

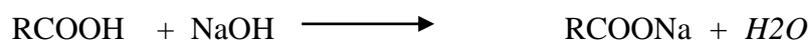
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sabun

Sabun mandi merupakan garam logam alkali (Na) dengan asam lemak dan minyak dari bahan alam yang disebut trigliserida. Lemak dan minyak mempunyai dua jenis ikatan, yaitu ikatan jenuh dan ikatan tak jenuh dengan atom karbon 8-12 yang berikatan ester dengan gliserin. Secara umum, reaksi antara kaustik dengan gliserol dan sabun yang disebut dengan *saponifikasi*. Setiap minyak dan lemak mengandung asam-asam lemak yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut menyebabkan sabun yang terbentuk mempunyai sifat yang berbeda. Minyak dengan kandungan asam lemak rantai pendek dan ikatan tak jenuh akan menghasilkan sabun cair. Sedangkan rantai panjang dan jenuh menghasilkan sabun yang tak larut pada suhu kamar (Andreas, 2009).

Menurut Keenan (1980), dalam pembuatan sabun, lemak dipanasi dalam ketel besi yang besar dengan larutan natrium hidroksida dalam air, sampai lemak itu terhidrolisis sempurna. Pereaksi semacam itu sering disebut *penyabunan* (latin, *sapo* adalah sabun), karena reaksi itu telah digunakan sejak zaman Romawi kuno untuk mengubah lemak dan minyak menjadi sabun. Persamaan untuk reaksi itu adalah:



Jika lemak/minyak dihidrolisis, akan terbentuk gliserol dan asam lemak yang dengan adanya Na(NaOH) akan terbentuk sabun karena sabun merupakan garam Na atau K dari asam lemak. Sabun Na dan K larut dalam air, sedangkan Ca dan Mg tidak larut. Sabun Na (sabun keras) digunakan untuk mencuci dan sabun K (sabun lunak) digunakan untuk sabun mandi (Panil, 2008).

2.2 Sifat – sifat Sabun

1. Sabun adalah garam alkali dari asam lemak suku tinggi sehingga akan dihidrolisis parsial oleh air yang menyebabkan larutan sabun dalam air bersifat basa
2. Jika larutan sabun dalam air diaduk maka akan menghasilkan buih, peristiwa ini tidak akan terjadi pada air sadah. Sabun dapat menghasilkan buih setelah garam-garam Mg atau Ca dalam air mengendap
3. Sabun mempunyai sifat membersihkan, sifat ini disebabkan proses kimia koloid. Sabun (garam natrium dari asam lemak) digunakan untuk mencuci kotoran yang bersifat polar maupun non polar, karena sabun mempunyai gugus polar dan non polar. Sifat ini disebabkan proses kimia koloid, sabun (garam natrium dari asam lemak) digunakan untuk mencuci kotoran yang bersifat polar maupun non polar, karena sabun mempunyai gugus polar dan non polar. Molekul sabun mempunyai rantai hidrogen $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}$ yang bertindak sebagai ekor yang bersifat hidrofobik (tidak suka air) dan larut dalam zat organik sedangkan COONa^+ sebagai kepala yang bersifat hidrofilik (suka air) dan larut dalam air.

2.3 Fungsi Bahan yang Digunakan

1. Sulfaktan
Surfaktan (*surface acting agent*) merupakan senyawa organik yang dalam molekulnya memiliki sedikitnya satu gugus hidrofilik dan satu gugus hidrofobik. Apabila ditambahkan ke suatu cairan pada konsentrasi rendah, maka dapat mengubah karakteristik tegangan permukaan dan antarmuka cairan tersebut Surfaktan merupakan bahan terpenting dari sabun. Penggunaan bahan berbeda menghasilkan sabun yang berbeda, baik secara fisik maupun kimia. Ada sabun yang cepat berbusa tetapi terasa airnya kasar dan tidak stabil, ada yang lambat berbusa tetapi lengket dan stabil (Wasitaatmadja, 1997).

2. Pelumas

Untuk menghindari rasa kering pada kulit diperlukan bahan yang tidak saja meminyaki kulit tetapi juga berfungsi untuk membentuk sabun yang lunak, misal: asam lemak bebas, fatty alcohol, gliserol, lanolin, paraffin lunak, cocoa butter, dan minyak almond, bahan sintetik ester asam sulfosuksinat, asam lemak isotionat, asam lemak etanolamid, polimer JR, dan carbon resin (polimer akrilat). Bahan-bahan selain meminyaki kulit juga dapat menstabilkan busa dan berfungsi sebagai peramas (*plasticizers*).

3. Antioksidan dan *Sequestering Agents*

Antioksidan merupakan zat yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi. Untuk menghindari kerusakan lemak terutama bau tengik, dibutuhkan bahan penghambat oksidasi, misalnya stearil hidrazid dan butilhydroxy toluene (0,02% - 0,1%). *Sequestering Agents* dibutuhkan untuk mengikat logam berat yang mengkatalis oksidasi EDTA.

4. Deodorant

Deodorant adalah suatu zat yang digunakan untuk menyerap atau mengurangi bau menyengat pada badan Deodorant dalam sabun mulai dipergunakan sejak tahun 1950, namun oleh karena khawatir efek samping, penggunaannya dibatasi. Bahan yang digunakan adalah triklorokarbon, heksaklorofen, diklorofen, triklosan, dan sulfur koloidal (Wasitaatmadja, 1997).

5. Warna

Kebanyakan sabun toilet berwarna cokelat, hijau biru, putih, atau krem. Pewarna sabun dibolehkan sepanjang memenuhi syarat dan peraturan yang ada, pigmen yang digunakan biasanya stabil dan konsentrasinya kecil sekali (0,01-0,5%). Titanium dioksida 0,01% ditambahkan pada berbagai sabun untuk menimbulkan efek berkilau. Akhir-akhir ini dibuat sabun tanpa warna dan transparan.

