

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Masalah

PT XYZ adalah perusahaan farmasi yang mengkhususkan diri dalam produk *Dermatology*. Berdiri sejak tahun 2008, PT. XYZ terus mengembangkan sayapnya untuk tetap bisa bertahan dengan menciptakan dan mengembangkan produk yang inovatif. Salah satu produk kosmetik yang dikembangkan untuk kulit kepala dan rambut yang di produksi PT. XYZ adalah sampo. Terdapat berbagai jenis sampo yang dikembangkan oleh PT. XYZ, diantaranya adalah sampo penumbuh rambut, sampo anti ketombe, dan sampo untuk rambut kering. Namun terdapat masalah yang serius mengenai kualitas sampo untuk rambut kering setelah produk ini diproduksi skala besar, yaitu pemerian sampel berwarna kuning keruh yang seharusnya berwarna hijau bening yang menyebabkan sampo untuk *batch* ini tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Tentu saja hal ini sangat mengagetkan seluruh jajaran management PT. XYZ karena hal ini tidak pernah terjadi di produksi sampo untuk rambut kering yang sama pada *batch* sebelumnya. Hal ini mengakibatkan kerugian yang sangat besar karena perusahaan harus *me-reject* seluruh produk dengan nomor *batch* tersebut yaitu sebanyak 3.710 botol atau sebesar 371.000 liter sampo untuk rambut kering dan untuk satu kali produksi biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 73.000.000.

Setelah ditelusuri akar permasalahan dan diteliti di laboratorium ternyata penyebab perubahan warna dan kekeruhan ini adalah karena sampo untuk rambut kering tersebut telah tercemar mikroba. Mikroba yang ada dalam sampo untuk rambut kering pada *batch* ini bereaksi dengan sampo untuk rambut kering dan mengakibatkan terjadinya kerusakan yang membuat sampo untuk rambut kering *batch* tersebut menjadi keruh dan berubah warna. Kemudian ditelusuri pula penyebab dari cemaran tersebut yang kemungkinan terbesar adalah kontaminasi

dari mesin produksi yang tidak steril dan mencemari produk sehingga tumbuh mikroba pada produk sampo untuk rambut kering yang diproduksi dengan mesin tersebut dan dapat diketahui letak permasalahannya adalah metode sanitasi mesin produksi dan efektifitas pengawet untuk menghalang bakteri.

Para peneliti dan formulator PT. XYZ pun melakukan riset tentang metode sanitasi mesin produksi yang paling efektif menggunakan 3 larutan sanitasi, yaitu Alkohol 70%, H₂O₂ 3% kemudian dibasuh dengan air panas, dan penggunaan larutan BKC (benzalkonium klorida) 2%. Dalam riset ini digunakan 3 jenis larutan sanitasi di atas karena ke-3 jenis larutan sanitasi tersebut adalah jenis larutan sanitasi yang paling banyak dipakai di perusahaan farmasi. Pengecekan kesterilan hasil sanitasi mesin produksi dilakukan dengan teknik *swab* dan dianalisa secara mikrobiologi. Kemudian dilakukan riset kembali terhadap pemakaian pengawet pada sampo untuk rambut kering tersebut agar kesalahan yang sama tidak terulang kembali karena fungsi dari pengawet sendiri adalah menghambat pertumbuhan mikroba dan menghilangkan mikroba yang terdapat di dalam produk sehingga produk tidak berubah. Ketiga bahan pengawet yang paling efisien untuk sampo untuk rambut kering ini dianalisa secara mikrobiologi untuk tiga nomor *batch* sampel dengan tiga pengawet yang berbeda yaitu DMDM Hydantoin, Katon CG, dan Nipagin + nipasol. 3 jenis bahan pengawet di atas digunakan dalam penelitian karena ke-3 jenis larutan sanitasi tersebut adalah jenis larutan sanitasi yang paling banyak dipakai di perusahaan farmasi dan karena keterbatasan penggunaan bahan pengawet yang diatur oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (terlampir).

Pengawet yaitu bahan yang dapat mengawetkan kosmetik dalam jangka waktu selama mungkin agar dapat digunakan lebih lama. Pengawet dapat bersifat anti kuman sehingga dapat menangkal terjadinya bau tengik karena aktivitas mikroba sehingga kosmetik menjadi lebih stabil.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas perumusan masalah yang dihadapi pada penelitian ini adalah :

- Bagaimana pengaruh dari pemilihan pengawet sampo yang dapat menanggulangi permasalahan kekeruhan dan perubahan warna pada sampo?
- Bagaimana pengaruh dari pemilihan larutan sanitasi yang digunakan untuk mensanitasi mesin produksi yang dapat menanggulangi permasalahan kekeruhan dan perubahan warna pada sampo?

1.3.Tujuan

Dari penjelasan pada latar belakang masalah, tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengetahui besarnya pengaruh dari pemilihan pengawet sampo yang dapat menanggulangi permasalahan kekeruhan dan perubahan warna pada sampo.
- Mengetahui besarnya pengaruh dari pemilihan larutan sanitasi yang digunakan untuk melakukan sanitasi pada mesin produksi yang dapat menanggulangi permasalahan kekeruhan dan perubahan warna pada sampo

1.4.Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini adalah:

- Penelitian dilakukan di laboratorium R&D PT XYZ.
- Komposisi penambahan bahan pengawet yang digunakan tidak dimasukkan ke dalam data karena merupakan histori penelitian formulasi PT XYZ.
- Metode pengujian total bakteri dilakukan dengan metode dari BPOM (badan pengawas obat dan makanan) Republik Indonesia.

1.5.Asumsi

Beberapa asumsi untuk perbaikan antara lain:

- Alat ukur berfungsi dengan baik dan menghasilkan pengukuran yang tepat.
- Semua jenis pengawet dianggap mendapatkan perlakuan yang sama selama proses percobaan.

1.6.Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan skripsi ini terbagi menjadi lima bab pembahasan, yaitu sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan menjabarkan hal-hal yang menjadi latar belakang penulis melakukan pengamatan dan penelitian di PT. XYZ, rumusan masalah, tujuan, serta batasan-batasan dan asumsi yang digunakan untuk mempermudah dalam proses penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan dasar-dasar teori yang digunakan dalam proses pengolahan data untuk melakukan pemecahan permasalahan yang ditemukan di PT XYZ.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahap-tahap yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian. Tahapan dimulai dengan pengidentifikasian masalah, perumusan masalah, penetapan tujuan, pembatasan masalah, pengumpulan dan pengolahan data, analisis, serta simpulan dan saran.

BAB IV DATA DAN ANALISIS

Bab ini dimulai dengan pengumpulan data, kemudian data digunakan untuk melakukan pengolahan dengan metode statistik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

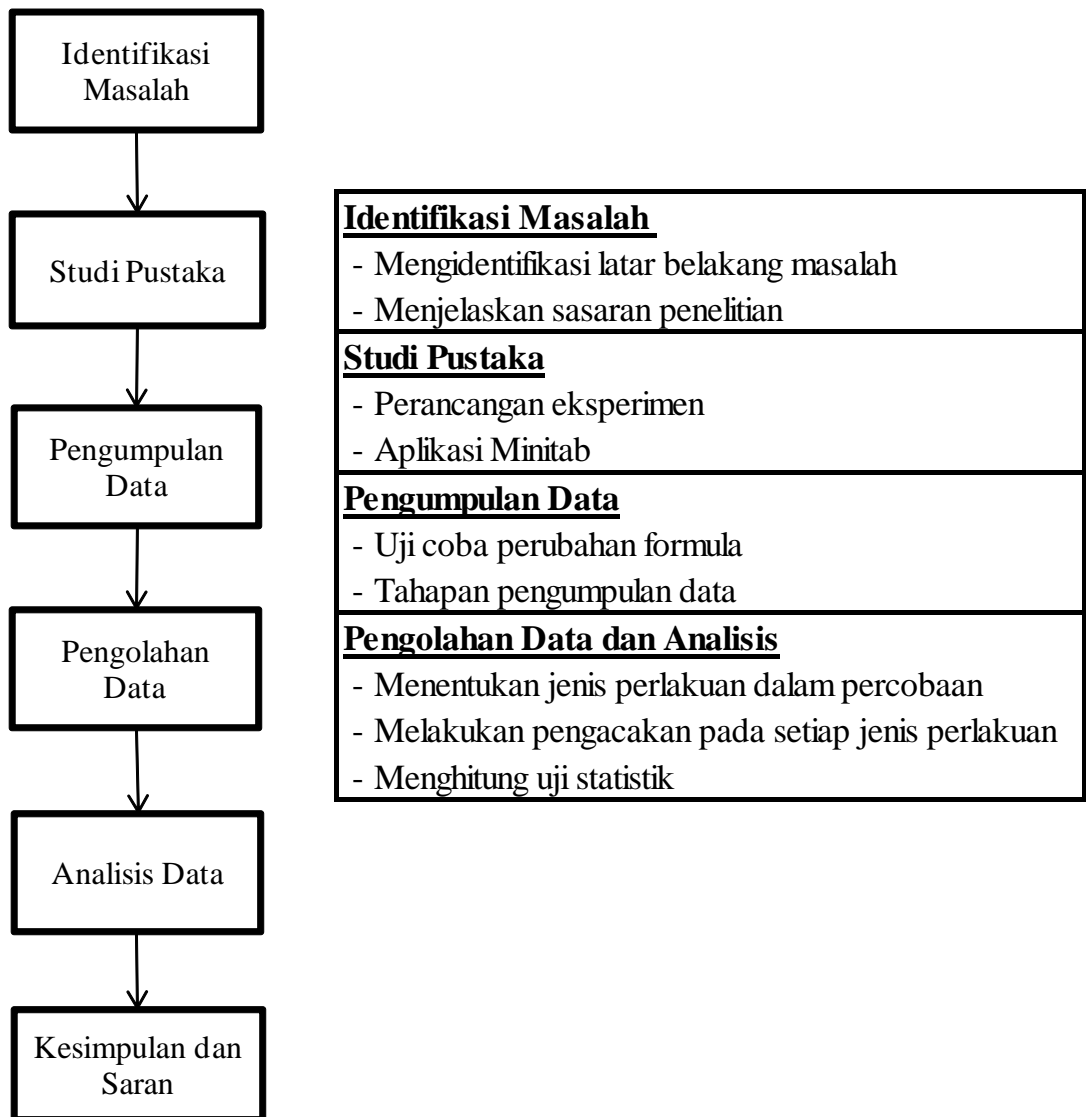
Bab terakhir memberikan simpulan dan pemecahan masalah dari hasil penelitian yang dilakukan penulis, serta memberikan saran-saran sebagai bahan pertimbangan untuk memperbaiki permasalahan di PT XYZ dan proses penelitian berikutnya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Langkah – Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan untuk memecahkan permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

