

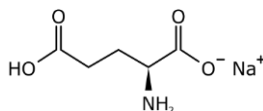
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Monosodium Glutamat* (MSG)

2.1.1 Pengertian *Monosodium Glutamat*

Monosodium glutamat (MSG) adalah salah satu produk penyedap rasa masakan dan merupakan garam natrium dari asam glutamat. Ion natrium menggantikan satu ion *hydrogen* (dari gugus –OH yang berikatan dengan atom C- α , dari asam amino). Menurut Andarwulan (2014) pada saat ini, masyarakat umum rata-rata mengonsumsi MSG 0,6 g/kg BB. Rangsangan selera dari makanan yang diberikan MSG disebabkan oleh kombinasi rasa yang khas dari efek sinergis MSG dengan komponen 5-riboonukleotida yang terdapat di dalam makanan, yang bekerja pada membran sel reseptor kecap atai lidah (Kurtanty, 2018).



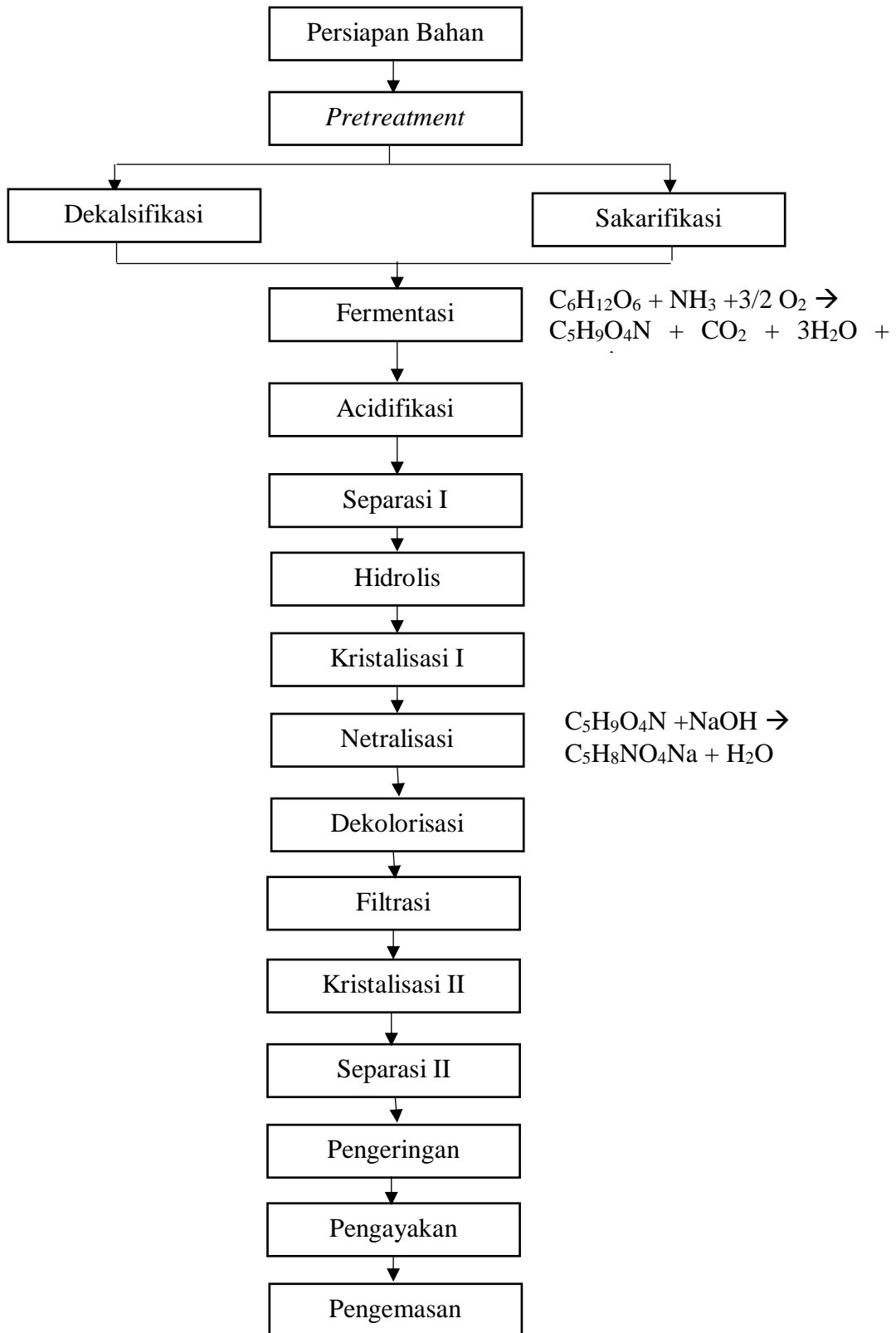
Gambar 2.1 Struktur Kimia Penyusun MSG

Sumber : Kurtanty (2018)

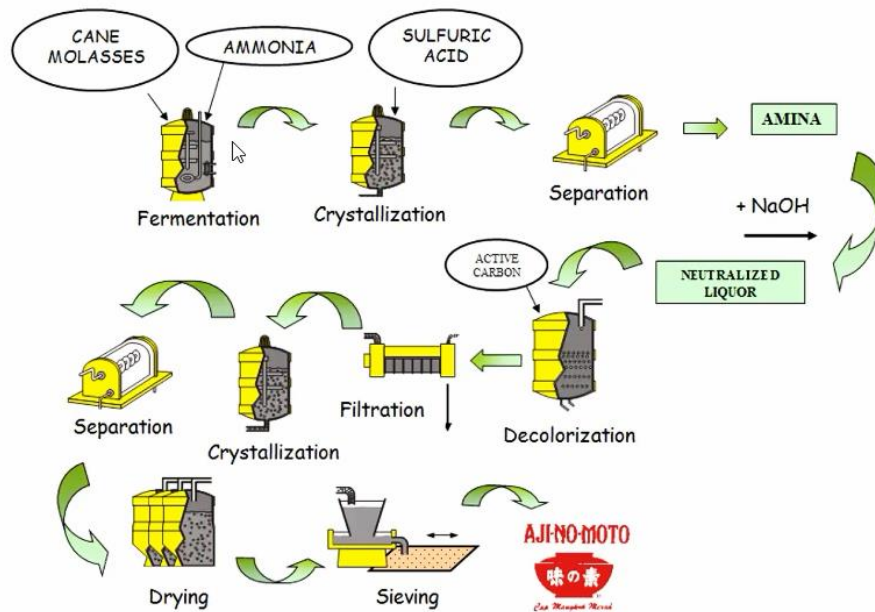
Sifat fisik dan kimia dari MSG:

- a. Rumus Molekul : $C_5H_8NO_4Na$
- b. Berat Molekul : 187,13 g/mol
- c. Sangat larut dalam air dan sedikit larut dalam alcohol
- d. pH larutan encer 10% (10 g/100mL air)
- e. Tidak berbau
- f. Kristal putih hampir transparan

2.1.2 Proses Produksi MSG



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Produksi MSG



Gambar 2.3 Proses Produksi MSG

Sumber : PT Ajinomoto Indonesia (2021)

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi MSG terdapat 2 macam, yaitu bahan baku utama dan bahan baku pendukung.

a. Bahan Baku Utama

- Tetes Tebu

Menurut Kurtanty (2018) tetes tebu adalah hasil samping dari proses produksi gula di mana tetes tebu memiliki kandungan gula yang cukup tinggi dan beberapa senyawa yang berperan dalam pertumbuhan bakteri. cairan kental berwarna coklat kehitaman merupakan penampilan fisik dari tetes tebu dengan berbau khas seperti caramel, berasa sepet manis dan pH sedikit asam karena adanya asam organik bebas yang terkandung di dalamnya sekitar 5,5

– 5,6. Pasokan tetes tebu di perusahaan didapatkan dari pabrik gula yang berada di wilayah Jawa Timur.

- Tepung Tapioka

Tepung *tapioca* merupakan tepung yang diperoleh dari olahan ubi kayu atau sari pati singkong, tepung tapioka kaya akan kandungan karbohidrat. Tepung tapioka menyimpan karbohidrat yang masih banyak ddalam bentuk pati sehingga dalam penggunaannya harus dihidrolisa dengan menggunakan enzim sampai menjadi monosakarida. Pada produk pangan ataupun non pangan fungsi atau manfaat dari pati tergantung dari sifat fisik pati. Amilosa dan amilopektin merupakan dua komponen utama dalam pati yang mempengaruhi sifat fisik pati. PT Ajinomoto menggunakan tepung tapioka sebagai alternatif pemenuhan kandungan glukosa pada MSG. Adapun reaksi yang terjadi yaitu:



b. Bahan Pendukung

- Asam Sulfat

Asam sulfat merupakan Janis senyawa kimia yang digunakan untuk bahan baku pembuatan MSG. Asam sulfat digunakan untuk menghilangkan kandungan kalsium (Ca) dalam tetes dengan mencampurkan asam sulfat ke dalam tetes. Asam sulfat ini digunakan dalam proses dekalsifikasi dan acidifikasi. Dalam tangka pencampuran ini akan terjadi reaksi sehingga ion Ca^{2+} akan bereaksi dengan ion sulfat (SO_4^{2-}) membentuk CaSO_4 atau biasa

disebut *gypsum*. Asam sulfat (H_2SO_4) bertujuan sebagai reagensia pengatur pH larutan atau cairan fermentasi pada proses acidifikasi.

- Enzim

Enzim yang digunakan untuk proses sakarifikasi tapioka ada 2 macam yaitu enzim α -amilase dan glukamilase. Enzim α -amilase merupakan endoenzim yang memotong ikatan alfa 1,4 amilosa dan amilopektin dengan cepat pada larutan pati kental yang telah mengalami gelatinisasi atau proses ini disebut proses likuifikasi pati. Sedangkan enzim glukamilase menghidrolis ikatan glukosida alfa 1,44 tetapi hasilnya beta glukosa yang mempunyai konfigurasi berlawanan dengan hasil hidrolis oleh enzim alfa-amilase. Serupa dengan enzim beta-amilase, glukamilase dapat memecah struktur pati yang merupakan polisakarida kompleks berukuran besar menjadi molekul kecil.

- Mikroorganisme Penghasil Asam Glutamat

Mikroorganisme yang digunakan oleh PT Ajinomoto dalam menghasilkan asam *glutamate* adalah *Brevibacterium lactofermentum* yang mana mikroorganisme ini dikembangkan secara khusus di Ajinomoto yang berada di Tokyo.

- Ammonia

Ammonia juga merupakan jenis senyawa kimia, namun ammonia tidak ditemukan secara alami di alam. Ammonia memiliki unsur nitrogen dan *hydrogen* yang mana menghasilkan rumus kimia NH_3 , ammonia biasanya berupa

gas atau cair. Dimana nitrogen ini akan dijadikan sumber bagi *Brevibacterium Lactofermentum* saat berlangsungnya proses fermentasi.

- Antifoam

Dalam proses fermentasi ada sistem agitasi dan aerasi yang menyebabkan muncul buih di permukaan broth. Buih-buih ini akan mengganggu adanya kelarutan oksigen di dalam medium sehingga perlu ditambahkan senyawa antifoam.