6. Parfum

Isi sabun tidak lengkap bila tidak ditambahkan parfum sebagai pewangi. Pewangi ini harus berada dalam pH dan warna yang berbeda pula. Setiap pabrik memilih bau dan warna sabun bergantung pada permintaan pasar atau masyarakat pemakainya. Biasanya dibutuhkan wangi parfum yang tidak sama untuk membedakan produk masing-masing.

7. Pengontrol pH

Penambahan asam lemak yang lemah, misalnya asam sitrat, dapat menurunkan pH sabun.

8. Bahan Tambahan Khusus

Berbagai bahan tambahan untuk memenuhi kebutuhan pasar, produsen, maupun segi ekonomi dapat dimasukkan ke dalam formula sabun. Menurut Wasitaatmadja (1997), dikenal berbagai macam sabun khusus misalnya:

- *Superfatty* yang menambahkan lanolin atau paraffin
- Transparan yang menambahkan sukrosa dan gliserin
- Antiseptik yang menambahkan bahan antiseptik, misalnya: fenol, kresol, dan sebagainya.
- Sabun bayi yang lebih berminyak, pH netral, dan noniritatif
- Sabun netral, mirip dengan sabun bayi dengan sabun bayi dengan konsentrasi dan tujuan yang berbeda.

2.4 Proses Produksi

1. Pemilihan Bahan Baku

Dengan menggunakan bahan baku *soap noodle* dalam proses produksi harus menggunakan *soap noodle* yang sudah ada *Certifikat of Analysis* (COA) yang dikeluarkan dari pihak laboratorium.

2. Penimbangan

Proses penimbangan yang akurat sangat mempengaruhi produk sabun *translucent* yang akan diproduksi, baik penimbangan zat *additives* dan bahan baku *raw material*.

3. Mixing

Proses mixing yang bertujuan agar *soap noodle* dapat menyatu dengan *additives* sehingga dapat memudahkan dalam proses berikutnya, dalam proses mixing ini juga ditambahkan *additives*, *Glycerin*, *Perfume*, Pewarna dan *Demin watter* yang mana proses mixing ini selama 40 menit.

4. Roll Mill

Roll mill adalah Proses yang bertujuan agar sabun dan zat *additives* lainnya menyatu dengan sempurna. Proses ini nantinya akan menjadikan sabun *translucent* menjadi lembaran-lembaran. Pada proses ini menggunakan suhu 15°C.

5. Plodder

Proses Plodder ini menjadikan produk sabun *translucent* menjadi gumpalan-gumpalan kecil-kecil yang bertujuan agar sabun dapat berbetuk padat dengan sempurna. Pada proses ini menggunakan suhu 45°-65°C.

6. Cutting

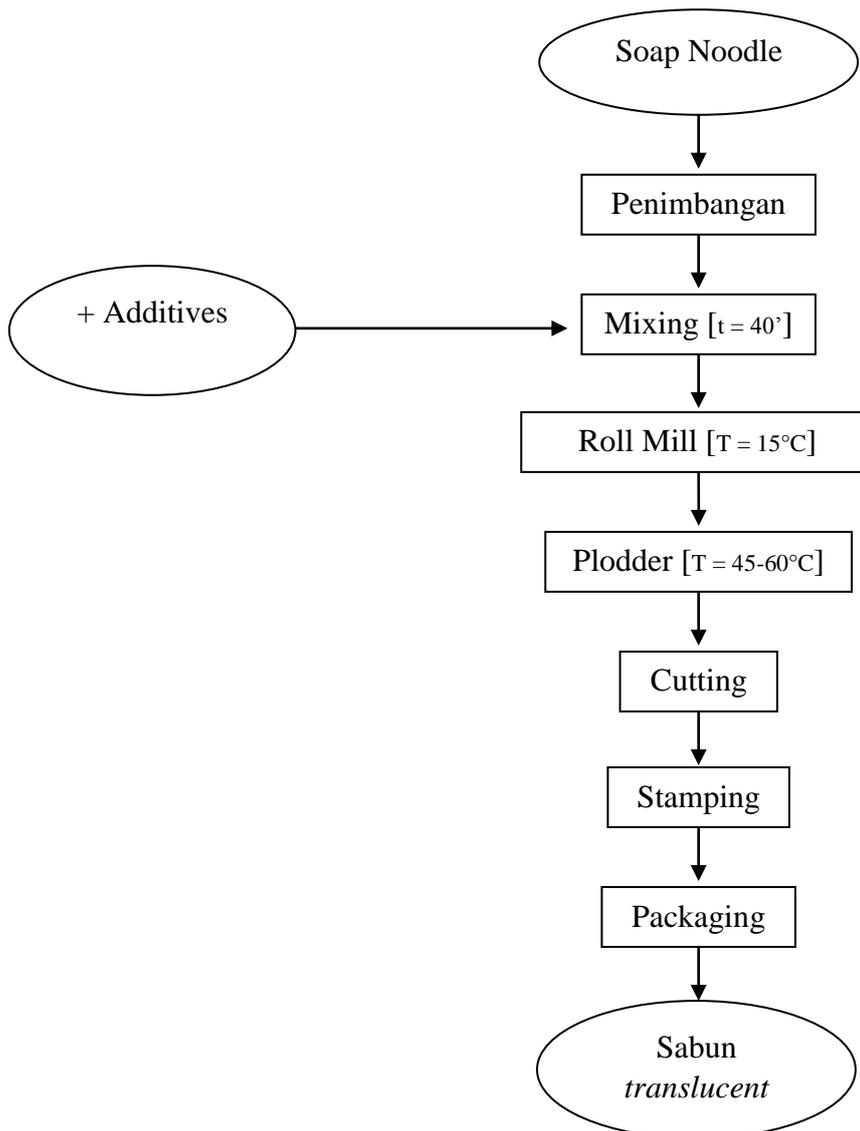
Proses cutting yaitu proses pemotongan sabun *translucent* dalam bentuk batangan. Produk sabun *translucent* dipotong-potong sesuai ukuran.