Berikut penjelasan dari langkah-langkah yang digambarkan pada kerangka penelitian:

1. Identifikasi Masalah

a. Latar Belakang Masalah

Pada Bab 1 telah dijelaskan bahwa terdapat suatu masalah pada PT. XYZ yaitu satu *batch* produksi produk sampo untuk rambut kering harus di-*reject* karena terdapat mikroba yang mencemari produk sehingga membuat produk berubah warna dan keruh. Setelah dianalisa ternyata jumlah mikroorganisme di dalam produk terlalu banyak dan tidak sesuai spesifikasi sehingga bagian R&D melakukan riset dengan mengganti jenis pengawet dan larutan sanitasi yang digunakan untuk membersihkan ruangan dan mesin produksi yang menjadi kemungkinan terbesar pencemaran mikroba ke produk. Diharapkan dengan percobaan ini tidak ada lagi kerusakan produk karena cemaran mikroba.

b. Sasaran Penelitian

Pada Bab 1 telah dijelaskan bahwa faktor terbesar yang menjadi penyebab pencemaran mikroba adalah material dan metode. Dari segi material yang ditekankan adalah jenis material yang digunakan yaitu jenis pengawet yang digunakan dan jenis larutan sanitasi yang digunakan. Dari segi metode yang ditekankan adalah metode sanitasi yang dilakukan pada ruangan dan mesin produksi sebelum proses produksi belum terstandar dan tervalidasi. Penelitian menggunakan metode Angka Lempeng Total secara mikrobiologi untuk mengetahui jumlah bakteri yang terdapat pada produk yang akan dianalisa. Sampo yang memiliki jumlah cemaran bakteri yang sangat banyak sehingga tidak dapat dibaca dan mempengaruhi warna dan kejernihan produk memiliki kombinasi material dan metode sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tabel Kombinasi Material Sampo Existing

Jenis Pengawet	Jenis Larutan Sanitasi
Kathon CG	BKC 2%

Kemudian dilakukan percobaan untuk mengetahui kombinasi mana dari jenis pengawet dan jenis larutan sanitasi yang memberikan pengaruh

paling baik terhadap penekanan jumlah bakteri pada produk dengan respon yang digunakan adalah jumlah bakteri dari hasil analisa angka lempeng total.

2. Studi Pustaka

Untuk membantu mencari hubungan implementasi secara teori serta data pendukung, penulis mengumpulkan berbagai literatur yang dapat dijadikan acuan untuk melakukan analisis pengaruh antara perubahan formula terhadap kualitas produk yang dihasilkan, seperti:

- *Design and Analysis of Experiment*
 - *Randomized Complete Design* (Rancangan Acak Lengkap)
 - ANOVA (*Analysis of Variance*)
- Aplikasi Minitab

3. Pengumpulan Data

a. Uji Coba Perubahan Formula

Uji coba perubahan formula pada produk sampo untuk rambut kering ini dilakukan melalui tiga tahap, yaitu menelusuri apa penyebab terhadap perubahan warna dan kejernihan pada produk, mengubah bahan pengawet yang digunakan dan percobaan dengan tiga jenis bahan pengawet yang berbeda, kemudian percobaan mengubah jenis larutan sanitasi yang digunakan untuk mensanitasi ruangan dan mesin produksi. Dengan demikian untuk mendapatkan hasil yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan maka dilakukan analisa angka lempeng total secara mikrobiologi untuk menilai komposisi yang paling baik pada produk sampo untuk rambut kering hasil percobaan tersebut.

b. Tahapan Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah data yang sudah dilakukan percobaannya dan analisis di laboratorium PT XYZ. Pengumpulan data dimulai dari:

- Alur pekerjaan R&D
- Grafik persentase kerusakan sampo akibat cemaran mikroba

- Diagram sebab – akibat

Data yang diambil pada percobaan ini adalah data percobaan jenis bahan pengawet dan jenis larutan sanitasi yang digunakan pada produksi skala kecil sampo untuk rambut kering yang diuji secara mikrobiologi.

4. Pengolahan dan Analisis Data

a. Menentukan Jenis Perlakuan Dalam Percobaan

Pengolahan data menggunakan statistik parametrik, yaitu dengan menggunakan metode DOE *factorial design* dan menggunakan software minitab. Dalam percobaan yang dilakukan ini faktor yang digunakan berjumlah dua faktor dengan masing-masing memiliki tiga level yang berbeda, yaitu:

- Jenis Bahan Pengawet
 - Kathon CG
 - Nipagin + Nipasol
 - DMDM Hydantoin
- Jenis Larutan Sanitasi
 - Alkohol 70%
 - H₂O₂ 3% + Air Panas
 - BKC 2%

Setiap level dalam percobaan ini dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

Faktor yang dikontrol dalam percobaan ini adalah:

1. Jumlah mikroba yang dianalisa pada sampel
2. Jumlah mikroba pada mesin sebelum dilakukan proses produksi (dengan metode *swab*)
3. Kondisi kebersihan laboratorium mikrobiologi dan ruangan produksi
4. Cara sanitasi
5. Penyimpanan Produk di Gudang

b. Melakukan Pengacakan Pada Setiap Jenis Perlakuan

Metode pengacakan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Dimana semua perlakuan diacak secara lengkap tanpa dilakukan perlakuan. Pengacakan dilakukan dengan menggunakan bilangan acak, kemudian diurutkan dari bilangan acak yang paling kecil.

c. Menghitung Uji Statistik

Langkah-langkah dalam melakukan perhitungan uji statistik terhadap hasil percobaan adalah sebagai berikut:

- Menganalisis Normalitas Data

Data yang diperoleh dilakukan uji normalitas data terlebih dahulu untuk menguji apakah data yang digunakan normal atau tidak

- Analisis Varian (ANOVA)

Setelah itu, software minitab juga akan memberikan hasil analisis varian yang akan memberikan beberapa plot data residual, dan interaksi antar faktor dapat dilihat pada grafik *main effect plot* dan *iteration plot*.

- Analisis Residual

Uji keabsahan model dengan melakukan uji pada data residual berupa uji normalitas, uji homogenitas ragam, dan kebebasan galat.