- Mineral dan Vitamin

Selain membutuhkan sumber C, N, O₂ untuk metabolismenya, sel bakteri memerlukan senyawa mikro seperti mineral dan vitamin adapun mineral dan vitamin yang digunakan dalam proses fermentasi adalah vitamin B, biotin, H₃PO₄, MgSO₄, MnSO₄, dan FeSO₄.

- Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida atau biasanya dikenal dengan soda api adalah senyawa kimia yang merupakan senyawa ion yang bersifat netral. NaOH digunakan sebagai bahan pendukung pembuatan MSG pada proses netralisasi. Pada proses netralisasi, natrium hidroksida (NaOH) terdiri dari 2 peran yaitu bereaksi berikatan dengan asam *glutamate* untuk menjadi *monosodium glutamate* yang lebih stabil dibandingkan asam *glutamate* serta untuk menaikkan pH dari asam menjadi mendekati netral. NaOH yang digunakan adalah NaOH 20% yang dapat menetralkan larutan asam *glutamate* dengan pH 3 menjadi 6,7-7,2.

- Karbon Aktif (*Active Carbon*)

Karbon aktif juga merupakan senyawa kimia yang berasal dari material hasil pembakaran seperti arang. Karbon aktif memiliki kemampuan menyerap atau absorpsi yang sangat kuat sehingga oleh PT Ajinomoto karbon aktif digunakan pada proses *de colorization* yaitu untuk menyerap warna MSG yang coklat kehitaman sehingga menjadi jernih. Karena di dalam kristal MSG jumlah pengotor yang menyebabkan warna tidak jernih masih banyak, maka dari itu pengotor tersebut akan terikat dengan karbon aktif yang ditambahkan dalam proses tersebut. Karbon aktif yang digunakan adalah dalam bentuk bubuk.

- Garam

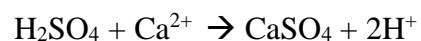
Garam adalah senyawa kimia yang dapat diperoleh secara alami di alam yaitu melalui penguapan air laut. Garam ini mempunyai komponen natrium klorida (NaCl), garam digunakan untuk mencuci liquor dan membunuh maru B di proses *de colorization* MSG, namun tidak ada perubahan yg signifikan terkait penambahan Garam pada struktur kimia MSG.

2. *Pretreatment*

Pada proses pembuatan MSG diawali dengan proses *pretreatment* yang mana proses ini digunakan untuk memecah suatu komponen didalam bahan baku sehingga menjadi beberapa komponen. *Pretreatment* hanya berlaku untuk bahan baku tetes tebu dan tepung tapioka saja, untuk proses *pretreatment* pada kedua bahan baku tersebut tidak lah sama yaitu pada tetes tebu melalui proses dekalsifikasi dan pada tepung tapioka melalui proses sakarifikasi.

a. Dekalsifikasi

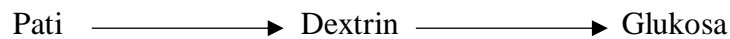
Pada umumnya proses dekalsifikasi dikenal sebagai proses menghilangkan kalsium (Ca) pada suatu komponen. Dekalsifikasi dengan proses mekanisme anion bertujuan untuk menghilangkan kation kalsium. Untuk mekanisme anion itu sendiri didapatkan dari larutan dekalsifikasi yang biasanya mengandung larutan asam. Sehingga proses dekalsifikasi pada tetes tebu digunakan untuk menghilangkan kandungan kalsium yang berasal dari proses pembuatan gula. Tujuan penghilangan kalsium ini agar tidak mengurangi kualitas dari MSG terutama dari segi warna. Untuk proses dekalsifikasi pada tetes tebu di proses dengan menambahkan cairan H₂SO₄, sehingga mendapatkan endapan berupa *gypsum* (CaSO₄). Proses dekalsifikasi terjadi selama 8 jam dan 4 jam untuk proses pemisahan cairan tetes tebu (*Treated Cane Molasses*) dan *gypsum*. Berikut mekanisme pada reaksi kimia dalam pengikatan Ca²⁺ oleh asam sulfat (H₂SO₄) adalah



b. Sakarifikasi

Proses sakarifikasi yang terjadi pada tepung tapioka ini bertujuan untuk merubah pati menjadi glukosa dengan bantuan enzim. Glukosa ini nanti akan digunakan pada tahap selanjutnya yaitu tahap fermentasi. Proses sakarifikasi ini diawali dengan melarutkan tepung tapioka dalam *dissolution tank* dan disaring untuk memisahkan kotoran yang ada pada larutan tepung tapioka. Hasilnya ditampung pada tangkai *filtrate* kemudian dipompa ke *mix pot* dan ditambahkan dengan enzim α -amilase sebesar 0,1%. Hidrolis α -amilase akan

menghasilkan maltose dan dextrin karena enzim α -amilase bertugas untuk menghidrolis ikatan α -1,4-glikosidik. Sehingga secara keseluruhan proses sakarifikasi akan menghasilkan glukosa. Secara sederhana reaksi digambarkan sebagai berikut:



3. Fermentasi

Proses selanjutnya setelah proses *pretreatment* adalah proses fermentasi yaitu suatu proses yang mengubah komponen organik secara kimiawi dengan bantuan suatu enzim atau mikroorganisme. Pada proses fermentasi pembuatan MSG ini merupakan fermentasi tidak spontan yang memerlukan bantuan mikroorganisme yaitu *brevibacterium lactofermentum*. Bahan utama yang digunakan pada proses fermentasi adalah *treated cane molasses*, glukosa dari proses sakarifikasi. Dari proses fermentasi ini akan menghasilkan cairan asam glutamat yang masih bercampur dengan mikroorganisme. Pada saat proses fermentasi akan tercipta busa sebagai akibat atau dampak dari adanya pengadukan dan aerasi. Pembentukan buih ini akan menghambat proses fermentasi karena semakin banyak buih yang terbentuk akan menyebabkan naiknya tekanan di lingkungan. Maka dari itu, dengan tujuan mencegah terbentuknya *foam* diperlukan penambahan antifoam, sehingga mengakibatkan kenaikan tekanan pada sel bakteri dapat dicegah. Selain terbentuknya busa, akan terjadi penurunan pH sebagai akibat dari terbentuknya asam *dehydrogenase* dari *metabolism* bakteri tersebut. Penurunan pH dapat mengganggu pertumbuhan bakteri karena bakteri hanya bisa tumbuh pada suasana pH normal. Dengan penambahan NH_3 dalam bentuk gas secara otomatis akan

menyebabkan mencegah penurunan pH. Dengan perilaku seperti itu mengakibatkan kondisi fermentasi tetap berlangsung pada derajat keasaman atau pH normal. Berikut merupakan reaksi kimia selama proses fermentasi adalah:



Cairan *hakko broth* (HB) merupakan hasil proses fermentasi yang kemudian dialirkan ke dalam tangki penampung. Dengan memberikan udara tekan ke dalam main fermentor yang menjadikan pengaliran ini tidak menggunakan pompa.

4. Acidifikasi

Proses asidifikasi juga disebut sebagai proses awal kristalisasi. Pada proses pembuatan MSG, kristalisasi merupakan proses pembentukan kristal asam glutamat dalam cairan induk. Menurut Kurtanty (2018) acidifikasi berfungsi membentuk kristal glutamat dalam bentuk kristal α untuk memperlancar penyaringan. proses acidifikasi dimulai dengan memasukkan *broth* atau cairan hasil fermentasi bertemperatur 38°C dengan pH 7-8, namun kondisi operasi untuk kristalisasi adalah pada suhu 15° - 20°C, pengkondisian *temperature* ini dilakukan dengan mengalirkan *Hakko Broth* (HB) melalui *heat exchanger* dengan tujuan menurunkan temperatur *broth* dari 38°C menjadi 15°C - 20°C ke dalam tangki kristalisasi. Untuk menurunkan pH pada *hakko broth*, asam sulfat (H₂SO₄) ditambahkan dengan *Hidrolized Filtered Liquor* (HFL) yang mempunyai pH 3,3 yang berfungsi menurunkan pH *broth* dan sebagai bibit kristal asam glutamat yang bertujuan meningkatkan pertumbuhan dan merangsang terbentuknya kristal.

5. Separasi I

Menurut Kurtanty (2018) proses pemisahan kristal asam *glutamate* yang

terbentuk dari proses acidifikasi bersamaan dengan sisa cairan fermentasi disebut sebagai proses separasi. Sedangkan *Super Decanter Centrifuge* (SDC) adalah alat yang digunakan dalam proses separasi ini. Kristal asam glutamat yang mempunyai berat jenis yang lebih besar akan mendapatkan gaya yang lebih besar, sehingga terpisah ke tepi. Sedangkan cairannya berada di tengah. Dalam proses ini dihasilkan 85% cairan fermentasi dan 15% kristal asam glutamat. Cairan fermentasi yang masih mengandung sisa asam glutamat, sisa mikroba, dan sisa fermentasi ini dipekatkan dengan *Falling Film Evaporator* (FFE) sampai total solid antara 30-40%. Jika sudah dipekatkan, didinginkan dengan *cooling water* dan dipisahkan lagi dengan menggunakan SDC. Didapatkan kristal asam glutamat yang kedua.

6. Hidrolisis dan Kristalisasi I

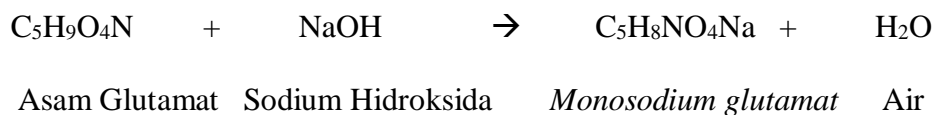
Pencucian dilakukan pada kristal asam glutamat untuk menghilangkan sisa-sisa cairan yang mungkin masih melekat dengan cara menyemprotkan air ke kristal asam glutamat. Selanjutnya larutan tersebut dipisahkan kembali dengan SDC untuk memisahkan kristal GH_3 dan air sisa pencucian. Kristalisasi I ini bertujuan untuk mengubah kristal-kristal α yang berasal dari GH_3 diubah menjadi kristal β . Bentuk kristal perlu diubah karena untuk mengurangi kandungan pengotor (*impurities*) yang terdapat pada kristal α . Hal ini dilakukan karena kristal β berbentuk prisma heksagonal pipih yang memiliki kestabilan lebih tinggi dibandingkan kristal α . Kristal yang keluar dari proses perubahan tersebut masih memiliki suhu yang

tinggi sehingga perlu dilakukan pengaliran ke *transform crystal cooling* atau TC *Cooling* yang dialiri air pendingin sehingga membuat suhu kristal menjadi 40-50°C.

7. Netralisasi

Netralisasi adalah proses pembentukan garam dari campuran senyawa basa dan asam. Netralisasi berfungsi untuk menstabilkan molekul asam amino yang masih dipengaruhi oleh derajat keasaman atau pH. Netralisasi dilakukan dengan menambahkan natrium hidroksida NaOH sebesar 20% pada larutan asam glutamat. Untuk mencapai pH sebesar 6,7 - 7,2, kristal GH4 dengan pH 3,3 dinetralkan dengan NaOH hingga pada temperatur 90°C.