7. Stamping / pencetakan

Proses pencetakan bertujuan memberikan identitas pada sabun *translucent*.

8. Packaging

Proses pengemasan kedalam sebuah *box* yang beridentitas dengan jelas dan siap dipasarkan ke konsumen.



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Sabun *Translucent*

Sumber PT.Wilmar Nabati Indonesia-Gresik 2015

2.5 Pengendalian kualitas

Pengendalian kualitas didefinisikan sebagai salah satu sistem verifikasi dan perawatan dari suatu tingkatan atau produk atau proses yang dikehendaki dari perencanaan yang seksama, pemakaian peralatan yang sesuai, inspeksi terus menerus serta tindakan korektif bila mana diperlukan (Sritomo, 2003).

2.5.1 Tujuan pengendalian kualitas

Tujuan dari pengendalian kualitas adalah :

1. Pencapaian kebijakan dan target perusahaan secara efisien
2. Perbaikan hubungan manusia
3. Peningkatan moral karyawan
4. Pengembangan kemampuan tenaga kerja dengan mengarahkan pada pencapaian tujuan-tujuan diatas akan terjadi peningkatan produktifitas dan provitabilitas usaha. Secara spesifik dapat dijelaskan bahwa tujuan pengendalian kualitas adalah :
 - a. Memperbaiki kualitas produk yang dihasilkan
 - b. Penurunan ongkos secara kualitas

2.6. Desain Ekperimen

Montgomery (1991), mendefinisikan desain eksperimen sebagai suatu usaha sistematis dalam perancangan desain dengan cara mengkondisikan beberapa faktor.

Menurut Iriawan (2006), secara umum tujuan desain eksperimen antara lain; pertama untuk menentukan variabel input (faktor) yang berpengaruh terhadap respon, kedua untuk menentukan variabel input yang membuat repon mendekati nilai yang diinginkan, ketiga untuk menentukan variebel input yang menyebabkan variasi respon kecil.

Pada tahun 1930, Dorian Shainin memperkenalkan sejumlah teknik desain eksperimen yang sederhana, mudah dipahami dan diaplikasikan, hemat biaya, kuat secara statistik, teknik desain tersebut adalah teknik klasik, taguchi, dan shainin / bothe.

2.6.1 Tujuan Desain Eksperimen

Desain suatu eksperimen bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak–banyak yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Demikian, dalam rangka mendapatkan semua informasi yang berguna ini, hendaknya dibuat sederhana mungkin. Penelitian juga seefisien mungkin mengingat

waktu, biaya, tenaga kerja, dan bahan yang harus digunakan. Jadi jelas hendaknya bahwa eksperimen berusaha untuk memperoleh informasi yang maksimum dengan menggunakan biaya yang minimum.

2.7 Metode Taguchi (Robust Design)

Metode Taguchi pertama kali dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapat tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Dr. Genichi Taguchi memiliki latar belakang *engineering*, juga mendalami statistika dan matematika tingkat lanjut, sehingga ia dapat menggabungkan antara teknik statistik dan pengetahuan *engineering*. Ia mengembangkan metode Taguchi untuk melakukan perbaikan kualitas dengan metode percobaan ‘baru’, artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Process Control*).

Taguchi memiliki pandangan yang berbeda mengenai kualitas, ia tidak hanya menghubungkan biaya dan kerugian dari suatu produk saat proses pembuatan produk tersebut, akan tetapi juga dihubungkan pada konsumen dan masyarakat. “Kualitas adalah kerugian setelah produk digunakan oleh masyarakat di samping kerugian yang disebabkan oleh mutu produk itu sendiri”.

Taguchi menghasilkan disiplin dan struktur dari desain eksperimen. Hasilnya adalah standarisasi metodologi disain yang mudah diterapkan oleh investigator. Adapun konsep Taguchi adalah :

1. Kualitas harusnya didesain ke dalam suatu produk dan bukan sekedar memeriksa.
2. Kualitas dapat diraih dengan baik dengan cara meminimum deviasi target. Produk tersebut harus dirancang sedemikian rupa hingga dapat mengantisipasi faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
3. Biaya dari kualitas seharusnya diperhitungkan sebagai fungsi deviasi dari standar yang ada dan kerugiannya harus diperhitungkan juga kedalam sistem.

Konsep Taguchi dibuat dari penelitian W.E. Deming, bahwa 85% kualitas yang buruk diakibatkan oleh proses manufacturing dan hanya 15% dari pekerja. Di dalam metode Taguchi hasil eksperimen harus dianalisa untuk dapat memenuhi satu atau lebih kondisi berikut ini:

1. Menentukan kondisi yang terbaik atau optimum untuk sebuah produk atau sebuah proses.
2. Memperkirakan kontribusi dari masing-masing faktor.
3. Memperkirakan respon atau akibat yang mungkin dari kondisi optimum.

2.7.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode Taguchi

Kelebihan dari penggunaan metode Taguchi adalah :

1. Dapat mengurangi jumlah pelaksanaan percobaan jika dibandingkan dengan menggunakan percobaan *full factorial* sehingga dapat menghemat waktu dan biaya.
2. Dapat melakukan penghematan terhadap rata-rata dan variasi karakteristik kualitas sekaligus, sehingga ruang lingkup pemecahan masalah lebih luas.
3. Dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas melalui perhitungan *Average* dan Rasio *S/N*, sehingga faktor-faktor yang berpengaruh tersebut dapat diberikan perhatian khusus.

Sedangkan kekurangan dari metode Taguchi ini adalah apabila percobaan ini dilakukan dengan banyak faktor dan interaksi, akan terjadi pembauran beberapa interaksi oleh faktor utama. Akibatnya keakuratan hasil percobaan akan berkurang, jika interaksi yang diabaikan tersebut memang benar-benar berpengaruh terhadap karakteristik yang diamati.