- *Tukey Test*

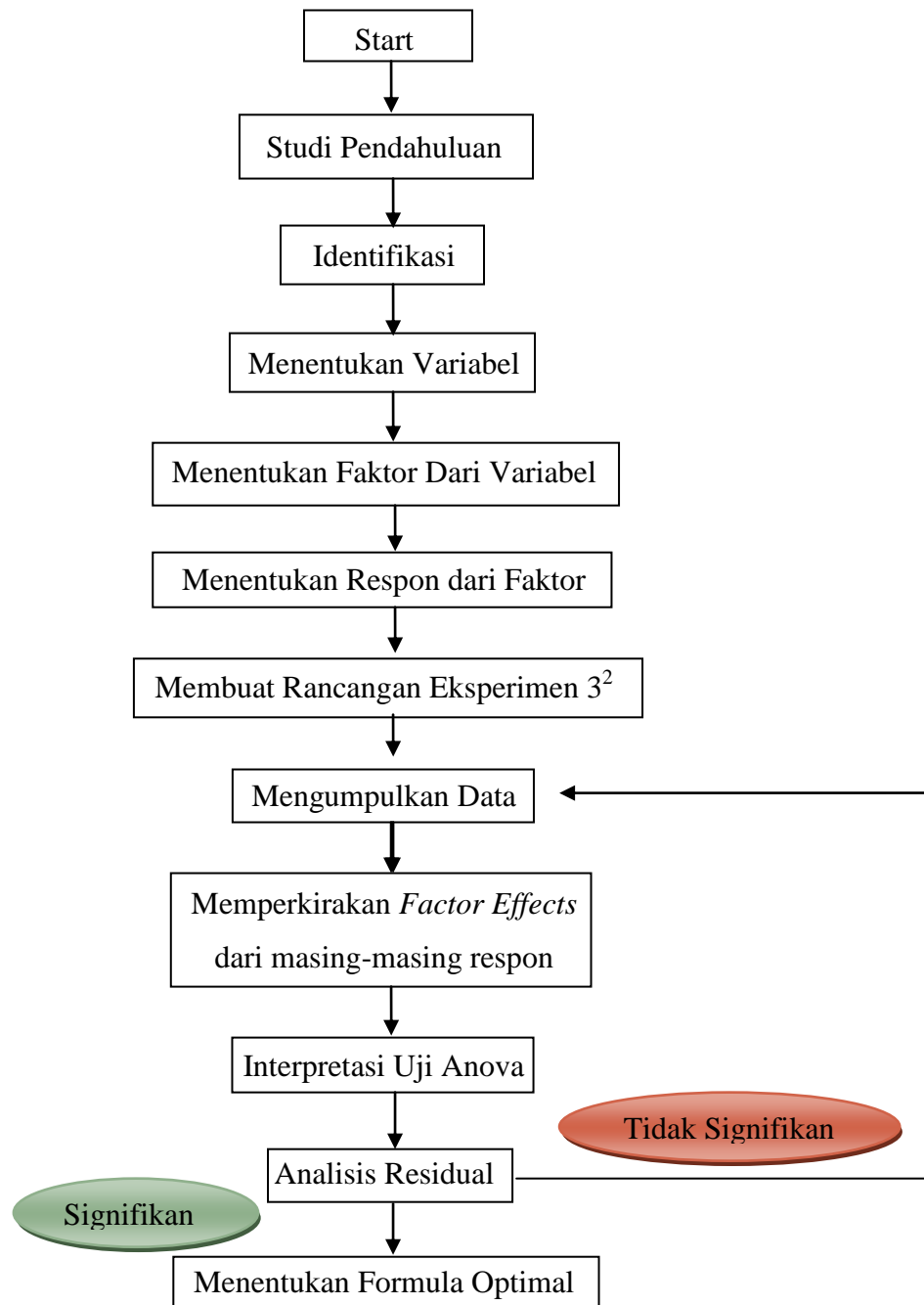
Uji *Tukey* biasa juga disebut uji beda nyata jujur (BNJ) atau *honestly significance difference* (HSD), diperkenalkan oleh Tukey (1953). Prosedur pengujiannya mirip dengan LSD, yaitu mempunyai satu pembandingan dan digunakan sebagai alternatif pengganti LSD apabila kita ingin menguji seluruh pasangan rata-rata perlakuan tanpa rencana. Uji Tukey digunakan untuk membandingkan seluruh pasangan rata-rata perlakuan setelah uji Analisis Ragam di lakukan.

5. Kesimpulan dan Saran

Pada bagian ini berisikan poin-poin yang dapat diambil selama penelitian dan akan menjawab rumusan masalah pada bab I. Selain itu, pada bab ini juga diberikan saran mengenai permasalahan yang dihadapi.

3.2 Alur Rancangan Percobaan

Berikut adalah alur dari rancangan percobaan yang dilakukan:



Gambar 3.2 Alur Rancangan Percobaan



**PENGARUH PEMILIHAN BAHAN PENGAWET DAN
LARUTAN SANITASI TERHADAP KUALITAS
PRODUK SAMPO DI PT. XYZ**

**Oleh:
Nadya Arkestianti
NIM : 004201205087**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Akademik
Mencapai Gelar Strata Satu pada Fakultas Teknik
Program Studi Teknik Industri**

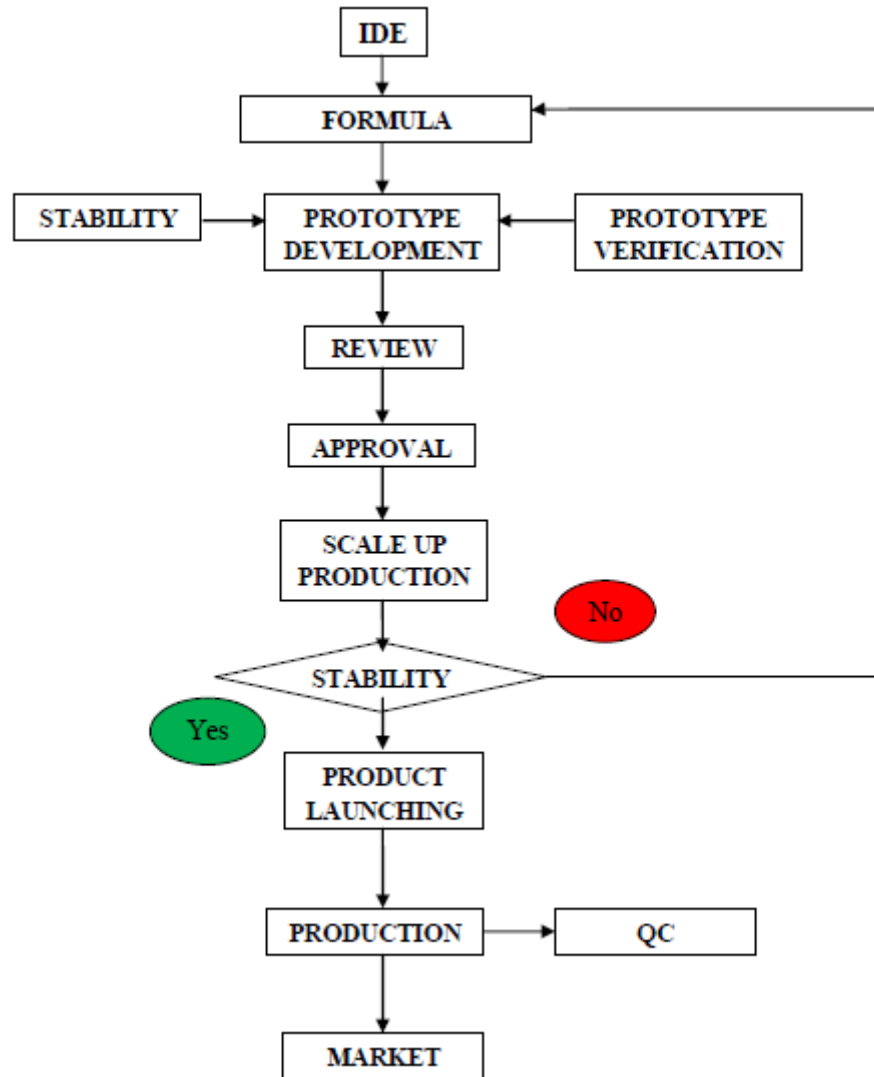
2016

BAB IV

DATA DAN ANALISIS

4.1. Pengumpulan Data

Berikut adalah alur kerja R&D dalam mengembangkan produk :

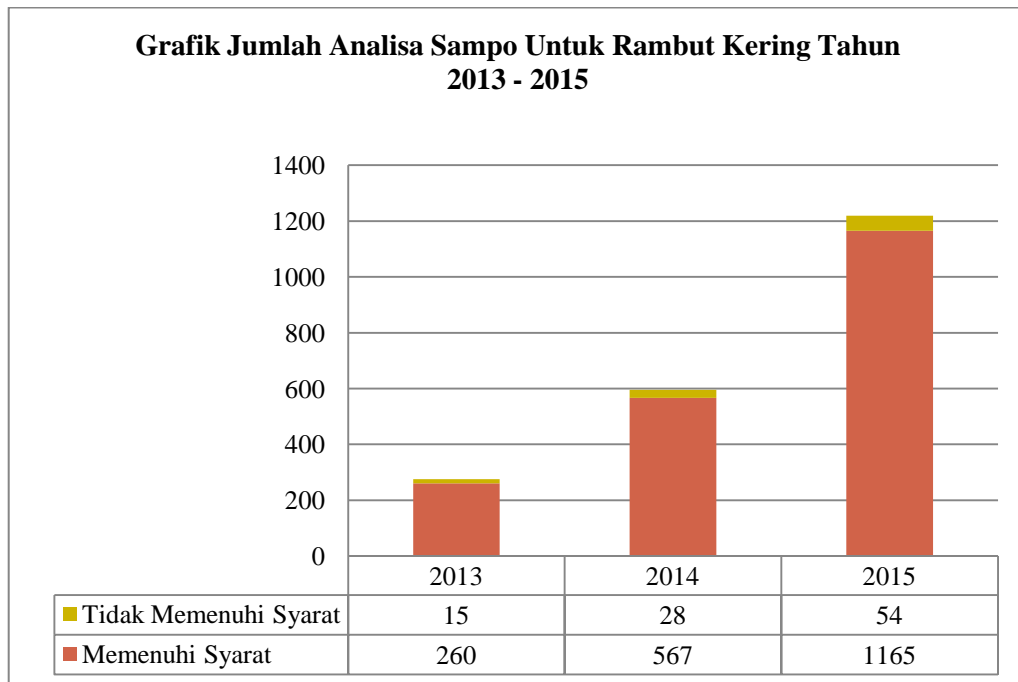


Gambar 4.1. Alur Pekerjaan R&D

Kasus yang terjadi pada sampo untuk rambut kering yang diproduksi oleh PT. XYZ sudah sampai tahap produksi. Seperti yang sudah disebutkan pada Bab 1 yaitu temuan masalah didapatkan oleh bagian QC (Quality Control) berupa hasil analisa mikrobiologi pada sampel setelah produksi tidak memenuhi spesifikasi

yaitu jumlah cemaran terlalu banyak dan tidak dapat dibaca (TBUD). Pengujian secara mikrobiologi pun dilakukan secara berulang kali untuk memastikan hasil analisa bahkan sampel dikirim ke bagian R&D untuk dicek namun hasil tetap sama, jumlah bakteri pada produk melebihi spesifikasi. Produk sampo untuk rambut kering pada *batch* tersebut pun tidak dapat diloloskan dan dikarantina oleh departemen QC.