Pada proses ini, asam glutamat diubah menjadi *monosodium glutamate* monohibrit, yang biasa disebut *Neutral Liquor* (NL) yang kemudian dipompa menuju tangki dekolorisasi. Berikut adalah reaksi pada proses netralisasi.



8. Purifikasi

Proses pemurnian *monosodium glutamat* hasil isolasi dan pengkristalannya disebut dengan proses Purifikasi. Pada proses purifikasi terdapat beberapa tahap, yaitu proses dekolorisasi, kristalisasi II, separasi II.

a. Dekolorisasi

Pada proses dekolorisasi dilakukan penambahan karbon aktif karena *Neutralized Liquor* (NL) yang masih berwarna coklat akibat adanya *impurities*. Zat pengotor dan sisa mineral akan diabsorpsi oleh karbon aktif selama 1 jam dengan temperatur 60°C. Kemudian NL masuk ke dalam

Niagara Filter untuk menyaring kotoran-kotoran ataupun karbon aktifnya. Setelah NL keluar dari Niagara Filter, NL tersebut diberi nama *Filtrate Liquor* (FL) yang tidak hanya dihasilkan FL namun juga menghasilkan *Non-Active Carbone* (NAC). Berbagai tahap penyaringan berfungsi untuk menghilangkan *impurities* sehingga akan mendapatkan larutan yang murni. Pada tahap ini juga diperlukan penambahan garam (NaCl) dengan standar $\leq 0,03\%$ untuk meningkatkan rasa dan *mencuci liquor* dan membunuh maru B di proses *de colorization* MSG, namun tidak ada perubahan yg signifikan terkait penambahan Garam pada struktur kimia MSG.

b. Kristalisasi II

Dalam proses ini berlangsung pada suhu yang cukup tinggi sehingga kristalisasi II disebut juga kristalisasi panas. Dari proses dekolerasi dikeluarkan *Filtered Liquor* (FL) disterilisasi menggunakan suhu sebesar 120°C dan dimasukkan ke tangki reaksi untuk dilakukan kristalisasi β -*crystal*. Dari hasil proses tersebut terbentuk kristal monosodium glutamate (MSG) sebanyak 95%. Kristal yang dihasilkan dari proses kristalisasi II ini adalah kristal basah (*wet crystal*).

c. Separasi II

Dari proses kristalisasi II menghasilkan proses separasi kristal dipisahkan dari cairan induknya yang tidak terkristalkan. Pada proses ini digunakan prinsip yang sama dengan separasi pada proses isolasi di mana proses pemisahan ini menggunakan *Super Decanter Centrifuge* (SDC) selama 15 menit dengan laju putaran 2000 rpm. *Wet Crystal* dan *Mother*

Liquor (ML1) merupakan hasil dari proses pemisahan. Kemudian *Wet Crystal* akan mengalami proses pengeringan. Cairan (ML1) yang dapat dipisahkan dari tahap separasi II dilakukan kristalisasi kembali dengan prinsip yang sama persis seperti kristalisasi II.

9. Pengeringan (Drying Process)

Proses ini bertujuan mengurangi kadar air yang terkandung dalam kristal MSG, kristal hasil separasi II ini berkadar air 4%-5%. Agar memenuhi standart AJIS (*Ajinomoto Japan International Standart*), maka kadar air dalam kristal MSG harus diturunkan dengan pengeringan sampai kadar airnya kurang dari 0,2%. Jenis alat pengeringan yang digunakan adalah *fluidized dryer*, dimana udara dihembuskan dari *blower* yang dikontakkan dengan elemen pemanas hingga temperaturnya mencapai 125°C -130°C. Kristal yang diupkan dari alat pengering ini mengandung kadar air $\leq 0,2\%$ dan termasuk ke dalam standar perusahaan. Setelah kristal MSG dikeringkan, seanjutnya dilakukan pendinginan dengan memberikan udara bertemperatur 30°C sampai 40°C sebelum dilakukan *sifter* ke unit pengayakan.

10. Pengayakan (*Sifter*)

Proses pengayakan adalah proses pemisahan kristal MSG menjadi berbagai ukuran tergantung dari mesh ayakannya. Kristal hasil pengeringan di masukkan kedalam satu seri alat *vibrating sifter* yang mempunyai ukuran tertentu. Dari hasil pengayakan ini akan diperoleh tiga ukuran yaitu *Large Crystal* (LG), *Reguler Cristal* (RC), dan *Fine Criystal* (FC). Sehingga proses pengayakannya menggunakan prinsip pengayakan bertingkat dengan ukuran yang berbeda-beda.

11. Pengemasan

Untuk proses pengemasan MSG ini berada di departemen FI-1 yang departemen ini khusus menangani proses pengemasan pada MSG. sebelum dikemas MSG yang berasal dari FI-1/H5,6 departemen akan ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan ukuran kemasan yang telah ditetapkan oleh PT Ajinomoto. Jenis kemasan yang ditetapkan ada tiga yaitu *small size*, *medium size*, dan *big size*.

Berikut adalah analisis pengelompokan stasiun kerja berdasarkan uraian proses produksi MSG:

Tabel 2.1 Analisis Pengelompokan Stasiun Kerja Produksi MSG

| Stasiun Kerja | No. Operasi | Kegiatan |
|--------------------------------|-------------|--|
| <i>Preline</i> Persiapan Bahan | | |
| SK1 | 1 | <i>Supplier</i> mengirim bahan baku ke gudang perusahaan |
| | 2 | Pengecekan kualitas bahan baku |
| SK2 | 3 | Bahan baku menuju tempat produksi |
| SK3 | 4 | Penimbangan terhadap bahan baku pembuatan MSG |
| | 5 | Perpindahan bahan baku tetes tebu ke dalam tangki sedimentasi dan bahan baku tepung tapioka ke dalam tangki sakarifikasi |
| <i>Line Pretreatment</i> | | |
| SK4 | 6 | Proses <i>pretreatment</i> atau proses dekalsifikasi pada tetes tebu dan sakarifikasi pada tepung tapioka |
| | 7 | Penambahan bakteri <i>Brevibacterium Lactofermentum</i> dan NH ₃ ke dalam tangki fermentasi |
| SK5 | 8 | Perpindahan hasil glukosa sakarifikasi dan <i>beet molase</i> ke dalam tangki fermentasi |
| <i>Line Fermentasi</i> | | |
| SK6 | 9 | Proses fermentasi untuk menghasilkan cairan Hakko Broth (HB) |
| SK7 | 10 | Perpindahan hasil fermentasi ke dalam tangki kristalisasi awal |
| <i>Line Acidifikasi</i> | | |
| SK8 | 11 | Proses acidifikasi untuk mendapatkan kristalisasi bentuk alfa |

| | | |
|---------------------------------------|----|--|
| SK9 | 12 | Perpindahan kristalisasi berbentuk alfa ke mesin <i>Super Decenter Cantrifuge</i> (SDC) |
| <i>Line Separasi I</i> | | |
| SK10 | 13 | Proses separasi I untuk memisahkan kristal asam glutamat dengan cairan fermentasi |
| | 14 | Perpindahan cairan fermentasi yang masih mengandung asam glutamat , mikroba, dan sisa fermentasi ke dalam mesin <i>Falling Film Evaporator</i> (FFE) |
| SK11 | 15 | Proses evaporasi dengan FFE |
| | 16 | Menunggu proses FFE untuk kemudian lanjut ke proses pencucian |
| <i>Line Hidrolis</i> | | |
| SK12 | 17 | Proses pencucian kristal asam glutamat |
| SK13 | 18 | Pemindahan kristal asam glutamat ke tangki <i>Transform Crystal Cooling</i> (TCC) |
| <i>Line Kristalisasi I</i> | | |
| SK14 | 19 | Proses pengubahan kristal alfa menjadi kristal beta |
| <i>Line Netralisasi</i> | | |
| SK15 | 20 | Proses netralisasi atau penambahan NaOH |
| <i>Line Dekolorisasi</i> | | |
| SK16 | 21 | Pemindahan hasil netralisasi ke dalam mesin decolorization untuk proses dekolourisasi |
| SK17 | 22 | Penambahan <i>Non Active Carbon</i> (NAC) ke dalam mesin <i>decolorization tank</i> |
| | 23 | Proses filtasi untuk menghilangkan <i>impurities</i> |
| | 24 | Penyaringan <i>impurities</i> dan dan sisa NAC |
| | 25 | Penambahan NaCl pada <i>Neutralized Liquor</i> (NL) |
| <i>Line Kristalisasi II</i> | | |
| SK18 | 26 | Pengubahan NL menjadi <i>wet crystal</i> |
| | 27 | Perpindahan hasil kristal MSG ke tempat pengeringan |
| <i>Line Pengeringan</i> | | |
| SK19 | 28 | Proses pengeringan kristal MSG |
| SK20 | 29 | Perpindahan kristal MSG ke tempat pendinginan |
| | 30 | Proses pendinginan kristal MSG |
| <i>Line pengayakan dan pengemasan</i> | | |
| SK21 | 31 | Perpindahan kristal MSG ke tempat pengayakan |
| SK22 | 32 | Proses pengemasan MSG |

Sumber: PT Ajinomoto Indonesia (2021)

2.1.3 Pengendalian Mutu MSG

Pengendalian mutu di PT Ajinomoto Indonesia dikerjakan oleh departemen *Quality Assurance and Planning* dalam seksi laboratorium pengawasan mutu. Dikarenakan kualitas produk dalam suatu industri mempunyai peranan yang besar, yaitu berpengaruh terhadap tingkat konsumsi konsumen sehingga pengendalian mutu perlu dilakukan. Berikut adalah beberapa spesifikasi yang terdapat dalam pengendalian kualitas di PT Ajinomoto Indonesia diantaranya adalah sebagai berikut

- a. AJIS (*Ajinomoto Japan Industry Standard*)
- b. SNI (Standar Nasional Indonesia)
- c. Spesifikasi material dari *supplier*

Spesifikasi AJIS merupakan spesifikasi terketat diantara yang lainnya sehingga apabila seluruh aturan standar yang ada didalam AJIS terpenuhi maka otomatis aturan SNI dan yang lainnya juga sudah terpenuhi. Berdasarkan ketiga standar tersebut maka ditargetkan produk yang dihasilkan oleh PT. Ajinomoto Indonesia mempunyai kualitas yang terjamin serta kinerja pabrik tidak merusak *environment* yang ada. Pengawasan mutu produk akhir ini adalah faktor terpenting karena produk tersebut termasuk ke dalam produk penyedap rasa makanan di mana akan diterima konsumen. Maka dari itu, PT. Ajinomoto Indonesia menetapkan standar spesifikasi produk akhir yaitu *Ajinomoto Japan Industry Standard (AJIS)*. Berikut ini adalah tabel standar yang ditetapkan oleh AJIS :