2.7.2 Tahap-tahap dalam Desain Produk / Proses Menurut Taguchi

Dalam Metode Taguchi terdapat 3 tahap untuk mengoptimasi desain produk atau produksi yaitu :

1. *System Design*

Merupakan tahap pertama dalam desain dan merupakan tahap konseptual pada pembuatan produk baru atau inovasi proses. Konsep mungkin berasal dari percobaan sebelumnya, pengetahuan alam / teknik, perubahan baru atau kombinasinya. Tahap ini adalah untuk memperoleh ide-ide baru dan mewujudkannya dalam produk baru atau inovasi proses.

2. *Parameter Design*

Tahap ini merupakan pembuatan secara fisik atau *prototype* matematis berdasarkan tahap sebelumnya melalui percobaan secara statistik. Tujuannya adalah mengidentifikasi *setting* parameter yang akan memberikan performansi rata-rata pada target dan menentukan pengaruh dari faktor gangguan pada variasi dari target.

3. *Tolerance Design*

Penentuan toleransi dari parameter yang berkaitan dengan kerugian pada masyarakat akibat penyimpangan produk.

2.7.3 Rasio Signal Terhadap Terjadinya Noise (S/N)

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan S/N ratio gunanya untuk meneliti pengaruh faktor noise terhadap variasi yang timbul. Jenis dari S/N adalah tergantung pada karakteristik yang diinginkan (Ross, 1996), yaitu:

1. *Smaller -the-Better* (STB)

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

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

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

2. *Larger-the-Better (LTB)*

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

$$S/N_{LTB} = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

3. *Nominal-the-Better (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:

$S/N_{NTB} = -10 \log V_e$ (untuk variasi saja)

$$S/N_{NTB} = -10 \log \left[\frac{V_m - V_e}{r \cdot V_e} \right]$$

2.7.4 Faktor Terkendali dan Faktor Noise

Taguchi mengembangkan faktor perancangan dan pengembangan produk/proses ke dalam dua kelompok yaitu faktor terkendali dan faktor noise. Faktor terkendali adalah faktor yang ditetapkan (atau dapat dikendalikan) oleh produsen selama tahap perancangan produk / proses dan tidak dapat diubah oleh konsumen. Sedangkan faktor noise adalah faktor yang tidak dapat dikendalikan langsung oleh produsen.

Faktor noise dapat dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu :

1. Faktor noise eksternal

Diartikan sebagai sumber-sumber variabilitas yang berasal dari luar produk.

2. Faktor noise dari unit ke unit

Merupakan hasil dari produksi dimana selalu ada perbedaan dari setiap item yang sejenis yang telah diproduksi. Disebut juga sebagai variasi toleransi

3. Faktor noise deteriorasi

Disebut juga noise internal karena faktor ini berasal dari sesuatu (internal) yang berubah dari proses atau degradasi dari komponen

mesin yang memasuki *over time*. Dalam perancangan eksperimen Taguchi, penanganan faktor noise melalui 3 (tiga) cara, yaitu :

1. Dengan melakukan pengulangan terhadap masing-masing percobaan
2. Dengan memasukkan faktor noise tersebut kedalam percobaan dengan menempatkannya diluar faktor terkendali
3. Dengan menganggap faktor terkendali bervariasi

2.7.5 Perancangan Eksperimen Taguchi

Perancangan eksperimen merupakan evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuan mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu.

Ada beberapa langkah yang diusulkan taguchi untuk melakukan eksperimen secara sistematis, yaitu:

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan
Mendefinisikan dengan jelas permasalahan yang akan dihadapi untuk kemudian dilakukan usaha untuk perbaikan kualitas.
2. Menentukan tujuan penelitian
Mengidentifikasi karakteristik kualitas dan tingkat performansi dari eksperimen.
3. Menentukan metode pengukuran
Menentukan bagaimana parameter-parameter yang diamati akan diukur dan bagaimana cara pengukurannya serta peralatan apa saja yang diperlukan diperlukan untuk mengukur.
4. Identifikasi faktor
Melakukan pendekatan yang sistematis guna menemukan penyebab permasalahan, hindari aktifitas yang meloncat-loncat karena akan menyebabkan perolehan kesimpulan yang salah.
5. Memisahkan faktor kontrol dan faktor noise

Menentukan jenis-jenis faktor yang mempengaruhi karakteristik produk/proses, kemudian dibedakan antara faktor terkendali dan faktor noise.

6. Menentukan level setiap faktor dan nilai faktor

Berguna untuk menentukan jumlah derajat kebebasan yang akan digunakan dalam pemilihan *Orthogonal Array*.

7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi

Interaksi terjadi jika suatu faktor dipengaruhi oleh level dari faktor lain atau interaksi akan terjadi apabila kumpulan pengaruh dari dua atau lebih faktor berbeda dari jumlah masing-masing faktor secara individu. Adanya interaksi ini juga ikut mempengaruhi jumlah derajat kebebasan

8. Menggambar *linier graph* yang diperlukan untuk faktor kontrol dan Interaksi

Taguchi telah menetapkan beberapa *linier graph* untuk mempermudah mengatur faktor-faktor dan interaksi yang terjadi kedalam suatu kolom. Penggambaran *linier graph* berguna untuk menentukan penempatan faktor-faktor serta interaksi pada kolom-kolom dalam *orthogonal array*.

9. Memilih *Orthogonal Array*

Pemilihan *orthogonal array* yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan serta nilai level dari tiap faktor. Penentuan ini akan mempengaruhi total jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan *orthogonal array* yang akan dipilih.