Namun setelah diselidiki, ternyata produk sampo untuk rambut kering dengan formula yang sama namun nomor *batch* yang berbeda dan masih tahap stabilitas lab pun pernah terjadi hal yang sama, yaitu jumlah cemaran mikroba tidak memenuhi syarat atau mendekati tidak memenuhi syarat. Berikut adalah grafik jumlah pengujian sampel sampo untuk rambut kering yang memenuhi syarat dan tidak memenuhi syarat dalam tiga tahun terakhir di PT. XYZ.



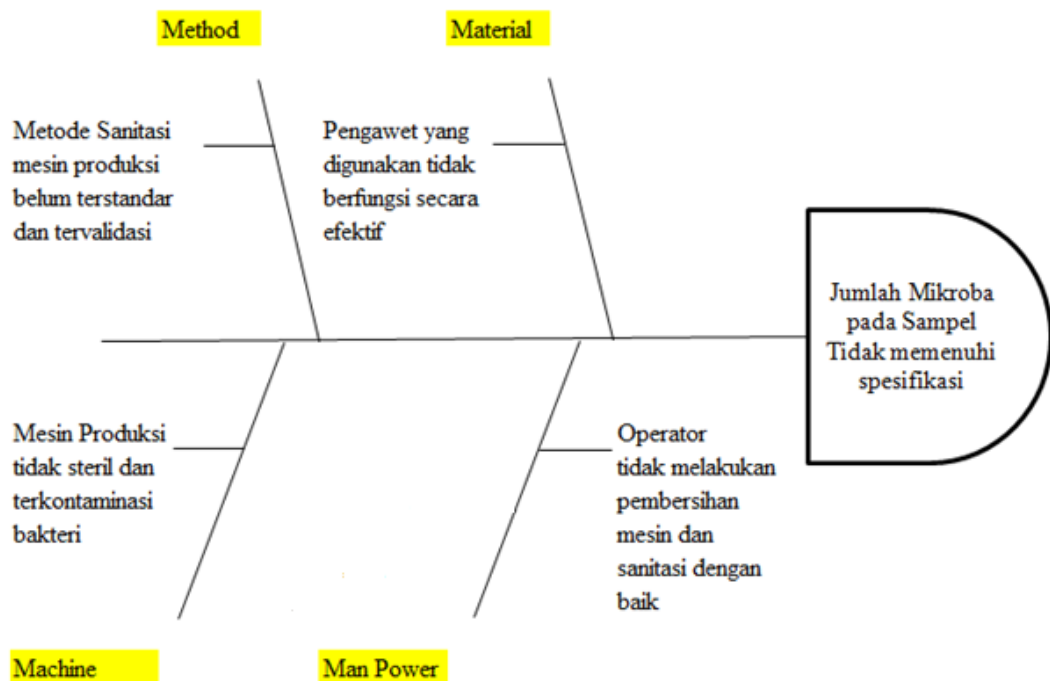
Gambar 4.2 Grafik Jumlah Analisa Sampo untuk Rambut Kering

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pengujian sampo untuk rambut kering tidak sedikit, di setiap tahun jumlah pengujian analisa sampo meningkat hingga lebih dari dua kali lipat dikarenakan produksi sampo untuk rambut kering yang bertambah dikarenakan besarnya permintaan pasar. Jumlah analisa sampo yang tidak memenuhi syarat adalah sebesar 5,45 % pada tahun

2013, 4,7% pada tahun 2014 dan 4,4% pada tahun 2015 dari seluruh sampel yang dianalisa. Namun sampel yang tidak memenuhi syarat ini hanya terdapat pada sampel yang disimpan dalam suhu oven (40°C) untuk stabilitas lab. Suhu tinggi saat penyimpanan di oven mengakibatkan perubahan bentuk dari sampel sampo sendiri dan membuat bakteri berkembang lebih banyak.

Pendekatan menggunakan metode 4M pun dilakukan untuk melihat faktor-faktor utama yang bisa menjadi penyebab permasalahan ini yaitu:

1. *Machine (Equipment)*
2. *Method (Process/Inspection)*
3. *Material (Raw, Consumables, etc.)*
4. *Man Power*



Gambar 4.3 Diagram Sebab Akibat

Dari diagram di atas maka didapat kesimpulan utama bahwa penyebab jumlah mikroba pada sampel sampo untuk rambut kering tidak memenuhi spesifikasi adalah karena mesin produksi yang tidak steril dan mengkontaminasi sampel. Walaupun sudah dilakukan sanitasi pada mesin produksi sebelum melakukan

produksi, namun metode sanitasi yang digunakan dianggap belum efektif karena masih ada bakteri yang mengkontaminasi sampel. Meskipun begitu, tidak dapat dipastikan bahwa mesin benar-benar steril karena mesin tidak berada dalam area steril (*white area*) dan produk yang ingin diproduksi pun bukan merupakan produk steril sehingga pencemaran sangat rentan terjadi baik dari faktor lingkungan sehingga diperlukan zat untuk menghambat dan mengontrol jumlah bakteri atau kontaminan yang masuk ke dalam sampel atau disebut dengan pengawet. Dari diagram ini pula dapat disimpulkan bahwa penggunaan pengawet yang seharusnya dapat mengontrol jumlah bakteri dalam sampel tidak efektif.

Untuk itu dilakukan pemilihan larutan sanitasi yang biasa digunakan untuk mensanitasi mesin produksi yang tentunya sesuai dengan kriteria sebagai desinfektan atau pembunuh kuman yang tidak bereaksi dengan bahan dari mesin produksi. Jenis larutan sanitasi yang diuji adalah :

1. Alkohol 70%
2. H₂O₂ 3% kemudian dilanjutkan dengan pemberian air panas bersuhu 70-80°C
3. BKC 2%

Berikut adalah tabel jumlah penggunaan dan dampak dari larutan sanitasi yang menjadi dasar pemilihan ketiga jenis larutan sanitasi dalam penelitian ini.

Tabel 4.1 Tabel Jumlah Penggunaan dan Dampak dari Larutan Sanitasi

Jenis Larutan Sanitasi	Jumlah Penggunaan	Dampak
Alkohol	70%	Senyawa desinfektan yang membunuh bakteri melalui denaturasi protein dan pelarutan membran lemak.
H ₂ O ₂ + Air Panas	3%	Oksidator kuat, dapat mengoksidasi komponen luar bakteri dan menjadi racun bagi bakteri sehingga bakteri dapat langsung mati dengan cepat. Air panas menjadi pembersih yang steril dan penghilang zat deterjen yang digunakan sebagai pembersih sebelumnya.
<i>Benzankonium Chloride</i> (BKC)	2%	Senyawa amonium quartenair yang efektif terhadap bakteri, jamur, dan virus.

Kemudian dilakukan pemilihan pengawet yang merupakan pengawet yang dianjurkan oleh BPOM untuk penggunaan kosmetik. Jenis pengawet yang diuji adalah:

1. DMDM Hydantoin
2. Kathon CG
3. Nipagin + Nipasol

Analisa dilakukan secara mikrobiologi yaitu dengan metode Angka Lempeng Total yang akan didapat jumlah mikrobiologi yang terhitung atau ditambahkan ke dalam masing-masing kondisi yang akan diuji dan akan didapat data jumlah mikroba dari hasil pengujian. Apakah mikroba yang ditambahkan dapat menurun karena efektifitas dari pengawet dan kesterilan mesin produksi ataukah malah bertambah, karena bakteri dapat berkembangbiak secara baik pada sampel tersebut.

Berikut adalah tabel penggunaan dan dampak dari pengawet yang menjadi dasar pemilihan ketiga jenis bahan pengawet dalam penelitian ini.

Tabel 4.2. Tabel Jumlah Penggunaan dan Dampak dari Bahan Pengawet

Jenis Bahan Pengawet	Jumlah penggunaan	Dampak
DMDM Hydantoin	0,1 – 1 %	membunuh mikroba dengan melepaskan zat formaldehid dan mempunyai spektrum antimikroba yang luas, sehingga efektif terhadap hampir semua mikroba.
Kathon CG	1,8 – 3 %	Efektif terhadap jamur, bakteri gram positif dan gram negatif.
Nipagin + Nipasol	0,1 – 0,8 %	Efektif terhadap jamur, bakteri gram positif, namun kurang efektif terhadap bakteri gram negatif.

