuai dengan tanda d_i
- Tentukan T_{++} : yaitu jumlah rangking bertanda positif
 T_{--} : yaitu jumlah rangking bertanda negatif
- Pengujian:
 Bila $H_1 : \mu \neq \mu_0$; tolak H_0 bila $\min(T_{++}; T_{--}) < d$
 Bila $H_1 : \mu < \mu_0$; tolak H_0 bila $T_{++} < d$
 Bila $H_1 : \mu > \mu_0$; tolak H_0 bila $T_{--} < d$
 Nilai d lihat dari tabel tanda *Wilcoxon*

2.7. Uji Distribusi Normal

Bertujuan untuk memeriksa apakah residual berdistribusi normal. Dalam hal ini dapat digunakan uji normalitas dengan membuat plot residual. Jika plot residual mendekati garis lurus dan histogram dari residualnya membentuk distribusi normal, maka asumsi terpenuhi.

Uji distribusi normal pada penelitian ini menggunakan metode *Kolmogorov Smirnov* dengan bantuan *Software Minitab 13*. Hipotesa yang dipakai untuk menentukan apakah data tersebut berdistribusi normal adalah:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Dimana tolak H_0 jika P-value < 0.05 , yang berarti data tersebut tidak berdistribusi normal. Demikian pula sebaliknya, jika P-value > 0.05 , maka data tersebut berdistribusi normal.