10. Pemasukkan faktor atau interaksi ke dalam kolom

Untuk membantu memasukkan faktor dan interaksi ke dalam kolom *orthogonal array* dipakai *linier graph* dan *triangular tables*. *Linier graph* menunjukkan variasi kolom dimana faktor dapat dimasukkan dan mengevaluasi interaksi faktor. *Triangular tables* berisi semua kemungkinan interaksi antara faktor / kolom.

11. Melakukan eksperimen

Dalam melakukan eksperimen, sejumlah percobaan (*trial*) disusun untuk meminimalkan kesempatan terjadinya kesalahan dalam menyusun level yang tepat untuk percobaan tersebut.

12. Analisa hasil eksperimen

Dalam menganalisa hasil eksperimen, Taguchi juga menggunakan metode ANOVA (*Analysis of Variance*), dimana ada hasil perhitungan mengenai jumlah kuadrat total, jumlah kuadrat rata-rata, jumlah kuadrat faktor, dan jumlah kuadrat *error*.

Hal-hal yang dilakukan dalam analisa hasil eksperimen adalah:

- Persen Kontribusi

Bagian dari total variasi yang menunjukkan kekuatan relatif dari suatu faktor dan atau interaksi yang signifikan untuk mengurangi variasi.

- Rasio Signal terhadap Noise (S/N)

Taguchi memperkenalkan pendekatan S/N guna meneliti pengaruh faktor noise terhadap variasi yang timbul. Taguchi memperkenalkan transformasi dari pengulangan data kepada nilai yang lain yang mengukur variabilitas yang ada. S/N menggabungkan beberapa pengulangan pada satu *point* data yang mencerminkan jumlah variasi yang ada.

13. Interpretasi hasil

Mengevaluasi faktor-faktor mana yang berpengaruh dan tidak berpengaruh terhadap karakteristik kualitas yang dikehendaki.

14. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal

Apabila dalam percobaan ada beberapa faktor dan setiap faktor terdiri dari beberapa level, maka untuk menentukan kombinasi level yang optimal adalah dengan membandingkan nilai perbedaan rata-rata eksperimen dari level-level yang ada. Faktor dengan perbedaan rata-rata percobaan dari levelnya besar, maka faktor tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan.

15. Perkiraan rata-rata proses pada kondisi optimal

Setelah kondisi optimal dari eksperimen *orthogonal array* didapat, maka dapat diperkirakan rata-rata proses μ prediksi pada kondisi yang optimal. Hal ini didapat dengan menjumlahkan pengaruh dari ranking faktor yang lebih tinggi.

16. Menjalankan eksperimen konfirmasi

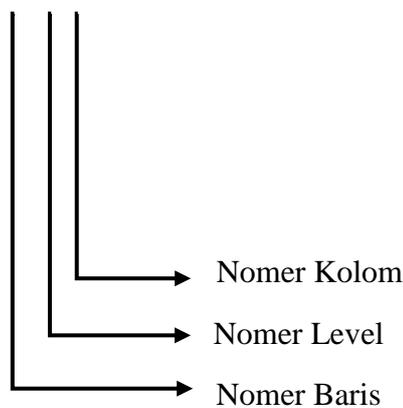
Eksperimen konfirmasi dimaksudkan bahwa faktor dan level yang dimaksud memberikan hasil seperti yang diharapkan. Untuk menguji apakah hasil yang didapat sesuai dengan yang diharapkan, maka harus diuji dengan interval keyakinan. Hasil yang didapat harus berada pada interval keyakinan yang ditentukan.

2.8 Penentuan dan Pemilihan Orthogonal Array

2.8.1 Orthogonal Array (OA)

Orthogonal Array adalah matriks dari sejumlah baris dan kolom. Setiap kolom merepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya. Masing-masing kolom mewakili faktor-faktor yang dari percobaan yang dilakukan. *Array* disebut *Orthogonal* karena setiap level dari masing-masing faktor adalah seimbang (*balance*) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam percobaan. *Orthogonal Array* merupakan suatu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau level yang lain.

L8 (2⁷)



1. Notasi L

Notasi L menyatakan informasi mengenai *Orthogonal Array*

2. Nomor baris

Menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *Orthogonal Array*

3. Nomor kolom

Menyatakan jumlah faktor yang diamati dalam *Orthogonal Array*

4. Nomor level

Menyatakan jumlah level faktor untuk dua level, tabel OA terdiri dari L_4 , L_8 , L_{12} , L_{16} , dan L_{64} orthogonal array yang akan digunakan pada percobaan didasarkan pada jumlah derajat bebas total. Secara lengkap *Metode Taguchi* telah menyusun 18 *Array Orthogonal Standart* seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1 *Orthogonal Array* Standart Dari Metode Taguchi

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
$L_4 (2^3)$	$L_9 (3^4)$	$L_{16} (4^5)$	$L_{25} (5^6)$	$L_{18} (2^1 \times 1 \times 3^7)$
$L_8 (2^7)$	$L_{27} (3^{13})$	$L_{64} (4^{21})$		$L_{32} (2^1 \times 3^4)$
$L_{12} (2^{11})$	$L_{81} (3^{40})$			$L_{36} (2^3 \times 3^{12})$
$L_{16} (2^{15})$				$L_{36} (2^3 \times 3^{13})$
$L_{32} (2^{31})$				$L_{54} (2^1 \times 3^{25})$
$L_{64} (2^{63})$				$L_{50} (2^1 \times 3^{11})$

Sumber : Quality by Design, Nicole Belavendram, 1995, hal :90

Penentuan derajat bebas berdasarkan pada: (Ross, 1996, hal 50 -51), yaitu:

1. Jumlah faktor utama yang diamati dan interaksi yang diamati.
2. Jumlah level dari faktor yang diamati.
3. Resolusi percobaan yang diinginkan atau batasan biaya.