Selain meneliti pengaruh dari jenis pengawet dan larutan sanitasi, dalam penelitian ini terdapat pula faktor yang di kontrol selama percobaan, yaitu:

- Suhu

Suhu berperan penting dalam mengatur jalannya reaksi metabolisme bagi semua makhluk hidup. Khususnya bagi bakteri, suhu lingkungan yang berada lebih tinggi dari suhu yang dapat ditoleransi akan menyebabkan denaturasi protein dan komponen sel esensial lainnya sehingga sel akan mati. Demikian pula bila suhu lingkungannya berada di bawah batas toleransi, membran sitoplasma tidak akan berwujud cair sehingga transportasi nutrisi akan terhambat dan proses kehidupan sel akan terhenti. Syarat suhu di ruangan produksi dan laboratorium mikrobiologi adalah 18 - 22°C.

- Kelembaban relatif

Kelembaban relatif pada suatu ruangan sangat berpengaruh pada pertumbuhan bakteri. Pada umumnya bakteri memerlukan kelembaban relatif (relative humidity, RH) yang cukup tinggi, kira-kira 85%. Kelembaban relatif dapat didefinisikan sebagai kandungan air yang terdapat di udara. Pengurangan kadar air dari protoplasma menyebabkan kegiatan metabolisme terhenti, misalnya pada proses pembekuan dan pengeringan. Alat untuk menghitung kelembaban relatif adalah thermohygro. Syarat untuk RH pada ruangan produksi dan laboratorium mikrobiologi adalah 45 – 75%.

- Kondisi Kebersihan

Kondisi kebersihan laboratorium mikrobiologi dan ruangan produksi dilakukan secara visualisasi dengan menggunakan indra penglihatan.

- Penyimpanan Produk di Gudang

Penyimpanan produk atau sampel di gudang di kontrol setiap harinya agar tetap berada pada tempat yang sesuai sehingga tidak ada kontaminasi yang terjadi di Gudang. Gudang pun dijaga kondisi kebersihan, suhu, dan kelembabannya.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Penentuan Jenis Perlakuan yang Dilakukan

Faktor yang akan diuji adalah jenis pengawet dan jenis larutan sanitasi yang digunakan selama proses. Respon yang diukur adalah jumlah mikroba. Berikut adalah kode *prototype* yang dilakukan untuk pengujian:

1. Variabel jenis pengawet dibagi ke dalam tiga kode

P1 : Kathon CG

P2 : Nipagin + Nipasol

P3 : DMDM Hydantoin

2. Variabel jenis larutan sanitasi juga dibagi ke dalam tiga kode

S1 : Alkohol 70%

S2 : H₂O₂ 3% + Air Panas

S3 : BKC 2%

Tabel 4.3 Kode *Prototype*

Perlakuan	Jenis Pengawet (P)	Jenis Larutan Sanitasi (S)
P1S1	1	1
P1S2	1	2
P1S3	1	3
P2S1	2	1
P2S2	2	2
P2S3	2	3
P3S1	3	1
P3S2	3	2
P3S3	3	3

4.2.2 Pengacakan pada Setiap Jenis Perlakuan

Berikut adalah rancangan percobaan yang digunakan.

Tabel 4.4 Tabel Perlakuan dan Ulangan untuk Model Rancangan Acak Lengkap

		Pengawet					
		P1		P2		P3	
		Perlakuan	Bil. Acak	Perlakuan	Bil. Acak	Perlakuan	Bil. Acak
Larutan Sanitasi	1	P1S1-1	04	P2S1-1	20	P3S1-1	03
		P1S1-2	11	P2S1-2	12	P3S1-2	17
		P1S1-3	21	P2S1-3	09	P3S1-3	22
	2	P1S2-1	01	P2S2-1	13	P3S2-1	08
		P1S2-2	23	P2S2-2	02	P3S2-2	18
		P1S2-3	14	P2S2-3	24	P3S2-3	27
	3	P1S3-1	25	P2S3-1	16	P3S3-1	07
		P1S3-2	05	P2S3-2	10	P3S3-2	19
		P1S3-3	15	P2S3-3	06	P3S3-3	26

Kemudian bilangan acak diurutkan dari bilangan terkecil.

Tabel 4.5 Tabel Urutan percobaan

Bilangan Acak	Perlakuan
01	P1S2-1
02	P2S2-2
03	P3S1-1
04	P1S1-1
05	P1S3-2
06	P2S3-3
07	P3S3-1
08	P3S2-1
09	P2S1-3
10	P2S3-2
11	P1S1-2
12	P2S1-2
13	P2S2-1
14	P1S2-3
15	P1S3-3
16	P2S3-3
17	P3S1-2
18	P3S2-2
19	P3S3-2
20	P2S1-1
21	P1S1-3
22	P3S1-3
23	P1S2-2
24	P2S2-3
25	P1S3-1
26	P3S3-3
27	P3S2-3

Kemudian dilakukan percobaan di dalam laboratorium R&D PT. XYZ dengan tiga jenis pengawet dan tiga jenis larutan sanitasi dan diuji total bakteri dengan pemeriksaan angka lempeng total secara mikrobiologi dan didapatkan hasil sebagai berikut:

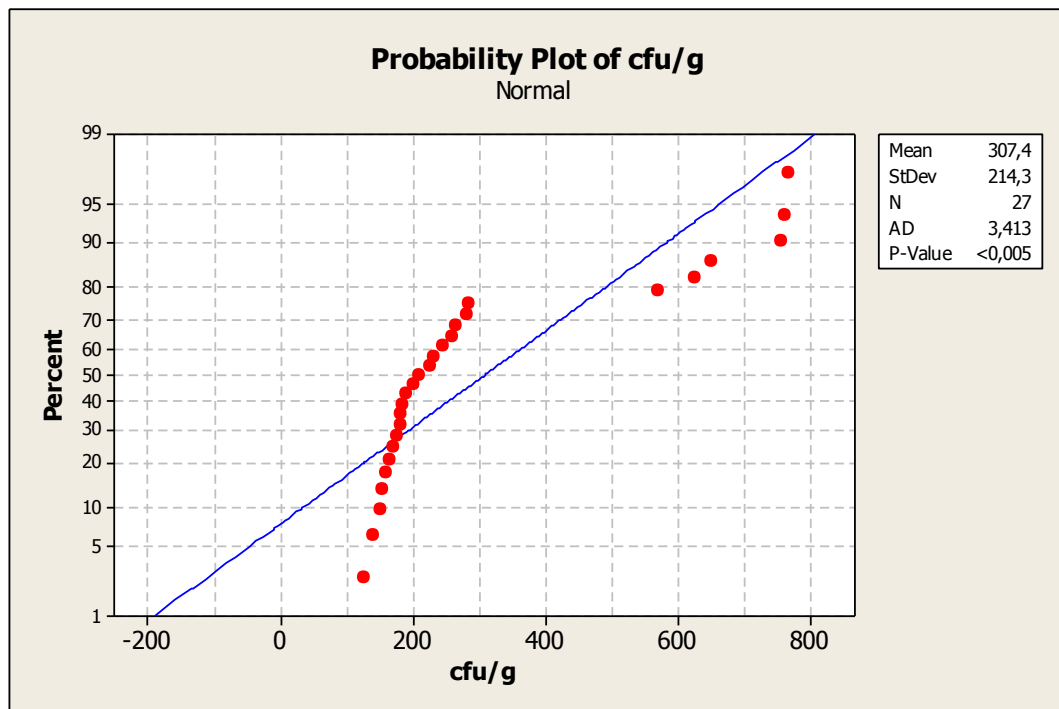
Tabel 4.6 Tabel Hasil Percobaan

Perlakuan	Ulangan			Jumlah mikroba (cfu)	Rata-rata Mikroba (cfu)
	1	2	3		
P1S1	760	755	765	2280	760
P1S2	185	160	175	520	173.33
P1S3	650	570	625	1845	615
P2S1	200	230	210	640	213.33
P2S2	165	190	180	535	178.33
P2S3	155	180	170	505	168.33
P3S1	260	225	245	730	243.33
P3S2	125	150	140	415	183.33
P3S3	265	285	280	830	276.77

Dari tabel di atas, jumlah bakteri dalam satuan CFU menjadi respon dari hasil uji.