Tabel 2.2 Standar Mutu Produk

| Parameter | Standar Mutu Produk | | Alat/Metode Pengujian |
|-----------|---------------------|----------------|-----------------------|
| | AJIS | SNI | |
| Kemurnian | >99% | >99% | Polarimetri |
| Warna | $\leq 0,03\%T$ | $\leq 0,03\%T$ | Spektrofotometer |
| pH | 6,7 – 7,2 | 6,7 – 7,2 | pH meter |

| | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|
| Rotasi spesifik | 24,8° – 25,3° | 24,8° – 25,3° | Polarimetri |
| Kadar air | ≤0,2% | ≤0,2% | Metode Thermogravimetri |
| Cl ⁻ sebagai NaCl | ≤0,03% | ≤0,03% | Metode Titrasi Argentometri |
| Total Nitrogen | 7% – 7,5% | 7 – 7,5% | Metode Kjeldahl |

Sumber: PT Ajinomoto Indonesia (2021)

2.2 Kualitas

Kualitas merupakan tanggung jawab penting bagi perusahaan karena mempengaruhi seluruh organisasi. Keputusan kualitas perlu memastikan bahwa kualitas secara langsung relevan pada setiap tahap operasi, termasuk pengaturan standar, desain peralatan, personel terlatih, dan manajemen produk atau layanan yang dihasilkan. Menurut Lesmana (2021), konsep kualitas dipahami sebagai ukuran relatif untuk mengevaluasi kualitas suatu produk atau jasa, termasuk kualitas desain dan kualitas kesesuaian. Salah satu langkah untuk menciptakan produk berkualitas yang memenuhi standar adalah dengan menerapkan sistem manajemen mutu yang tepat, memiliki tujuan dan tahapan yang jelas, menerapkan inisiatif untuk mencegah dan memecahkan masalah yang dihadapi perusahaan (Yamin, 2013). Kualitas adalah salah satu aspek terpenting dari pelanggan ketika memilih produk atau layanan sehingga mengembangkan kualitas ini merupakan aspek penting dari kesuksesan, pertumbuhan, dan daya saing bisnis (Montgomery, 2014).

Indrasari (2019) mendefinisikan kualitas sebagai karakteristik umum dan karakteristik suatu produk atau jasa yang mempengaruhi kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan spesifik atau tersirat. Suatu produk atau jasa dianggap baik jika dapat memenuhi harapan atau ekspektasi konsumen tentang nilai produk tersebut. Sehingga, ciri-ciri produk antara lain memiliki daya simpan yang lama,

meningkatkan citra dan posisi konsumen, tidak mudah rusak, menjamin kualitas, dan beretika dalam penggunaan. Sedangkan dalam pelayanan, perlu memberikan pelayanan pelanggan yang ramah, hormat dan jujur agar dapat menyenangkan atau menyenangkan pelanggan.

2.2.1 Perspektif Terhadap Kualitas

Menurut Rusyadah dan Utomo (2018) terdapat lima alternatif pandangan atau perspektif kualitas yang biasa digunakan, yakni:

1. *Transcendental Approach*

Kualitas dalam pendekatan ini dapat dilihat dan dirasakan, tetapi sulit untuk dijelaskan dan diterapkan. Oleh karena itu, sulit bagi fungsi produksi, layanan, dan perencanaan perusahaan untuk menggunakan definisi tersebut sebagai dasar pengendalian kualitas.

2. *Product-based Approach*

Pendekatan ini menyatakan karakteristik atau atribut yang dapat diukur dan diukur disebut dengan kualitas. Perbedaan jumlah beberapa unsur atau atribut produk ditunjukkan dengan perbedaan kualitas. Pandangan ini sangat objektif sehingga tidak dapat menjelaskan kebutuhan, preferensi pribadi, atau preferensi yang berbeda.

3. *User-based Approach*

Pandangan bahwa kualitas tergantung pada siapa yang memandang adalah dasar dari pendekatan ini, dan produk dengan kualitas terbaik adalah yang paling sesuai dengan selera konsumen (kualitas yang dirasakan, dll.). Perspektif subjektif dan berorientasi pada permintaan ini juga berarti bahwa konsumen memiliki

kebutuhan dan keinginan yang berbeda. Oleh karena itu, kualitas seorang individu sama dengan kepuasan maksimal yang dirasakan oleh seorang individu.

4. *Manufacturing-based Approach*

Perspektif ini bersifat berdasarkan penawaran dengan fokus utama pada praktik rekayasa dan manufaktur, dan menggambarkan kualitas sebagai kesesuaian dengan persyaratan. Pendekatan ini berfokus pada penyesuaian spesifikasi yang dikembangkan secara internal, yang sering kali didorong oleh tujuan peningkatan produktivitas dan pengurangan biaya. Oleh karena itu, penetapan kualitas tidak didasarkan konsumen yang menggunakannya, tetapi pada standar perusahaan,.

5. *Value-based Approach*

Pendekatan ini mempertimbangkan kualitas dari segi harga dan nilai. Dengan memperhatikan “pertukaran” antara harga dengan kinerja, kualitas diartikan dengan istilah “*affordable excellence*”. Dari sudut pandang ini, kualitas adalah relatif, sehingga produk dengan kualitas terbaik tidak selalu merupakan produk dengan nilai tertinggi. Namun, produk atau layanan yang paling tepat dibeli (*best buy*) adalah yang paling berharga.

2.2.2 Dimensi Kualitas

Menurut Tjiptono dan Diana (2000) terdapat 8 dimensi kualitas yang bertujuan untuk perencanaan analisis dan strategis, terutama untuk produk manufaktur. Dimensi-dimensi tersebut ialah:

1. Kinerja (*performance*) merupakan karakteristik utama operasi pokok dari produk.
2. *Features* merupakan karakteristik pelengkap atau sekunder.

3. Keandalan (*reliability*) merupakan peluang yang sedikit untuk gagal dipakai maupun mengalami kerusakan dalam kurun waktu tertentu.
4. Kesesuaian dengan spesifikasi (*conformance to spesifications*) merupakan kesesuaian karakteristik operasi dan desain dalam memenuhi standar-standar yang telah ditetapkan sebelumnya.
5. Daya tahan berhubungan dengan berapa lama barang tersebut dapat terus digunakan.
6. Kemampuan pelayanan (*Serviceability*) sama dengan kompetensi, kecepatan, kemudahan mereparasi, kenyamanan, serta penanganan keluhan yang memuaskan.
7. Estetika (*aesthetics*) merupakan alasan produk dapat menarik perhatian konsumen melalui panca indra.
8. Reputasi produk termasuk tanggungjawab perusahaan didalamnya atau disebut dengan kualitas yang dipersepsikan (*perceived quality*).

2.3 Pengendalian Kualitas

Menurut Harahap (2018) pengendalian kualitas adalah kegiatan yang direncanakan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas produk dan layanan untuk memenuhi standar yang ditetapkan dan memastikan kepuasan pelanggan. Secara umum pengendalian kualitas memiliki beberapa tujuan tertentu, antara lain meningkatkan kepuasan pelanggan dan proses manufaktur dilakukan dengan biaya minimal dan selesai setelah waktu tertentu (Lesmana, 2021). Pengendalian kualitas menurut *ishikawa* (Murdifin & Mahfud, 2014), itu

mengembangkan, merancang, memproduksi dan memberikan layanan produk dengan kualitas terbaik, ekonomis, bermanfaat dan selalu memuaskan kepada pelanggannya. Pengendalian mutu dan penerapannya dilakukan dengan menetapkan standar kesesuaian produk. Fungsi pengendalian kualitas ini harus dilakukan secara komprehensif dan holistik pada setiap langkah dari seluruh siklus produksi, dilakukan dalam proses yang berkesinambungan (Wahyuni, 2015).

2.3.1 Pentingnya Kualitas Produk

Menurut Kotler (2003:37) konsep kualitas produk adalah karakteristik atau ciri dari suatu produk atau jasa yang mempengaruhi kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan yang nyata atau tidak realistis. Russell (1998) berpendapat bahwa terdapat tujuh peran penting kualitas produk, antara lain:

1. Meningkatkan Reputasi Perusahaan

Ketika sebuah perusahaan dapat menghasilkan produk dan jasa yang berkualitas tinggi, dikatakan sebagai perusahaan yang mengutamakan kualitas. Hasilnya, perusahaan menjadi dikenal publik dan memperoleh nilai lebih di mata masyarakat.

2. Pengurangan Biaya

Perusahaan tidak memerlukan biaya tinggi untuk menghasilkan produk dan layanan berkualitas tinggi. Karena perusahaan menitikberatkan pada kepuasan pelanggan yaitu jenis, jenis, waktu dan jumlah produk yang dihasilkan sesuai dengan harapan dan kebutuhan konsumen.

3. Meningkatkan Pangsa Pasar

Setelah pengurangan biaya tercapai, Anda dapat meningkatkan pangsa pasar dengan menurunkan harga sambil mengutamakan kualitas.

4. Dampak Internasional

Ketika kami menyediakan produk atau layanan berkualitas tinggi, produk atau layanan tersebut tidak hanya dikenal di pasar domestik, tetapi juga diakui dan diterima di pasar internasional.

5. Adanya Tanggung Jawab Produk

Dengan semakin ketatnya persaingan untuk kualitas produk atau layanan manufaktur, perusahaan harus bertanggung jawab atas desain, pemrosesan, dan distribusi produk ini serta memenuhi kebutuhan konsumen.

6. Tentang Penampilan Produk

Kualitas membuat produk atau jasa mudah dikenali. Ini akan memungkinkan perusahaan untuk menciptakan produk yang diketahui dan dipercaya oleh masyarakat luas.

2.3.2 Tujuan Pengendalian Kualitas

Menurut Heizer dan Render (2015) tujuan utama dari pengendalian kualitas adalah untuk mengetahui seberapa baik proses dan hasil suatu produk atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh perusahaan. Adapun tujuan dari pengendalian kualitas menurut Tannady (2015) adalah sebagai berikut:

1. Produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditentukan.
2. Menjaga biaya audit seefisien mungkin.

3. Menargetkan biaya desain produk dan proses dengan menggunakan kualitas manufaktur tertentu untuk tetap efektif dan efisien.
4. Menjaga biaya produksi seefisien mungkin.

2.3.3 Faktor-Faktor Pengendalian Kualitas

Perusahaan perlu menerapkan pengendalian kualitas untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas produksi dengan cara menjaga mutu produk agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan. Selama pengendalian kualitas ini, semua penyimpangan di luar batas standar dicatat dan dianalisis dan digunakan sebagai umpan balik untuk tindakan korektif di masa mendatang untuk mencegah kesalahan yang sama berulang. Proses pengendalian kualitas pada dasarnya mencakup semua aspek produksi dan operasi, mulai dari bahan mentah hingga proses pembuatan produk akhir. Seperti yang direncanakan untuk mempertahankan produk dan layanan perusahaan dan memastikan bahwa layanan yang diberikan memenuhi kepuasan pelanggan (Irwan dan Haryono, 2015)

Menurut Irwan dan Haryono (2015) jika suatu proses terganggu, kita dapat dengan cepat menyelidiki pengendalian proses dan mengambil tindakan korektif sebelum banyak unit memenuhi standar produksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas adalah:

1. Keterampilan dan keahlian yang berhubungan dengan operator, yaitu orang-orang yang menangani produk.
2. Sehubungan dengan bahan baku, yaitu bahan baku yang disediakan oleh penjual.