Angka didalam pemilihan *Array* menandakan banyaknya percobaan (berbagai kemungkinan kombinasi pengujian) didalam *array*, suatu matriks L_4 memiliki empat percobaan dan matriks L_9 memiliki 9 percobaan dan seterusnya. Banyaknya level yang digunakan didalam faktor untuk memilih *Orthogonal Array*, jika faktor ditetapkan berlevel dua maka harus digunakan *Orthogonal Array* dua level, jika levelnya empat maka digunakan *orthogonal Array* empat level, sedangkan sebagian memiliki dua level dan faktor lainnya memiliki tiga

level maka jumlah yang lebih besar akan menentukan jenis *Orthogonal Array* yang harus dipilih.

Tabel 2.2 Contoh Matriks Orthogonal Array $L_8(2^7)$

Trial No.	column no.						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Sumber : Taguchi Techniques For Quality Engineering, 1996, hal 267

2.8.2 Derajat Bebas (*Degree of Freedom*)

Derajat bebas merupakan banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar level-level faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan level yang berbeda-beda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini sendiri akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas.

Dalam melakukan percobaan, efisiensi dan biaya yang harus dikeluarkan merupakan salah satu pertimbangan utama. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka sebisa mungkin digunakan *Orthogonal Array* terkecil yang masih dapat memberikan informasi yang cukup untuk dilakukannya percobaan secara komprehensif dan penarikan kesimpulan yang valid. Untuk menentukan *Orthogonal Array* yang diperlukan maka dibutuhkan perhitungan derajat kebebasan. Perhitungan untuk memperoleh derajat bebas adalah sebagai berikut:

- Untuk faktor utama, misal faktor utama A dan B :

$$V_A = (\text{jumlah level faktor A}) - 1$$

$$= K_A - 1$$

- $V_B = (\text{jumlah level faktor B}) - 1$
 $= K_B - 1$

- Untuk interaksi, misal interaksi A dan B

$$V_{A \times B} = (K_A - 1)(K_B - 1)$$

- Nilai derajat bebas total

$$(K_A - 1) + (K_B - 1) + (K_A - 1)(K_B - 1)$$

Tabel *orthogonal array* yang dipilih harus mempunyai jumlah baris minimum yang tidak boleh kurang dari jumlah derajat bebas totalnya.

2.8.3 Interaksi Antar Faktor

Interaksi antara dua faktor berarti efek satu faktor pada respon tergantung level faktor lain. Antara interaksi menyebabkan sistem tidak robust karena sistem menjadi sangat sensitif terhadap perubahan pada satu faktor.

Taguchi menyediakan dua peralatan untuk penempatan faktor dan interaksi didalam OA, yaitu *graph* dan tabel segitiga interaksi (*triangular table of interaction*). Masing-masing OA mempunyai tabel interaksi dan sekumpulan *linier graph* yang bersesuaian. Tabel interaksi berisi semua kemungkinan interaksi antar faktor.

Linier graph menggambarkan faktor dan interaksi dalam bentuk diagram. *Linier graph* adalah serangkaian dari titik garis yang bersesuaian dengan kolom kolom *orthogonal array* yang sesuai. Setiap *linier graph* berhubungan dengan satu *orthogonal array*. *Linier graph* menggambarkan informasi faktor dan interaksi dan kolom untuk memudahkan memasukkan faktor dan interaksi ke berbagai kolom dari *orthogonal array* (Belavedram, 1995).

Contoh tabel untuk tiga level untuk L_9 seperti pada table 2.3 tabel tersebut menunjukkan semua kemungkinan pasangan kolom interaksi.

Tabel 2.3 Interaksi antara dua kolom pada L_9

Kolom	2	3	4
1	3,4	2,4	2,3
2		1,4	1,3
3			1,2

Apabila faktor A diletakkan pada kolom 1 dan faktor B diletakkan pada kolom 2 maka interaksi A x B dilepaskan pada kolom 3 x 4.

2.8.4 Analisis Varians (ANOVA)

Analisis varians pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. Analisis varians 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 perkiraan model dapat ditentukan.

Tabel 2.4 Tabel ANOVA Dua Arah

Suber Variasi	Derajat Bebas (db)	SS	MS	F Hitung	Persen Kontribusi
Faktor A	V_A	SS_A	MS_A	MS_A / MS_e	SS_A / SS_T
Faktor B	V_B	SS_B	MS_B	MS_B / MS_e	SS_B / SS_T
Interaksi A X B	$V_{A \times B}$	$SS_{A \times B}$	$MS_{A \times B}$	$MS_{A \times B} / MS_e$	$SS_{A \times B} / SS_T$
Residual	V_e	SS_e	SS_e		SS_e / SS_T
Total	V_T	SS_T			100%

Dimana

$$V_T = \text{Derajat bebas Total} = N - 1$$

$$V_A = \text{Derajat bebas Faktor} = K_A - 1$$

$$V_B = \text{Derajat bebas Faktor} = K_B - 1$$

$$V_e = \text{Derajat bebas Error} = V_T - V_A - V_B$$

$$CF = \text{Faktor koreksi} = \frac{T}{N}$$

$$T = \text{Jumlah keseluruhan} = \sum_{i=1}^N yi^2 - CF$$

$$SS_T = \text{Jumlah kuadrat total}$$

$$SS_A = \text{Jumlah kuadrat faktor A}$$

$$SS_A = \text{Jumlah keseluruhan} = \sum_{i=1}^{k_A} \left(\frac{AJ^2}{n_{BJ}} \right) - CF$$

$$SS_B = \text{Jumlah kuadrat faktor B}$$

$$SS_B = \text{Jumlah kuadrat faktor B} = \sum_{i=1}^{k_B} \left(\frac{AJ^2}{n_{BJ}} \right) - CF$$

$$SS_{A \times B} = \text{Jumlah Kuadrat Interaksi} = \left[\sum_{i=j=1}^{k_A k_B} \left(\frac{(A_i B_j)^2}{n_{ij}} \right) \right] - CF - SS_A -$$