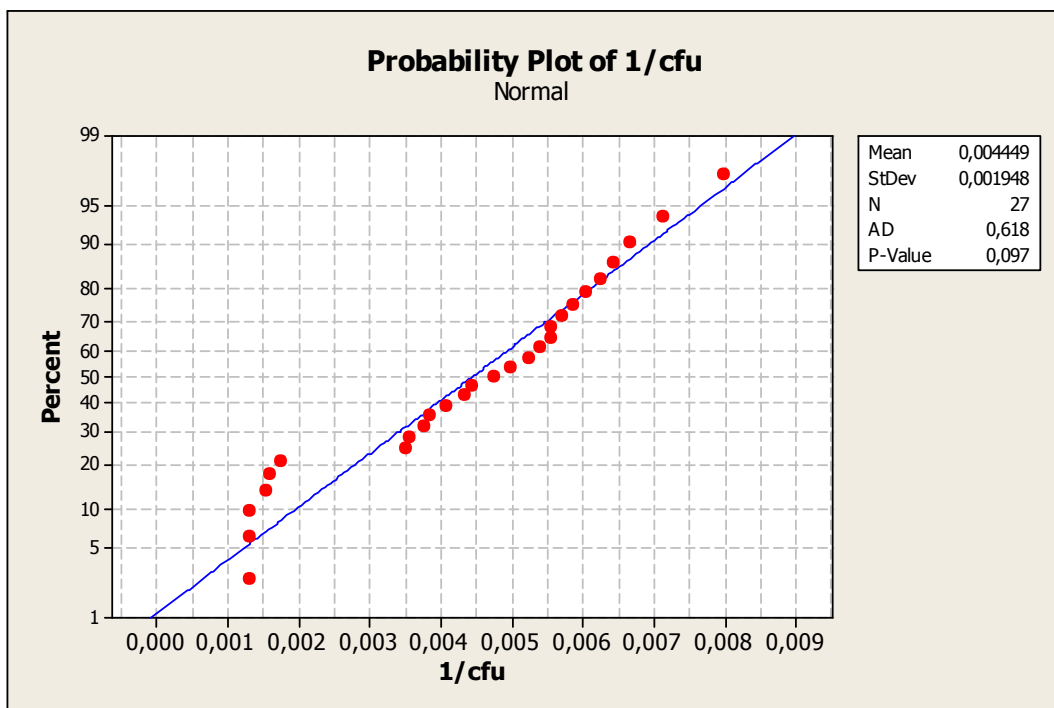
4.2.3 Uji Statistik

Pertama-tama untuk melihat apakah data yang dimiliki layak atau tidak maka dilakukan uji normalitas. Berikut hasil uji normalitas menggunakan software minitab dengan metode Anderson-Darling.



Gambar 4.4 Uji Normalitas Untuk Respon Jumlah Bakteri (cfu)

Gambar 4.4 Menunjukkan nilai *P-Value* sebesar $<0,005$. Nilai ini $< 0,05$ yang berarti distribusi tidak normal. Sehingga data harus dirubah, yaitu dengan cara menjadikan 1 dibagi hasil respon atau $1/cfu$. Kemudian diuji kembali normalitasnya menggunakan software minitab sebagai berikut.



Gambar 4.5 Uji Normalitas Untuk Respon Jumlah Bakteri (1/cfu)

Pada gambar 4.5 Dapat dilihat nilai P-Value sebesar 0,097. Nilai ini $> 0,05$ yang berarti memiliki distribusi normal. Hal ini juga dilakukan untuk menjadikan pembacaan hasil lebih mudah karena semakin kecil jumlah respon atau jumlah bakteri maka semakin baik hasilnya.

Kemudian setelah data yang dimiliki normal, dilakukan analisis varian (ANOVA) dari pengaruh pengawet dan larutan sanitasi yang ditunjukkan dengan hasil perhitungan minitab sebagai berikut:

Tabel 4.7 Tabel ANOVA

Analysis of Variance for 1/cfu, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pengawet	2	0,0000327	0,0000327	0,0000164	118,79	0,000
Larutan sanitasi	2	0,0000433	0,0000433	0,0000217	157,38	
Pengawet*larutan sanitasi	4	0,0000201	0,0000201	0,0000050	36,55	
Error	18	0,0000025	0,0000025	0,0000001		
Total	26	0,0000986				

S = 0,000371019 R-Sq = 97,49% R-Sq(adj) = 96,37%

Analisis varian digunakan untuk menguji hipotesis mengenai pengaruh masing-masing faktor dan interaksi antara faktor terhadap respon. H_0 menunjukkan tidak adanya pengaruh yang signifikan dari faktor terhadap respon. H_1 menunjukkan ada pengaruh signifikan dari faktor terhadap respon.

$$H_0 = (\alpha\beta\tau)_{ijk} = 0 \text{ untuk semua } ijk$$

$$H_1 = (\alpha\beta\tau)_{ijk} \neq 0 \text{ untuk beberapa } ijk$$

Dari hasil *2-way interactions* untuk faktor pengawet dan larutan sanitasi menunjukkan *p-value* sebesar 0,0000 yang berarti interaksi kedua faktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon karena $< 0,05$ sehingga *reject* H_0 atau H_1 diterima.

Nilai Error model yang semakin kecil maka model semakin baik. Nilai error 18 tergolong kecil. Nilai R Squared di atas 97,49% atau 0,9749 di mana mendekati 1, berarti korelasi kuat antara jenis pengawet dan larutan sanitasi terhadap jumlah bakteri.

4.2.4 Tukey Test

4.2.4.1 Tukey Test Terhadap Pengawet

Berikut adalah hasil tukey test yang dilakukan dengan aplikasi minitab.

Tabel 4.8 Tukey Test Pengawet

Tukey Simultaneous Tests				
Response Variable 1/cfu				
All Pairwise Comparisons among Levels of Pengawet				
Pengawet = DMDM Hydantoin subtracted from:				
Pengawet	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Kathon CG	-0,002092	0,000175	-11,96	0,0000
Nipagin+Nipasol	0,000427	0,000175	2,44	0,0622
Pengawet = Kathon CG subtracted from:				
Pengawet	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
Nipagin+Nipasol	0,002519	0,000175	14,40	0,0000

Pengujian *Tukey Test* di atas menunjukkan kategori manakah dari variabel yang memiliki perbedaan yang signifikan. Dapat dilihat di atas bahwa antara pengawet DMDM Hydantoin dan Kathon CG memiliki nilai *P-Value* 0,0000 yang berarti memiliki perbedaan yang signifikan karena $< 0,05$. Sedangkan antara DMDM Hydantoin dan Nipagin + Nipasol memiliki nilai *P-Value* 0,0622 yang berarti tidak memiliki perbedaan yang signifikan karena $> 0,05$. Dan antara pengawet Kathon CG dan Nipagin + Nipasol memiliki nilai *P-Value* 0,0000 yang berarti memiliki perbedaan yang signifikan karena $< 0,05$.

4.2.4.2 Tukey Test Terhadap Larutan Sanitasi

Berikut adalah hasil tukey test yang dilakukan dengan aplikasi minitab.

Tabel 4.9 Tukey Test Larutan Sanitasi

Tukey Simultaneous Tests				
Response Variable 1/cfu				
All Pairwise Comparisons among Levels of Larutan Sanitasi				
Larutan sanitasi = Alkohol 70% subtracted from:				
Larutan Sanitasi	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
BKC 2 %	0,000356	0,000175	2,037	0,1320
H2O2 3% + Air Panas	0,002848	0,000175	16,282	0,0000

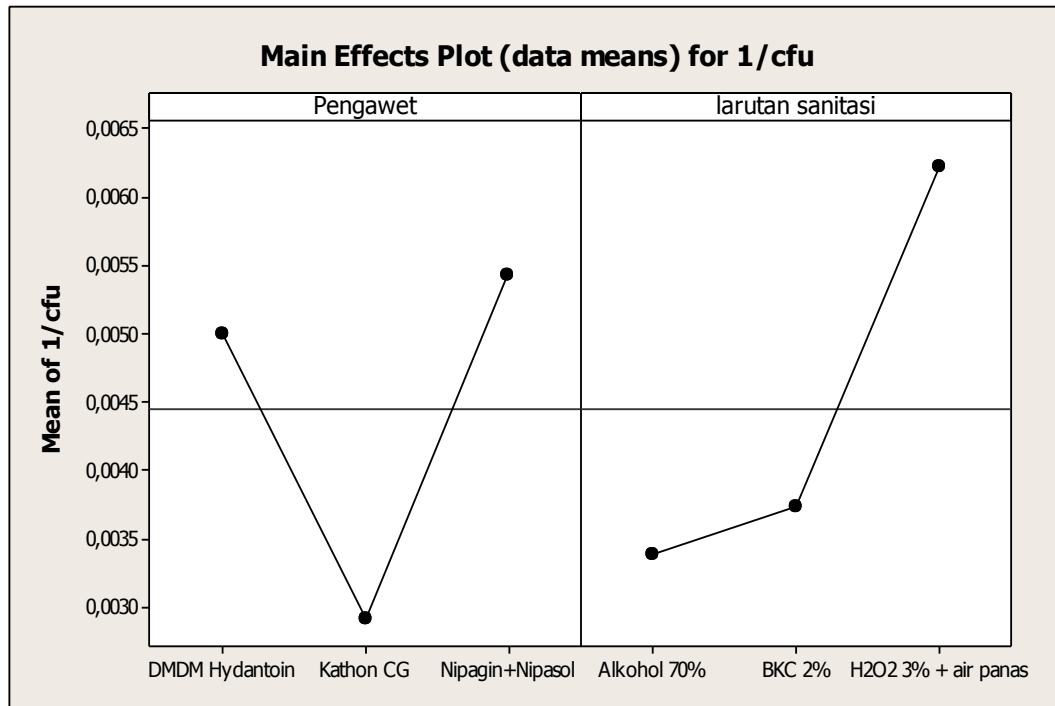
Larutan sanitasi = BKC 2% subtracted from:

Larutan Sanitasi	Difference of Means	SE of Difference	T-Value	Adjusted P-Value
H2O2 3% + Air Panas	0,002491	0,000175	14,24	0,0000

Dapat dilihat di atas bahwa antara larutan sanitasi Alkohol 70% dan larutan BKC 2% memiliki nilai *P-Value* 0,1320 yang berarti kedua jenis larutan sanitasi tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan karena $> 0,05$. Namun antara larutan sanitasi Alkohol 70% dan H₂O₂ 3% + air panas memiliki nilai *P-Value* 0,0000 yang berarti memiliki perbedaan yang signifikan karena $< 0,05$. Begitu pula antara larutan BKC 2% dan H₂O₂ 3% + air panas memiliki nilai *P-Value* 0,0000 yang berarti memiliki perbedaan yang signifikan karena $< 0,05$.