3. Jenis mesin dan elemen mesin yang berhubungan dengan mesin, yaitu yang digunakan dalam proses manufaktur.

2.3.4 Langkah-Langkah Pengendalian Kualitas

Salah satu proses pengendalian kualitas adalah PDCA. PDCA singkatan dari *Plan, Do, Check, dan Action*. Menurut Nasution (2009) siklus ini bertujuan dalam penerapan berbagai macam perubahan dalam peningkatan kinerja, proses atau sebuah sistem di periode yang akan datang.

1. *Plan* (Pengembangan Rencana)

Secara teratur merencanakan, menentukan, dan menjelaskan nilai kualitas produk.

2. *Do* (Pelaksanaan Rencana)

Implementasi dari rencana yang telah disiapkan. Pengendalian diperlukan selama proses implementasi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

3. *Check* (Pemeriksaan)

Memantau kembali kemajuan rencana perbaikan untuk mencapai arah yang diinginkan. Perbandingan pengaturan standar dan kualitas produk dan analisis kesalahan selanjutnya.

4. *Action* (Tindakan)

Jika diperlukan, dibutuhkan penyesuaian hasil temuan di atas. Namun jika masalah sudah terselesaikan, maka kita bisa menentukan rencana perbaikan berikutnya.

Ide dasar dari pengendalian kualitas terpadu (*Total Quality Control*) adalah untuk memecahkan masalah berdasarkan data yang akurat dan dapat dilacak. Metode dan alat pemecahan masalah yang digunakan dalam pengendalian kualitas terpadu terdiri dari delapan langkah untuk pemecahan masalah.

1. Menentukan prioritas

Langkah pertama dalam pemecahan masalah adalah mengidentifikasi masalah yang muncul dengan menyelidiki masalah secara jelas. Setelah menyelidiki masalah yang terjadi, prioritaskan masalah yang akan diselesaikan. Gunakan metode statistik, yaitu diagram Pareto, histogram, dan diagram kontrol, untuk memprioritaskan masalah.

2. Mencari penyebab kecacatan

Setelah mengidentifikasi masalah prioritas, langkah selanjutnya adalah menemukan penyebab masalah. Alatnya adalah diagram tulang ikan (*cause and Effect diagram*)

3. Melakukan penelitian penyebab yang berpengaruh

Berdasarkan hasil diagram tulang ikan, permasalahan dikelompokkan dan dicari penyebab yang paling berpengaruh. Faktor-faktor yang menyebabkan masalah tersebut, yang dikenal sebagai 6M, terdiri dari *Manpower* atau tenaga kerja, *Mesin*, *Material* atau bahan baku, *Metode*, *Environment* atau Lingkungan, dan *Measurement*.

4. Menyusun Langkah Perbaikan Kualitas

Dokumentasikan langkah, langkah, alur kerja yang ada, dan gunakan tabel 5W + 1H untuk membuat urutan yang sistematis

Tabel 2.3 Perencanaan perbaikan kualitas dengan 5W + 1H

| No | Penyebab | <i>What</i> | <i>Why</i> | <i>Where</i> | <i>When</i> | <i>Who</i> | <i>How</i> |
|----|----------|-------------|------------|--------------|-------------|------------|------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Keterangan:

What : Apa tujuan dilakukannya perbaikan kualitas

Why : Mengapa dilakukannya perbaikan kualitas

Where : Di mana dilakukannya perbaikan kualitas

When : Kapan dilakukannya perbaikan kualitas

Who : Siapa yang melakukan perbaikan kualitas

How : Bagaimana cara perbaikan kualitas

5. Melakukan langkah perbaikan

Sebelum mengambil langkah perbaikan, buatlah beberapa saran untuk cara kerja baru yang efektif dan efisien. Untuk melakukan ini, kemudahan pengendalian kualitas dan implementasi diharapkan dapat menyederhanakan langkah-langkah yang harus diikuti dengan mengembangkan beberapa alternatif metode kerja baru yang dipilih melalui pengujian, pengukuran kerja, dll.

6. Memeriksa Hasil Perbaikan Kualitas

Setelah menerapkan tindakan korektif, hasil peningkatan kontrol kualitas harus dipertimbangkan. Jika inspeksi merupakan bagian dari kegiatan yang mengontrol kualitas produk yaitu menentukan apakah produk itu baik atau buruk.

7. Menetapkan Standarisasi

Setelah langkah pemecahan masalah diselesaikan, kita perlu melakukan standarisasi. Produk harus dapat memenuhi standar tenaga kerja lain yang

disepakati. Saat menggunakan produk, produk harus mendukung fitur yang dirancang sebelumnya.

8. Menyelesaikan Masalah Berikutnya

Karena produk bertahan di pasar dan populer di kalangan konsumen, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi masalah berikutnya yang menyebabkan banyak cacat pada produk. Untuk mengurangi cacat produk yang ada dan membuat produk menjadi sempurna.

2.4 Six sigma

Metode *six sigma* adalah metode yang banyak digunakan untuk pengendalian kualitas suatu perusahaan di mana kata “*Sigma*” berasal dari bahasa Yunani (σ) yang berarti istilah statistik untuk mengukur seberapa jauh suatu proses menyimpang terhadap standar kualitas (Adi, 2022). *Six sigma* bertujuan untuk menemukan dan mengurangi faktor-faktor yang menyebabkan cacat dan kegagalan, mempersingkat waktu siklus dan biaya operasi, meningkatkan efisiensi, dan memenuhi kebutuhan pelanggan dengan lebih baik. Standar enam *sigma* dalam proses manufaktur dikenal sebagai tingkat cacat proses, dengan nilai cacat 3,4 bagian per juta unit per proses. Artinya, dalam satu juta unit per proses hanya diperkenankan mengalami kegagalan atau cacat produk sebanyak 3,4 unit per proses (Tannady, 2015). Penerapan *six sigma* diharapkan dapat memuaskan pelanggan, meningkatkan keuntungan perusahaan atau menekan biaya produksi, serta menambah nilai bagi perusahaan dan bisnisnya (Wulansari et al., 2019).

Menurut Gaspersz (2005) pada awalnya Metode *six sigma* diimplementasikan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986 dan terbukti kurang ebih 10 tahun setelah mengimplementasikan *six sigma* telah mampu mencapai tingkat kualitas sebesar 3,4 DPMO (*Defect Per Million Opportunities*). Pencapaian Motorola dalam penerapan *Six sigma* antara lain:

1. Penurunan biaya cacat produk atau *Cost Of Poor Quality* (COPQ) >84%.
2. Meniadakan kegagalan dalam proses sekitar 97%.
3. Menambah tingkat produktivitas dengan rata-rata sebesar 12,3% per tahun.
4. Menambah tingkat pertumbuhan pertahun rata-rata mencapai 17% dalam penerimaan, keuntungan, dan harga saham Motorola.

Sehingga hasil dari peningkatan kualitas yang diukur berdasarkan antara biaya cacat produk atau *Cost Of Poor Quality* (COPQ) terhadap penjualan ditunjukkan dalam tabel 2.4:

Tabel 2.4 Konversi *Six sigma*

| Tingkat Pencapaian <i>Six sigma</i> | Persentase | DPMO (<i>Defects Per Million Opportunities</i>) | COPQ (<i>Cost Of Poor Quality</i>) |
|--|------------|---|--------------------------------------|
| ± 1 - <i>sigma</i> | 30.23% | 691.462 (sangat tidak kompetitif) | Tidak dapat dihitung |
| ± 2 - <i>sigma</i> | 69.13% | 308.538 (rata-rata industri Indonesia) | Tidak dapat dihitung |
| ± 3 - <i>sigma</i> | 93.32% | 66.807 | 25-40% dari penjualan |
| ± 4 - <i>sigma</i> | 99.379% | 6.210 (rata-rata industri USA) | 15-25% dari penjualan |
| ± 5 - <i>sigma</i> | 99.97670% | 233 | 5-15% dari penjualan |
| ± 6 - <i>sigma</i> | 99.99966% | 3,4 (industri kelas dunia) | < 1% dari penjualan |
| Setiap pergeseran atau peningkatan 1- <i>sigma</i> akan memberikan peningkatan keuntungan 10% dari penjualan | | | |

Sumber: Gaspersz (2005)

Menurut Muis (2011) terdapat beberapa istilah yang perlu dipahami dalam metode *six sigma* sebelum membahasnya lebih jauh, antara lain:

1. *Defect*

Merupakan ketidaksesuaian kualitas produk dengan persyaratan atau fungsional / spesifikasi perusahaan.

2. *Critical To Quality* atau CTQ

Merupakan CTQ merupakan karakteristik penting yang terukur dari suatu produk atau proses yang harus memenuhi batasan/batas suatu standar atau spesifikasi untuk memenuhi kebutuhan dan kebutuhan pelanggannya. Upaya perbaikan atau konstruksi yang dilakukan akan dikaitkan dengan CTQ ini dan disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan.

3. *Opportunity*

Merupakan peluang atau ukuran tiap kejadian sehingga memberikan harapan agar spesifikasi batas dari *Critical To Quality* terpenuhi.

4. *Defect Per Opportunity* (DPO)

Merupakan pengukuran kesalahan yang dihitung dengan Program Peningkatan Kualitas *Six sigma* menunjukkan jumlah kesalahan atau kesalahan per peluang dan dapat dihitung menggunakan rumus.

$$DPO = \frac{\text{Total defect}}{\text{Total Produk x CTQ}} \dots\dots\dots(2.1)$$

5. *Defect Per Million Opportunities* (DPMO)

Menunjukkan kegagalan per sejuta peluang yang dihitung menggunakan rumus.

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \dots\dots\dots(2.2)$$

6. *Cost Of Poor Quality* (COPQ)

Merupakan Biaya yang disebabkan oleh kualitas yang cacat produk yang tidak memenuhi standar pelanggan. Perusahaan yang dapat meningkatkan kualitas dan mengurangi biaya COPQ dapat meningkatkan keuntungan bisnis mereka dan mendapatkan keunggulan atas pesaing mereka.

2.4.1 Konsep Six sigma

Ahmad (2019) mengatakan bahwa *six sigma* sebagai sistem yang komprehensif dan fleksibel untuk mencapai, mendukung, dan memaksimalkan proses bisnis, dengan fokus pada pemahaman kebutuhan pelanggan dan fokus berkelanjutan pada pengelolaan, peningkatan, dan pengendalian proses bisnis melalui data, data, dan analisis statistik. Dengan konsep *zero defect*, yang mengacu pada kesalahan yang disebabkan oleh kurangnya pengetahuan, dapat diperbaiki dengan bantuan teknik modern. Masalah-masalah yang timbul dalam proses produksi perlu segera dicari penyebab-penyebabnya, kemudian berusaha meningkatkan kualitas produk untuk menentukan proses-proses yang baik. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode *six sigma* konsep DMAIC (Kubiak, 2016). Menurut Saludin (2016) konsep DMAIC adalah kunci untuk memecahkan masalah *six sigma*, yang masing-masing mencakup langkah-langkah perbaikan tambahan yang sangat penting untuk mencapai hasil yang diinginkan. Ide-ide ini dapat diintegrasikan dengan metode lain untuk meningkatkan efisiensi dan selanjutnya akan membuktikan keberadaan produk dalam persaingan global.