$$\begin{aligned} SS_e &= \text{Jumlah kuadrat error} \\ &= SS_T - SS_A - SS_B - SS_{A \times B} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MS_A &= \text{Rata-rata jumlah kuadrat faktor A} \\ &= SS_A / V_A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MS_B &= \text{Rata-rata jumlah kuadrat faktor B} \\ &= SS_B / V_B \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MS_{A \times B} &= \text{Rata-rata jumlah kuadrat interaksi} \\ &= SS_e / V_{A \times B} \end{aligned}$$

$$K_A = \text{Jumlah level untuk faktor A}$$

$$K_B = \text{Jumlah level untuk faktor B}$$

$$N = \text{Jumlah total percobaan}$$

$$n_{A_i, n_{B_j}} = \text{Jumlah pengamatan faktor A dan B}$$

model pengamatan yang mewakili pengamatan diatas adalah :

$$Y_{ikr} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \epsilon_{ijr}$$

Dimana :

$$i = 1, 2, \dots, g$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$\mu = \text{Mean keseluruhan}$$

$$\tau_i = \text{Efek faktor A taraf ke -i}$$

$$\beta_j = \text{Efek faktor B taraf ke -j}$$

$$\tau\beta_{ij} = \text{Efek interaksi faktor A x B}$$

2.8.5 Tes F

Hasil analisa varians tidak ditemukan adanya perbedaan perlakuan dan pengaruh faktor dalam percobaan. Pembuktian ini dilakukan dengan tes hipotesa F. Pengujian hipotesa dalam suatu percobaan adalah :

$$H_0 = \text{tidak ada perlakuan sehingga : } \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_j = \mu_k$$

$$H_1 = \text{Ada pengaruh perlakuan sedikit sehingga ada satu } \mu \text{ yang tidak sama}$$

Apabila nilai tes $F_{\text{test}} < F_{\text{tabel}}$ maka hipotesa (H_0) diterima berarti tidak ada pengaruh perlakuan. Namun jika nilai $F_{\text{test}} > F_{\text{tabel}}$ maka hipotesa (H_0) ditolak dan berarti ada perbedaan perlakuan.

Dengan tabel ANOVA di atas dapat dilakukan pengujian terhadap perbedaan pengaruh level dengan hipotesa sebagai berikut :

- Untuk taraf faktor A taraf faktor A
 $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_8$
 $H_1 : \text{paling sedikit ada satu pasangan } \tau_1 \text{ yang tidak sama}$
- Untuk taraf faktor A taraf faktor B
 $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n$
 $H_1 : \text{Paling sedikit ada satu pasangan } \beta_j \text{ yang tidak sama}$
- Untuk interaksi antara faktor A dan B
 $H_0 : \tau \beta_{11} = \tau \beta_{gn}$
 $H_1 : \text{Paling sedikit ada satu pasangan } \tau \beta_{ik} \text{ yang tidak sama}$
- Statistic Uji

Untuk faktor A	: $F_{\text{hitung}} = MS_A / MS_e$
Untuk faktor B	: $F_{\text{hitung}} = MS_B / MS_e$
Untuk interaksi A dan B	: $F_{\text{hitung}} = MS_{A \times B} / MS_e$
- Daerah penolakan

Untuk faktor A	: Tolak H_0 jika $F_{\text{hitung}} > F_{\alpha} (V_A, V_e)$
Untuk faktor B	: Tolak H_0 jika $F_{\text{hitung}} > F_{\alpha} (V_B, V_e)$
Interaksi A dan B	: Tolak H_0 jika $F_{\text{hitung}} > F_{\alpha} (V_{A \times B}, V_e)$

2.8.6 Pooling Faktor

Persen kontribusi merupakan angka atau fungsi yang menunjukkan kekuatan relative dari faktor utama dan faktor interaksi antar faktor utama yang signifikan, terhadap pengurangan variansi dari respon yang dihasilkan. Persen kontribusi didapat dari perbandingan jumlah kuadrat selain faktor tersebut dengan jumlah kuadrat totalnya. Penempatan level atau interaksi jika dikendalikan dengan benar maka total varian dapat dikurangi sebanyak persen kontribusi. Variansi yang berhubungan dengan suatu faktor atau interaksi, juga mencakup jumlah

tertentu yang berhubungan dengan *error*, perhitungan persen kontribusi didasarkan pada tabel ANOVA. Pernyataan berikut menyatakan variansi dalam faktor A. Dari tabel ANOVA diperoleh nilai MS_A dan MS_e dan selanjutnya dimasukkan dalam rumus ini:

$$MS'_A = MS_A + MS_e$$

$$MS_A = \text{Jumlah variansi dari faktor A}$$

Dengan mengubah susunan rumus diatas, maka:

$$MS'_A = MS_A - MS_e$$

Dimana

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A}$$

Sehingga

$$MS'_A = \frac{SS'_A}{V_A}$$

Maka

$$\frac{SS'_A}{V_A} = \frac{SS_A}{V_A} - MS_e$$

Diperoleh

$$SS'_A = SS_A - (V_A \times MS_e)$$

Selanjutnya besar persen kontribusi untuk faktor lain yang mengacu pada perhitungan diatas. Semakin besar persen kontribusi maka faktor tersebut mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap variansi respon yang dihasilkan.

2.8.7 Taksiran Nilai

Setelah diperoleh faktor yang optimal pada suatu eksperimen selanjutnya dihitung taksiran nilai untuk kondisi optimum. Kondisi optimum diperoleh hanya dengan mengestimasi faktor yang signifikan, oleh karena itu faktor pooling tidak dimasukkan dalam perkiraan.