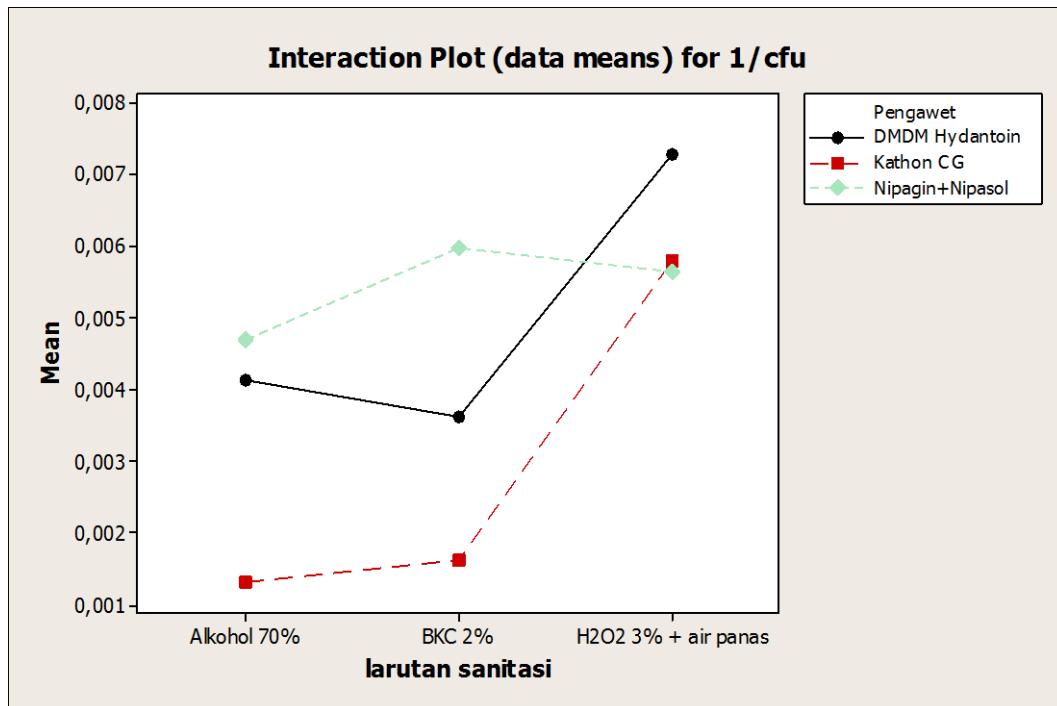
4.2.5 Interpretasi *Factorial Plots* Pada Analisis Varian

Factorial plots pada analisis varian terdiri dari 2 macam plot yaitu *Main Effect Plot* dan *Interaction Plot*. Berikut adalah tampilan plot dari minitab:



Gambar 4.6 *Main Effect Plot* dari Pengawet dan Larutan Sanitasi

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa ketiga jenis pengawet memberikan respon yang berbeda-beda terhadap jumlah bakteri. Dimana dari *main effect plot* dapat diketahui bahwa pengawet jenis Nipagin+nipasol memberikan efek yang paling besar dalam penekanan jumlah bakteri (efektif) dan memiliki perbedaan yang tipis dengan pengawet DMDM Hydantoin namun memiliki perbedaan yang signifikan terhadap pengawet Kathon CG. Kemudian untuk *main effect plot* dari larutan sanitasi dapat dilihat bahwa larutan H₂O₂ 3% + air panas memberikan hasil yang sangat efektif untuk membunuh bakteri dibandingkan larutan BKC 2% dan larutan alkohol 70%. Hal ini dapat terjadi karena sifat kimia dari pengawet Nipagin+nipasol lebih efektif dalam membunuh bakteri dibanding DMDM Hydantoin dan Kathon CG. Begitu pula H₂O₂ 3% + air panas yang memiliki sifat kimia lebih efektif dalam membunuh bakteri dibanding larutan BKC 2% dan larutan alkohol 70%.

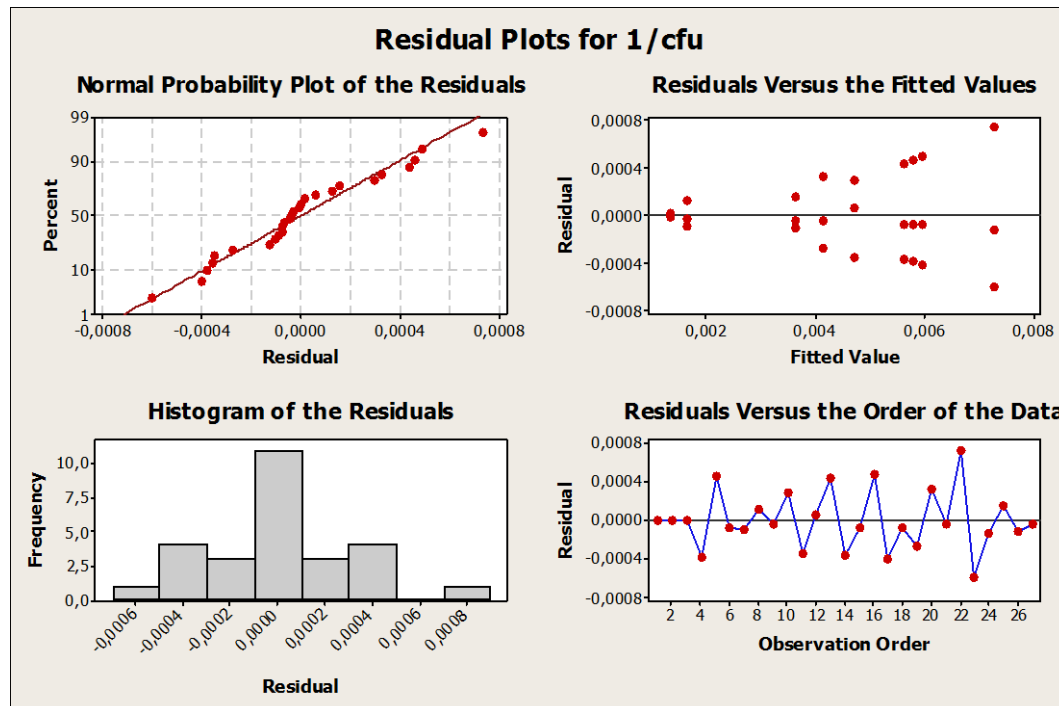


Gambar 4.7 *Interaction Plot* dari Pengawet dan Larutan Sanitasi

Gambar 4.7 menunjukkan adanya interaksi atau hubungan antara ketiga jenis bahan pengawet dan ketiga jenis larutan sanitasi. Dapat dilihat bahwa kombinasi yang memberikan hasil paling efektif berada pada campuran pengawet DMDM Hydantoin dan larutan sanitasi H₂O₂ 3% + air panas. Walaupun hasilnya berbeda dengan grafik pada main effect dimana jika diuji secara bersamaan pengawet DMDM Hydantoin dan larutan sanitasi H₂O₂ 3% + air panas menjadi yang paling efektif dalam menekan jumlah bakteri dibandingkan dengan interaksi dari pengawet dan larutan sanitasi yang lain.

4.2.6 Analisis Residual

Analisis residual diperlukan untuk menentukan apakah model model memenuhi syarat, serta untuk mengetahui apakah asumsi regresi dapat dipenuhi. Jika model sudah benar dan asumsi terpenuhi, maka data residual seharusnya membentuk plot yang tidak terstruktur.



Gambar 4.8 Grafik *Residual Plots* untuk jumlah bakteri

Pada gambar 4.8, grafik *normal probability plot* dapat dilihat mayoritas data yang tersebar mengikuti garis yang ada sehingga dapat dikatakan data mengikuti distribusi normal.

4.2.7 Homogenitas Ragam

$H_0 = 0$ atau data homogen

$H_1 \neq 0$ atau data tidak homogen

$\alpha = 0,05$

Asumsi homogenitas ragam dapat diperiksa dengan membandingkan plot residual dengan *fitted value*. Plot ini harus menunjukkan pola acak residu pada kedua sisi nol dan tidak harus menunjukkan pola yang dikenali. Pola yang terlihat pada grafik *versus fit* untuk jumlah bakteri tidak menunjukkan suatu pola tertentu.

4.2.8 Kebebasan Galat

$H_0 = 0$ atau data bersifat bebas / independen

$H_1 \neq 0$ atau data bersifat tidak bebas / dependen

$\alpha = 0,05$

Asumsi kebebasan galat dapat dilihat dengan membandingkan residual dengan *observation order* pada grafik *versus order*. Apabila plot ini tidak memperlihatkan pola tertentu maka asumsi kebebasan galat terpenuhi, seperti yang terlihat pada grafik *versus order* di atas.