Menurut Gasperz (2005) apabila konsep *Six sigma* akan ditetapkan dalam bidang manufaktur, terdapat enam aspek yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Identifikasi karakteristik produk yang memuaskan pelanggan (sesuai dengan kebutuhan dan harapan mereka).
2. Menentukan atau kalsifikasi karakteristik kualitas produk sebagai CTQ (*Critical To Quality*). *Critical To Quality* merupakan atribut yang sangat perlu diperhatikan karena berhubungan langsung dengan kebutuhan dan kepuasan pelanggan. CTQ adalah elemen produk, proses, atau praktik yang secara langsung berdampak pada kepuasan pelanggan.
3. Tentukan apakah CTQ dapat dikendalikan melalui pengendalian bahan baku, mesin, proses–proses kerja, dll.
4. Menetapkan batas spesifikasi maksimum yang diperbolehkan untuk tiap CTQ sesuai dengan kebutuhan *customer* yaitu dengan menentukan nilai USL dan LSL untuk setiap CTQ.
5. Menentukan variasi proses maksimum untuk setiap CTQ (menunjukkan nilai standar deviasi maksimum untuk setiap CTQ).
6. Memodifikasi desain produk atau proses untuk memenuhi tujuan *Six sigma*.

2.4.2 Tahapan Pengendalian Kualitas *Six sigma*

DMAIC adalah siklus perbaikan yang digunakan untuk meningkatkan, mengoptimalkan, dan menstabilkan proses bisnis dalam suatu perusahaan. Menurut Gaspersz (2005), langkah-langkah untuk menerapkan peningkatan kualitas menggunakan *Six sigma* terdiri dari lima langkah: DMAIC atau *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control*.

1. Tahap *Define*

Tahap *Define* adalah tahapan untuk mendefinisikan masalah yang dipecahkan oleh kontrol kualitas *Six sigma*. Langkah ini terdiri dari mendefinisikan rencana tindakan yang perlu diambil untuk melakukan perbaikan pada setiap tahap proses bisnis utama (Gaspersz, 2005). Menurut Bass (2007) Tahap ini bertujuan untuk mendefinisikan suatu proses atau masalah produk. Pada fase ini dilakukan identifikasi objek penelitian yang menjadi fokus permasalahan untuk diselesaikan.

2. Tahap *Measure*

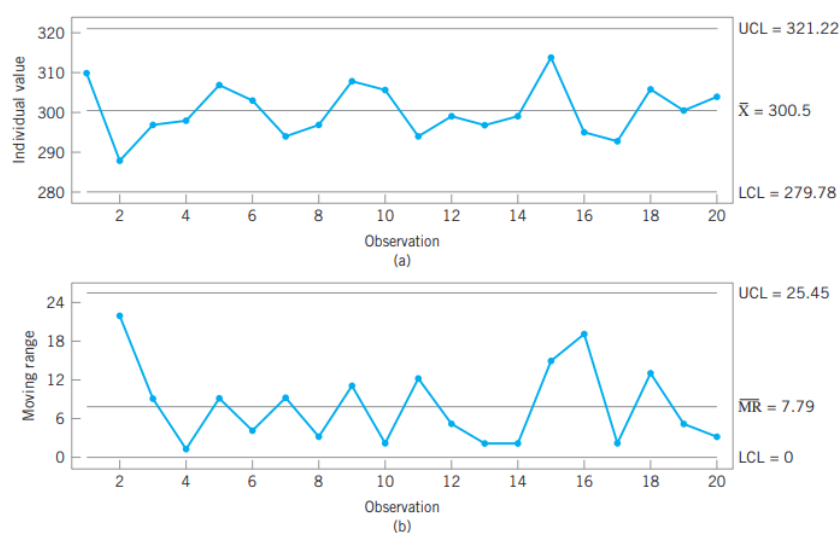
Setelah masalah didefinisikan, aktivitas pertama dalam Tahap *Measure* adalah menentukan *Critical To Quality* (CTQ) pada produk dan membuat rencana pengumpulan data dari parameter karakteristik kualitas produk. Kemudian ukur karakteristik kualitas yang diukur secara statistik. Tahap ini dimaksudkan untuk mengukur standar kinerja proses dalam pembuatan produk dengan pembuatan peta control sebagai tahap awal dari *measure* setelah menentukan CTQ.

Peta kontrol sangat penting dalam pengendalian kualitas secara statistik di dalam industri. Peta kontrol adalah *tools* untuk mengendalikan kualitas dengan mudah, sehingga mudah menentukan keputusan apa yang harus diambil jika terjadi produk yang menyimpang. Peta kendali variabel adalah peta kendali dimana data yang dikumpulkan dan akan dianalisis adalah data variabel (hasil pengukuran dengan alat ukur). *Individuals and moving range control chart* (I-MR) yang juga dikenali dengan nama X-MR atau *Shewhart individuals control chart* adalah peta kendali variabel yang digunakan jika jumlah observasi dari masing-masing subgrup

hanya satu ($n = 1$). I-MR diperlukan dalam situasi-situasi sebagai berikut (Montgomery, 2014, pp. 267–268):

- Menggunakan teknologi pengukuran dan inspeksi otomatis, dan setiap unit yang diproduksi dapat dianalisis sehingga tidak ada dasar untuk pengelompokan rasional ke dalam subgroup.
- Siklus produksi sangat lama, dan menyulitkan jika mengumpulkan sampel sebanyak $n > 1$.
- Pengukuran berulang pada proses akan berbeda karena faktor kesalahan (*error*) lab atau analisis, seperti pada proses kimia.

Peta kendali I-MR merupakan gabungan dari peta kendali I (Individual) yang menampilkan angka hasil pengukuran, dan peta kendali MR (*Moving Range*) yang menampilkan perbedaan angka dari pengukuran yang satu ke pengukuran selanjutnya. (Montgomery, 2014).



Gambar 2.4 Control charts for (a) individual observations and for (b) the moving range.

Sumber : Montgomery (2014)

a. Peta Kendali Individu

Untuk membuat Peta Kendali Individu, maka diperlukan perhitungan sebagai berikut:

$$CL = \bar{x} = \frac{\sum x}{m} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$LCL = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \dots\dots\dots(2.5)$$

b. Peta Kendali *Moving Range*

Untuk membuat Peta Kendali *Moving Range*, maka diperlukan perhitungan sebagai berikut:

$$MR_i = | x_i - x_{i-1} | \dots\dots\dots(2.6)$$

$$CL_{MR} = \overline{MR} = \sum \frac{MR_i}{m-1} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$UCL_{MR} = D_4 \overline{MR} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$LCL_{MR} = D_3 \overline{MR} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

MR_i : *moving range* pada data ke-i

x_i : data ke-i

x_{i-1} : data ke-i-1

\bar{x} : rata-rata data

\overline{MR} : rata-rata *moving range*

CL : *center line*

UCL : *upper control line*

LCL : *lower control line*

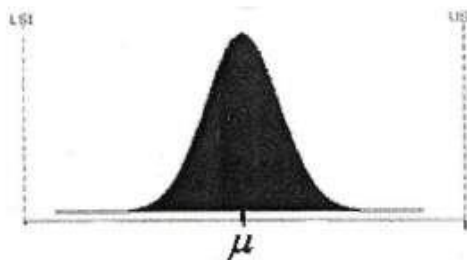
D_3 : Faktor untuk menentukan LCL moving range (Lampiran 1)

D_4 : Faktor untuk menentukan UCL moving range (Lampiran 1)

d_2 : Faktor untuk menentukan *individual control chart* (Lampiran 1)

Menurut Gaspersz (2005) Kapasitas proses merupakan alat untuk mengukur variabilitas yang ada dalam proses manufaktur. Peningkatan kapasitas proses manufaktur produk menuju tingkat cacat nol menunjukkan keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas *Six sigma*. Oleh karena itu, konsep perhitungan kapabilitas proses sangat penting untuk memahami dan mengimplementasikan program *six sigma*. Jika suatu proses dapat menghasilkan output yang berada dalam batas spesifikasi yang diinginkan, maka proses tersebut dikatakan memenuhi. Menurut Bass (2007) ketika rata-rata proses memenuhi target yang diharapkan dan kisaran spesifikasi yang diinginkan perusahaan lebih besar dari batas kendali produk yang dihasilkan. Keterampilan proses dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kondisi berikut.

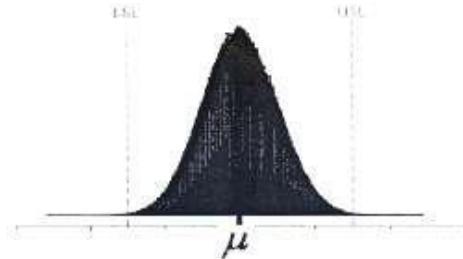
- a. Proses yang mempunyai kapabilitas tinggi. Proses tersebut terjadi jika rentang proses berada di dalam rentang spesifikasi atau standar.



Gambar 2.5 Bagan Kendali Proses Kapabilitas Tinggi

Sumber : Bass (2007)

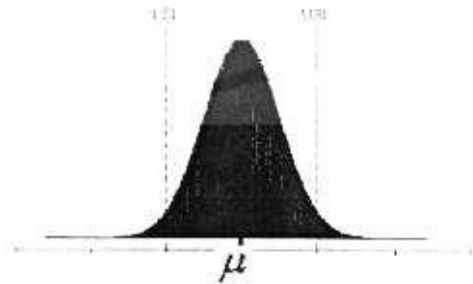
- b. Proses yang mempunyai nilai kapabilitas hampir tidak cukup. Proses tersebut terjadi jika rentang proses sama dengan rentang spesifikasi atau standar.



Gambar 2.6 Bagan Kendali Proses Kapabilitas Cukup Baik

Sumber : Bass (2007)

- c. Proses yang tidak mempunyai kapabilitas. Proses tersebut terjadi jika rentang proses lebih besar dibandingkan rentang spesifikasi atau standar.



Gambar 2.7 Bagan Kendali Proses Tidak mempunyai Kapabilitas

Sumber : Bass (2007)

Menurut Rachman (2014), berikut ini adalah beberapa indeks kapabilitas proses yang digunakan.