Apabila faktor A, B, C merupakan faktor yang optimum maka taksiran nilai kondisi optimum adalah :

$$\hat{y}_{ijk} = \bar{y} + (A_i - \bar{y}) + (B_j - \bar{y}) + (C_k - \bar{y})$$

2.9 Penelitian – Peneletian Sebelumnya

1. Darsono, (2006). *Aplikasi Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Mie*, Jurusan Teknik Industri UMG, Gresik

Pembuatan mie menggunakan bahan-bahan utama (tepung terigu segitiga, tepung kanji singkong), bahan tambahan (garam, penyedap rasa), bahan penggurih (bawang putih, sarden) lama penjemuran (2 hari, 3 hari) bentuk kerupuk mie (bulat kotak), jenis minyak goreng filma, dan jenis pembungkus (Plastik, kaleng). Faktor-faktor yang tidak bisa dikendalikan adalah faktor alam: Panas, banjir, tanah longsor, gunung meletus dan gempa bumi. Bahan-bahan yang tidak sesuai akan mengakibatkan banayak produk mie cacat.

Karakteristik bahan yang digunakan dalam pembuatan mie sangat berpengaruh dalam menentukan kualitas produk mie. Dari faktor terkendali terdapat 7 faktor dan 2 level faktor terkendali. Dari faktor dan level tersebut maka didapat *Orthogonal Array* standat dari metode taguchi $L_8 (2^7)$ yaitu 8 Eksperimen dua level dan tutjuh faktor. Karakteristik kualitas yang dipakai dalam penelithan ini yaitu (*small the better*) dengan menerapkan prosedur *mean* dan *Signal to Noise* (S/N).

Kombinasi level yang Signifikan untuk *mean* adalah G1 dan B1 ,Kontribusi faktor G1 = 12,72 % B1,63% predeksi presentasi cacat berdasarkan *mean* sebesar 10,58% sampai 10,048% sampai 11,012 % seedangkan untuk *Signal to Noise* faktor yang signifikan adalah B1. Kontribusi faktor B1 = 14,052%,predeksi presentase cacat berdasarkan *Signal to Noise* sebesar -7,70% dengan interval 8,04 sampai 9,88%.

2. Triwindiyanto, (2006). *Penerapan Metode Taguchi Pada Usaha Peningkatan Mutu Produk Roti Bakery*, Jurusan Teknik Industri UMG, Gresik.

Proses pembuatan roti bakery merupakan beberapa bahn baku dan proses produksi antara lain berupa merk tepung (kereta kencana, kompas),

ukuran air (600ml, 500ml), komposisi mentega (100 gram, 150 gram) waktu mixer (30 menit, 45 menit), pendiaman (60menit, 90 menit), komposisi telur (3 butir, 4 butir) komposisi ragi (10 gram, 15 gram) Suhu (125°c, 150°c), komposisi ragi (10 gram, 15 gram). Bahan-bahan yang tidak sesuai dengan komposisi akan mengakibatkan banyak produk roti yang cacat,

Karakteristik dan komposisi dari bahan-bahan yang digunakan dalam penambahan roti bakery sangat berpengaruh dalam menentukan kualitas produk roti bakery. Dari identifikasi faktor-faktor terkendali terdapat 11 faktor dan level-level tersebut, didapat *Orthogonal Array* standart dari metode Taguchi $L_{12}(2^{12})$ yaitu 12 eksperimen ini adalah STB (*Smaller The Better*) dengan menerapkan prosedur *Mean* dan *Signal to Noise Ratio S/N*.

Kombinasi level faktor yang signifikan untuk *Mean* adalah C_1 dan F_1 kontribusi faktor $C_1 = 4,38\%$ $F_1 = 20,33\%$ predeksi presentasi cacat berdasarkan *Mean* sebesar 15,22% dengan interval 14,988 % sampai 15,452 % .Sedangkan untuk *Signal to Noise Ratio* faktor yang signifikan untuk *mean* adalah $C_1= 11,27\%$, $F_1 = 19,791\%$ predeksi presentasi cacat berdasarkan *Signal to Noise Ratio* sebesar 9,47% dengan interval 8,975 % sampai 9,965%.

3. Allfiansya Noor, (2008). *Peningkatan Kualitas Produk Soyben Curd Dengan pendekatan FMEA dan TAGUCHI*, Jurusan Teknik Industri UMG, Gresik.

Proses pembuatan tahu menggunakan beberapa bahan baku dan proses produksi antara lain berupa jenis bahan baku (Galunggung, Shakti) jenis pengumpulan (Larutan jenuh sioko,Asam Cuka), lama perendaman kedelai (3 jam,4 jam), Lama perebusan (110 menit,15 menit),anti busa (Kalsium karbonat,Minyak Goreng), Suhu perebusan (110⁰:90⁰), lama pendiaman 10 menit, 5 Menit). Bahan-Bahan yang tidak sesuai dari komposisi akan mengakibatkan banyak produk tahu cacat.

Karakteristik dari bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan tahu sangat berpengaruh dalam pembuatan tahu. Dari indentifikasi faktor dan 2 level. Dari faktor dan level tersebut maka didapat *Orthogonal Array* standart metode taguchi L16 (12^{15}). Karakteristik kualitas yang dipakai dari penelitian yaitu (*Smaller The Better*).

Kontribusi dari faktor yang signifikan adalah jenis bahan baku (A) 37.461% jenis penggumpala (B) 11.7%, Anti Busa (E) -0.567%, Lama Pendiaman (G) 1.188%, Lama Perebusan x Anti Busa (D x E) 33.014%, Lama Perebusan x Suhu perebusan (E x F) -0.739%, Anti Busa x Suhu perebusan (E x F) -0.794, sedangkan untuk kombinasi level faktor yang optimum adalah jenis bahan baku (A) (Galunggung), Jenis penggumpal (B) (Larutan jeneuh Sioko), Lama perendaman Kedelai (C) (3 jam), Lama perebusan (D) (15 Menit), Anti busa (E) (Kalsium karbbonat), Suhu perebusan (F) (110^0), Lama Pendiaman (G) (10 menit).