4.3 Analisis

Setelah dilakukan percobaan dan didapatkan hasil berupa data pemeriksaan jumlah mikroba secara mikrobiologi dan diolah menggunakan software Minitab maka dapat dilihat bahwa jenis pengawet dan jenis larutan sanitasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil pemeriksaan jumlah mikroba. Interaksi antara jenis pengawet dan jenis larutan sanitasi memberikan pengaruh yang signifikan. Jumlah mikroba merupakan faktor kritis yang sangat diperhatikan dalam riset ini karena dengan adanya kejadian jumlah mikroba tidak sesuai dari spesifikasi yang dikarenakan sampel tercemar mikroba sehingga jumlah mikroba harus dikendalikan dan semakin kecil jumlah mikroba semakin baik. Dari ketiga jenis pengawet dan tiga jenis larutan sanitasi yang diuji didapatkan hasil jumlah mikroba yang semuanya dibawah spesifikasi, yaitu <1000 cfu/gram namun tidak menutup kemungkinan bahwa semakin hari akan semakin banyak mikroba yang tumbuh karena ke-tidak-efektif-an jenis pengawet menghambat pertumbuhan bakteri di dalam produk dan ke-tidak-efektif-an jenis larutan sanitasi yang membuat steril mesin produksi sehingga tidak ada bakteri yang mencemari produk.

Berdasarkan grafik *interaction plot* perlakuan menggunakan jenis pengawet DMDM Hydantoin dan jenis larutan sanitasi H₂O₂ 3% + air panas menghasilkan titik paling tinggi yang berarti memiliki jumlah bakteri paling rendah diantara perlakuan yang lainnya sehingga dapat dikatakan perlakuan paling optimal karena paling efektif dalam membunuh dan menghambat bakteri.

Berikut adalah tabel perbandingan penggunaan pengawet dan larutan sanitasi pada produksi sampo untuk rambut kering sebelum dan sesudah percobaan.

Tabel 4.10 Tabel Perbandingan Kombinasi Sebelum dan Sesudah

	Bahan Pengawet	Larutan Sanitasi
Sebelum	Kathon CG	BKC 2%
Sesudah	DMDM Hydantoin	H ₂ O ₂ 3% + Air Panas

Tabel 4.11 Tabel Harga Bahan Baku Sebelum dan Sesudah

	Harga Bahan Pengawet	Harga Larutan Sanitasi
Sebelum	24 USD/kg (Kathon CG)	Rp. 66.000/liter (BKC)
Sesudah	34 USD/kg (DMDM Hydantoin)	Rp. 39.000/liter (H ₂ O ₂)

Tabel di atas menunjukkan bahwa hasil percobaan menunjukkan kombinasi yang paling efektif adalah kombinasi dari pengawet DMDM Hydantoin dan H₂O₂ 3% + air panas dibandingkan saat menggunakan kombinasi jenis bahan pengawet dan larutan sanitasi sebelumnya yaitu Kathon CG dan BKC 2%.

Perbandingan harganya walaupun lebih mahal namun bahan pengawet yang digunakan pada saat produksi hanya sedikit yaitu 0,1 % untuk DMDM hydantoin dan untuk Kathon CG yaitu 1,8%. Sehingga jika dikonversikan jumlah dalam satu *batch* produksi (371.000 liter) terhadap rupiah pada dollar saat ini (Rp. 13.500) yaitu pemakaian yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Tabel Pemakaian dan Konversi Harga Bahan Pengawet dalam Satu *Batch* Produksi

	Pemakaian / <i>batch</i>	Harga /kg	Harga pengawet / <i>batch</i>
Kathon CG	6,678 kg	Rp. 324.000	Rp. 2.163.672
DMDM Hydantoin	0,371 kg	Rp. 459.000	Rp. 1.702.890

Tabel 4.13 Tabel Pemakaian dan Konversi Harga Larutan Sanitasi dalam Satu Kali Sanitasi

	Pemakaian /sanitasi (liter)	Harga /liter	Harga Larutan Sanitasi / <i>batch</i>
BKC	0,1 l	Rp. 66.000	Rp. 6.600
H ₂ O ₂	0,15 l	Rp.39.000	Rp. 5.850

Dalam satu kali sanitasi dibutuhkan 5 liter larutan sanitasi dan tabel di atas telah dikonversi untuk larutan BKC 2% dan larutan H₂O₂ 3%. Dapat dilihat di tabel di atas bahwa walaupun perbedaannya tidak signifikan namun pemakaian H₂O₂ sesudah *improvement* dapat mengurangi biaya produksi walaupun hanya sedikit. Dan setelah dijumlahkan maka terjadi pengurangan biaya produksi untuk pemakaian pengawet sebesar Rp. 406.782 dan larutan sanitasi sebesar Rp. 750.

Walaupun biaya yang dapat direduksi tidak terlalu signifikan, namun efek yang dihasilkan dari kombinasi antara pengawet DMDM Hydantoin dan H₂O₂ 3% dapat menekan jumlah bakteri secara signifikan dibandingkan dengan penggunaan bahan pengawet dan larutan sanitasi sebelumnya. Dengan kata lain *improvement* ini dapat mencegah kerugian perusahaan untuk *me-reject* satu *batch* produksi yaitu sebesar Rp. 73.000.000.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan percobaan di laboratorium menggunakan 3 jenis pengawet yaitu pengawet Kathon CG (*existing*), DMDM Hydantoin dan Nipagin + Nipasol dan 3 jenis larutan sanitasi yaitu Alkohol 70%, BKC 2% dan H₂O₂ 3% + air panas didapatkan hasil bahwa :

- Kombinasi terbaik yang mempengaruhi respon jumlah bakteri untuk menangani masalah pencemaran bakteri adalah menggunakan pengawet DMDM Hydantoin dan larutan sanitasi H₂O₂ 3% + air panas karena kombinasi tersebut dapat secara efektif menekan jumlah bakteri dibandingkan kombinasi lainnya.
- Dengan adanya penelitian ini diharapkan tidak ada lagi kasus akan perubahan kualitas dari sampo di PT XYZ dan tidak ada kerugian dari pembuangan satu *batch* produksi sampo sebanyak 371.000 liter atau sebesar Rp. 73.000.000

5.2. Saran

- Agar penggunaan bahan pengawet DMDM Hydantoin diterapkan untuk semua jenis sampo yang ada di PT. XYZ dan metoda sanitasi dengan H₂O₂ 3% + air panas divalidasi dan dijadikan metode standar untuk sanitasi mesin produksi.
- Adanya penelitian lanjutan tentang kombinasi faktor dari bahan pengawet dan larutan sanitasi lain dan level konsentrasi dari faktor-faktor tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abreu, Ana C., dkk., Current and Emergent Strategies for Desinfection of Hospital Environments, *Journals of Antimicrobial Chemotherapy Advance Access*, Portugal, Juli 2013. Doi:10.1093/jac/dkt281
- Barel, Andre O., Paye, Marc, Maibach, Howard I., *Handbook of Cosmetic Science and Technology*. Informa Healthcare, USA, 2009.
- Furqon, *Statistika Terapan untuk Penelitian*, Cetakan ketujuh, Alfabeta, Bandung, 2009.
- Harjosuwono, dkk., *Rancangan Percobaan Teori Aplikasi SPSS dan Excel*, Lintas Kata Publishing, Malang, 2011.
- Hasan, dan Iqbal, *Pokok-Pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensial)*, Bumi Aksara, Jakarta, 2003.
- Irianto, Agus, *Statistik: Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Kencana, Jakarta, 2009.
- Kumar, dkk., *Evaluation of Prepared Shampoo Formulations and to Compare Formulated Shampoo with Marketed Shampoo*. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, Volume 3, Issue 1, July –August 2010.
- Mitra, A., *Fundamental of Quality Control and Improvement*, Macmillan Publishing Company, London, 1993.
- Montgomery, Douglas C., *Design and Analysis of Experiments, 6th edition*, John Wiley & Sons Inc., United States, 2005.
- Mottram, F.J., and Lees, C.E., *Hair Shampoos in Poucher's Perfumes, Cosmetics and Soaps, 10th Edition*, Kluwer Academic Publishers, Great Britain, 2000.
- O'Neill, John J., dkk, Selection of Paraben as Preservatives for Cosmetics and Toiletries, *Journal Society of Cosmetic Chemists*, 30, New York, 1978, pp 25-38.
- Permono, A., *Membuat Sampo*, Puspa Swara, Jakarta, 2002.
- Pratisto, Arif, *Masalah Statistik dan Rancangan Percobaan dengan SPSS 12*, PT. Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta, 2004.
- Rodrigues-Barata, Ana R., and Conde-Salazar, Luis, Methylisothiazolinone and Methylchlorisothiazolinone : New Insight. *European Medical Journal*, Madrid, 2014, pp 101-105.

Sastrosupadi, A., *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian*, Kanisus, Yogyakarta, 2000.

Schano, Richard J., Westlund, Jack R., and Foelsch, Donald H., Evaluation of 1,3-Dimethylol-5, 5-Dimethyl Hydantoin as a Cosmetic Preservative. *Journal Society Cosmetic Chemists*, 31, April 1980, pp. 85-96.

Visvanathan, C., *Shampoo Production*. Asian institute of technology School of environment, resources and Development Environmental engineering and management program, Thailand, 2007.