- Indeks Kapabilitas Proses (C_p) adalah indeks kapabilitas paling sederhana, digunakan untuk menunjukkan kemampuan suatu proses dalam memenuhi spesifikasi limit. Indeks Kapabilitas Proses (C_p) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$C_p = \frac{BSA - BSB}{6\sigma} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

C_p : Kapabilitas proses

BSA : batas spesifikasi atas (USL atau UCL)

BSB : batas spesifikasi bawah (LSL atau LCL)

σ : Simpangan baku

Untuk kriteria penilaian dari C_p , adalah sebagai berikut:

- a. Jika $C_p > 1.33$, maka kapabilitas proses sangat baik.
 - b. Jika $1.00 \leq C_p \leq 1.33$, maka kapabilitas proses baik, namun perlu pengendalian ketat apabila C_p mendekati 1.00.
 - c. Jika $C_p < 1.00$, maka kapabilitas proses rendah, sehingga perlu ditingkatkan performansinya melalui perbaikan proses.
- Indeks Kapabilitas Proses C_{pk} adalah indeks yang memperlihatkan seberapa kedekatan nilai rata-rata dari proses saat ini terhadap batasan spesifikasi, dengan cara mengukur jarak terdekat antara kinerja proses dan batas spesifikasi. Rumus C_{pk} dituliskan sebagai berikut:

$$C_{pk} = \min \left(\frac{BSA - \bar{x}}{3\sigma} \text{ atau } \frac{\bar{x} - BSB}{3\sigma} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

\bar{X} : Rata-rata proses

Terkait dengan nilai C_{pk} , terdapat beberapa analisa sebagai berikut:

- a. Jika $C_{pk} > 1.33$, proses akan mampu memenuhi batas spesifikasi (USL/UCL).

- b. Jika $1.00 \leq Cpk \leq 1.33$, proses masih mampu memenuhi batas spesifikasi (USL/UCL), namun perlu pengendalian ketat apabila Cpk telah mendekati 1.00.
- c. Jika $Cpk < 1.00$, proses tidak mampu memenuhi batas spesifikasi.
- Indeks Kapabilitas Proses Cpm digunakan untuk mengukur pada tingkatan mana output suatu proses berada pada nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diharapkan oleh perusahaan.

$$Cpm = \frac{BSA - BSB}{6\sqrt{\sigma^2 + (T - \bar{x})^2}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

T : Nilai spesifikasi target kualitas

Pada fase measure ini terdiri dari mengidentifikasi parameter di luar spesifikasi, menghitung nilai DPMO untuk data variabel, menghitung nilai *sigma* yang didapat dari tabel konversi nilai DPMO ke dalam tingkatan *sigma*.

$$DPMO = \left[P \left\{ Z \geq \frac{USL - \bar{x}}{s} \right\} \times 1000000 \right] + \left[P \left\{ Z \leq \frac{LSL - \bar{x}}{s} \right\} \times 1000000 \right] \dots\dots(2.13)$$

$$\sigma = Z \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\sigma = \text{normsinv} \left[1 - \left(\frac{DPMO}{1.000.000} \right) \right] + 1,5 \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

DPMO : *Defect Per Million Opportunities*

USL : Batas spesifikasi atas

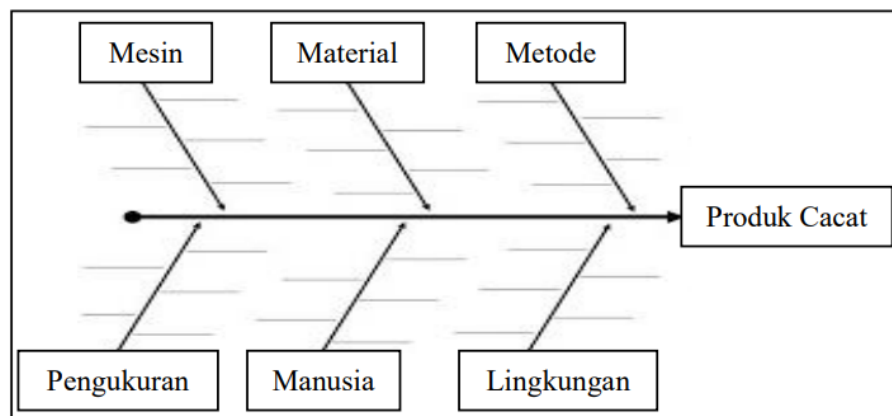
LSL : Batas spesifikasi bawah

\bar{x} : Nilai rata-rata

S : Standart deviasi

3. Tahap *Analyze*

Tujuan dari tahap *analyze* dalam peningkatan kualitas *six sigma* adalah untuk mengidentifikasi penyebab dan akar penyebab cacat produk dan memprioritaskan cacat mana yang berkontribusi signifikan terhadap penurunan kualitas produk (Rumana, 2014). Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab masalah. Fase ini membuat peta kendali dan diagram *fishbone* untuk menganalisis penyebab dari *outspec* tersebut. Diagram sebab akibat, atau yang lebih dikenal dengan diagram *fishbone* atau diagram Ishikawa, adalah hubungan antara kelainan dan penyebabnya, tepatnya kepala ikan (akibat) dan, akibatnya, tulang sebagai penyebabnya, dan ada *subbones* yang merupakan penyebab yang lebih rinci.



Gambar 2.8 Diagram *Fishbone*

Sumber: Sukirno (2021)

Diagram kausal pertama kali dikembangkan oleh Profesor Kaoru Ishikawa pada tahun 1953. Profesor Kaoru Ishikawa menganalisis potensi penyebab penyimpangan proses menggunakan grafik elemen proses (Montgomery, 2014)

Secara umum, diagram *fishbone* memiliki kategori sebagai berikut (Sukirno, 2021):

- a. *Man*, sumber daya manusia yang terlibat dalam proses produksi
 - b. *Method*, bagaimana proses dilaksanakan dan persyaratan apa saja yang dibutuhkan untuk melaksanakan proses produksi.
 - c. *Material*, yaitu bahan mentah, bahan baku, dan bahan-bahan lainnya yang digunakan sebagai input proses produksi.
 - d. *Machine*, peralatan yang digunakan sebagai proses produksi.
 - e. *Environment*, yaitu kondisi seperti lokasi, waktu, dan suhu saat proses produksi
4. Tahap *Improve*

Improve adalah fase menemukan saran perbaikan untuk memecahkan masalah berdasarkan penyebab yang diidentifikasi dalam *fishbone diagram*. Langkah ini mengimplementasikan rencana aksi untuk mengimplementasikan peningkatan kualitas *six sigma*. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah pendekatan sistematis menggunakan tabel untuk membantu mengidentifikasi mode potensial dari proses berpikir untuk kesalahan dan konsekuensinya (Husein, 2021). FMEA adalah alat analisis yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai risiko kegagalan produk atau proses. FMEA dapat memfasilitasi ataupun mempermudah penyusunan tindakan korektif yang diperlukan Meidiarti (2020). Menurut Suseno (2022) FMEA dapat digunakan untuk menentukan konsekuensi dari setiap kegagalan dalam suatu fase, kemudian memprioritaskan upaya pencegahan dan perbaikan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan pada produksi berikutnya berjalan sesuai dengan harapan, keinginan pelanggan. Sedangkan menurut Montgomery (2014) FMEA bertujuan untuk memprioritaskan

berbagai potensi penyebab variasi produk atau proses, kesalahan, kesalahan, atau cacat dalam kaitannya dengan tiga kriteria berikut:

- a Kemungkinan tidak beres (peringkat pada skala 1 sampai 10, dengan 1 = tidak mungkin dan 10 = hampir pasti)
- b Memiliki keandalan dalam menemukan *defect*, gagal, atau kesalahan (diberi peringkat pada skala 1 hingga 10, dengan 1 = sangat mungkin untuk menemukan dan 10 = sangat tidak mungkin untuk ditemukan)
- c Tingkat keparahan *defect*, gagal, atau kesalahan (diberi peringkat pada skala 1 hingga 10, dengan 1 = dampak kecil dan 10 = dampak tinggi, termasuk kerugian finansial, cedera, atau kematian yang tinggi)

Menurut McDermott dkk (2009) *Design FMEA* dan *process FMEA* menggunakan sepuluh tahapan yang diperlihatkan pada tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.5 Sepuluh Tahapan FMEA

| | |
|------------|---|
| Langkah 1 | Mempelajari proses atau produk |
| Langkah 2 | Brainstorming tentang Mode Kegagalan Potensial |
| Langkah 3 | Mendaftar Dampak Potensial dari Setiap Mode Kegagalan |
| Langkah 4 | Menetapkan Peringkat Keparahan (<i>Severity</i>) untuk Setiap Dampak yang Terjadi |
| Langkah 5 | Menetapkan Peringkat Kejadian (<i>Occurrence</i>) untuk Setiap Dampak yang Terjadi |
| Langkah 6 | Menetapkan Peringkat Deteksi (<i>Detection</i>) untuk Setiap Dampak yang Terjadi |
| Langkah 7 | Menghitung <i>Risk Priority Number</i> untuk Setiap Dampak yang Terjadi |
| Langkah 8 | Memprioritaskan kegagalan yang akan ditindaklanjuti |
| Langkah 9 | Mengambil tindakan untuk menghilangkan atau meminimasi kegagalan yang beresiko tinggi |
| Langkah 10 | Menghitung hasil <i>Risk Priority Number</i> setelah kegagalan dikurangi atau dihilangkan |

Sumber : McDermott (2009)

Berdasarkan tabel yang mengacu pada *worksheet* FMEA sehingga memudahkan peneliti dalam menggunakan FMEA karena prosedur pengisian *worksheet* mengikuti sepuluh langkah FMEA. Berikut adalah penjelasan pada setiap tahapan:

a. Mempelajari proses atau produk

Dalam peninjauan proses atau produk merupakan fase pertama dari langkah FMEA. Saat meninjau terkait desain FMEA, diperlukan penyusunan produk, tetapi saat meninjau terkait proses FMEA, diperlukan diagram alur dari setiap operasi.

b. *Brainstorming* tentang Jenis Kegagalan Potensial

Setelah memahami dan memahami proses dan produk, tim FMEA mulai memikirkan mode kegagalan potensial. Sesi *brainstorming* menghasilkan banyak ide baru. Anggota tim yang menghadiri sesi *brainstorming* harus menuliskan ide-ide mereka untuk dibagikan dalam sesi tersebut.

c. Mendaftar Dampak Potensial dari Setiap Mode Kegagalan

Jika dalam *worksheet* FMEA memiliki catatan mode kegagalan, tim FMEA harus meninjau setiap mode kegagalan dan mengidentifikasi dampak potensial dari kegagalan yang terjadi. Informasi tentang dampak potensial akan membantu tim untuk mempertimbangkannya dengan cermat, sehingga langkah ini harus dilakukan seperti konsekuensi adanya kegagalan dalam produk.

d. Menetapkan Peringkat Keparahan (*Severity*) untuk Setiap Dampak yang Terjadi

Severity adalah perkiraan tingkat keparahan dampak jika terjadi kegagalan. Dalam beberapa kasus, pengalaman masa lalu dapat digunakan untuk memahami

tingkat keparahan masalah sehingga tingkat keparahannya dapat dipahami dengan jelas. Dalam kasus lain, penentuan keparahan didasarkan pada pengetahuan dan keahlian anggota tim FMEA.

Tabel 2.6 Tingkat *Severity* FMEA

| Rating | Kriteria |
|--------|---|
| 1 | <i>Negligible Severity</i> : Pengaruh buruk dapat diabaikan tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan atau kegagalan ini. |
| 2-3 | <i>Mild Severity</i> : Pengaruh buruk dapat diabaikan tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan atau kegagalan ini. |
| Rating | Kriteria |
| 4-6 | <i>Moderate Severity</i> : Pengguna akhir akan merasakan penurunan kinerja, namun masih dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak mahal dan dapat selesai dalam waktu singkat |
| 7-8 | <i>High Severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi) pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak akan diterima, berada di luar batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan sangat mahal. |
| 9-10 | <i>Potential safety problems</i> (potensi dalam masalah keamanan). Akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya dan berpengaruh terhadap keselamatan pengguna. |

Sumber : McDermott (2009)

- e. Menetapkan Peringkat Kejadian (*Occurrence*) Setiap Dampak yang Terjadi
- Metode terbaik dalam menentukan peringkat *Occurrence* adalah menggunakan data aktual dari suatu proses. Penentuan seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan pada operasi perawatan dan kegiatan operasional dan ditentukan oleh *Occurrence*.

Tabel 2.7 Rating *Occurance* FMEA

| Rating | Kriteria | Tingkat Kegagalan |
|--------|------------------------------------|---------------------------|
| 1 | Hampir tidak ada kegagalan terjadi | ≤ 0.01 per 1000 item |
| 2 | Kegagalan akan terjadi | 0.1 per 1000 item |
| 3 | | 0.5 per 1000 item |
| 4 | Kegagalan agak mungkin terjadi | 1 per 1000 item |
| 5 | | 2 per 1000 item |

| | | |
|----|-----------------------------------|--------------------------|
| 6 | | 5 per 1000 item |
| 7 | Kegagalan sangat mungkin terjadi | 10 per 1000 item |
| 8 | | 20 per 1000 item |
| 9 | Hampir dapat dipastikan kegagalan | 50 per 1000 item |
| 10 | | ≥ 100 per 1000 item |

Sumber : McDermott (2009)

- f. Menetapkan Peringkat Deteksi (*Detection*) untuk Setiap Dampak yang Terjadi

Peringkat *Detection* menunjukkan bagaimana kegagalan atau efek dari kegagalan dapat terdeteksi. Tahapan awal yakni mengidentifikasi pengendalian kegagalan yang dapat mendeteksi kegagalan ataupun efek dari kegagalan. Apabila tidak ada pengontrolan tentang kegagalan maka kemampuan deteksi rendah dan akan menghasilkan peringkat deteksi yang tinggi, seperti 9 atau 10.

Tabel 2.8 Rating *Detection* FMEA

| Rating | Kriteria | Berdasarkan Frekuensi Kejadian |
|--------|--|--------------------------------|
| 1 | Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab mungkin muncul | 0.01 per 1000 item |
| 2 | Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah | 0.1 per 1000 item |
| 3 | | 0.5 per 1000 item |
| 4 | Kemungkinan penyebab terjadi bersifat sedang. Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi | 1 per 1000 item |
| 5 | | 2 per 1000 item |
| 6 | | 5 per 1000 item |
| 7 | Kemungkinan penyebab terjadi tinggi. Metode pencegahan kurang efektif, penyebab masih berulang kembali | 10 per 1000 item |
| 8 | | 20 per 1000 item |
| 9 | kemungkinan penyebab terjadi kegagalan sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali. | 50 per 1000 item |
| 10 | | 100 per 1000 item |

Sumber : McDermott (2009)

- g. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk Setiap Dampak yang Terjadi
- Risk Priority Number* diperoleh dengan mengalikan *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \dots\dots\dots(2.16)$$

- h. Memprioritaskan kegagalan yang akan ditindaklanjuti

Mode kegagalan diprioritaskan berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN) yang tertinggi ke terendah. Seperti halnya peningkatan kualitas, aturan 80/20 mungkin berlaku untuk RPN. Ini bisa berarti bahwa 80% dari total RPN pada FMEA disebabkan oleh 20% dari kemungkinan efek kesalahan. Bagan pareto membantu menunjukkan perbedaan antara disabilitas dan penilaian dampak.

- i. Mengambil tindakan untuk menghilangkan atau meminimasi kegagalan yang beresiko tinggi

Langkah-langkah yang dapat diambil untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan kegagalan adalah dengan menggunakan proses pemecahan masalah yang terorganisir. Artinya, dengan mengidentifikasi masalah dan menerapkan perbaikan yang layak. Idealnya, Anda harus menghilangkan mode kesalahan. Dalam mode kegagalan yang dilewati, skor frekuensi adalah peringkat 1, sehingga nilai RPN baru mendekati 0.

Pendekatan paling sederhana untuk menggabungkan perbaikan produk atau proses adalah dengan meningkatkan kemampuan Anda untuk mendeteksi cacat. Hal ini dapat mengurangi skor deteksi. Selain itu, penting untuk mengurangi keparahan, terutama dalam situasi di mana kesalahan lain dapat terjadi.

- j. Menghitung hasil *Risk Priority Number* setelah kegagalan ditiadakan

Tindakan yang diambil untuk meningkatkan produk atau proses perlu dinilai ulang untuk tingkat *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, dan RPN perlu dihitung ulang. Langkah-langkah yang diambil untuk meningkatkan mode kegagalan harus

dapat secara signifikan mengurangi nilai RPN. Jika tidak, berarti tindakan korektif yang dilakukan tidak mengurangi *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.

Tabel 2.9 Lembar Kerja FMEA

| <i>Modes of Failure</i> | <i>Effect of Failure</i> | S | <i>Causes of Failure</i> | O | <i>Current Controls</i> | D | RPN | <i>Rank</i> | <i>Recommendation</i> |
|-------------------------|--------------------------|---|--------------------------|---|-------------------------|---|-----|-------------|-----------------------|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Sumber : (Park, 2003)

5. Tahap *Control*

Tahap *Control* adalah tahap operasional akhir dari proyek peningkatan kualitas *Six sigma*. Pada fase ini, hasil peningkatan kualitas didokumentasikan, praktik yang baik didokumentasikan dan digunakan sebagai pedoman kerja standar, dan tanggung jawab dialihkan kepada pemilik atau penanggung jawab proses.

2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan acuan oleh peneliti :

1. Penelitian Oleh Luluk Mukharomah (2017)

Dengan judul penelitiannya adalah “Pengendalian Dan Peningkatan Kualitas Produk Deo Go! Potato Menggunakan Metode *Six sigma* Di PT. Siantar Top, Tbk”

Salah satu produk unggulan PT. Siantar Top, Tbk untuk kategori biskuit adalah Deo Go! kentang. Empat kualitas yaitu berat, diameter horizontal, diameter vertikal, dan ketebalan, dimana sangat penting untuk mengontrol hasil produksi biskuit agar memenuhi standar yang ditetapkan dalam work order (WO)

perusahaan, memiliki atribut. Ukuran standar 5 biskuit dengan berat 9.510,5 gram, diameter 5456 mm dan tebal 5,56,5 mm. Target kesalahan manufaktur perusahaan adalah 1% per bulan. Proses manufaktur dari Februari hingga Maret 2017 memiliki kesalahan 5,45%, atau gap 3,45%. Anda dapat menggunakan pendekatan *Six sigma* untuk mengurangi tingkat kesalahan di lingkungan produksi Anda. Implementasi *Six sigma* dimulai dengan fase *Define* yaitu membuat pernyataan target, diagram SIPOC, dan histogram. Histogram menunjukkan bahwa proses manufaktur menghasilkan produk yang tidak memenuhi spesifikasi. Pada tahap pengukuran, jumlah cacat (cacat) dihitung untuk menentukan nilai DPMO dan level *sigma*. Nilai level *sigma* saat ini untuk proses manufaktur adalah 3,71 *sigma*. Selain itu, hasil pengukur Gauge R&R Tipe 1 menunjukkan bahwa peralatan yang digunakan sudah baik. Fase analisis, di sisi lain, menunjukkan bahwa proses rata-rata tidak dikontrol secara statistik. Jenis cacat yang paling umum adalah ketebalan dan diameter horizontal non-standar. Tabel FMEA menunjukkan bahwa kemungkinan penyebabnya adalah pengaturan suhu oven yang salah dan perubahan pasokan air selama proses pencampuran adonan, sehingga perusahaan menawarkan beberapa rekomendasi untuk meningkatkan proses manufaktur.

2. Penelitian oleh Anisa Rosyidasari dan Irwan Iftadi (2020)

Dengan judul penelitiannya adalah “Implementasi *Six sigma* Dalam Pengendalian Kualitas Produk *Refined Bleached Deodorized Palm Oil*”

Sebagai perusahaan yang bergerak di bidang industri pengolahan hasil pertanian minyak nabati, PT XYZ mengalami kendala dalam memproduksi minyak sawit olahan (*refined, bleached and deodorized palm oil/RBDPO*) dan tidak sesuai

dengan spesifikasi produk secara spesifik. Berdasarkan perhitungan didapatkan hasil RBDPO yang tidak memenuhi spesifikasi terjadi dengan rata-rata Cpk sebesar 0,7355 dan *sigma* sebesar 3,7065 dengan nilai iodine dan nilai parameter warna. Nilai ini masih kurang baik karena kita belum mencapai tujuan *Six sigma*. Untuk memaksimalkan hal tersebut, perlu dilakukan upaya perbaikan seperti pemilihan bahan baku, pemantauan kinerja operator, perawatan mesin secara berkala, pemrosesan proses dan pencatatan hasil sementara, inspeksi tangki penyimpanan.

3. Penelitian oleh Candra Setia Bakti dan Hayu Kartika (2020)

Dengan judul penelitiannya adalah “Analisa Pengendalian Kualitas Produk Ice Cream Dengan Metode Six Sigma”

Kegiatan pengendalian kualitas di perusahaan bertujuan untuk memastikan proses produksi yang terjadi di perusahaan telah mengarahkan batasan dan menemukan faktor-faktor kerusakan produk. Diharapkan dapat meminimalisir kerusakan produk yang dapat menimbulkan kerugian finansial bagi perusahaan. Perusahaan makanan dan minuman yang menjadi tempat penulis melakukan penelitian adalah perusahaan yang memproduksi es krim. Saat ini kendala yang dihadapi perusahaan adalah banyaknya produk cacat yang mengakibatkan penurunan berat badan (gr/m²) tidak sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Hal ini dominan pada produk es krim jagung manis, yang menyebabkan banyak produk yang diadakan. Proses filling membuat berat (gr/m²) tidak sesuai spesifikasi. Hasil yang diperoleh dari analisis dengan metode Six Sigma (DMAIC) proses pengisian diperoleh nilai kapabilitas proses (Cp), indeks kapabilitas proses (Cpk), dan nilai sigma masing-masing sebesar 0,59, 0,32 dan 2,43. Hasil tersebut

masih di bawah target ideal, sehingga perusahaan harus melakukan perbaikan proses. Perbaikan ini dilakukan dengan memastikan standar suhu dan tekanan udara pada mesin pembekuan dan membuat prosedur lebih jelas sebagai operator referensi.