

---

# ANALISIS RISIKO PRODUKSI FRESTEA MENGGUNAKAN FUZZY FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FUZZY FMEA) DAN FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (FUZZY AHP) (STUDI KASUS DI PT. COCA-COLA BOTTLING INDONESIA BANDUNG PLANT)

Riska Septifani<sup>1</sup>, Imam Santoso<sup>1</sup>, Zulfikar Pahlevi<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya  
Jl. Veteran Kota Malang Prvinsi Jawa Timur 65145

<sup>a)</sup> email korespondensi: riskaseptifani@ub.ac.id

## ABSTRAK

Salah satu Perusahaan minuman kemasan terkemuka di Indonesia adalah PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* (CCBI). Salah satu produk yang diproduksi PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* adalah frestea. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan risiko utama dan strategi mitigasi risiko produksi frestea. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fuzzy* FMEA dan *fuzzy* AHP. Penelitian ini menggunakan 3 responden ahli yang terdiri dari manager, ketua *team leader* dan operator. Di PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* terdapat 13 risiko produksi frestea. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan *fuzzy* FMEA, didapatkan risiko tertinggi yaitu risiko pencetakan botol plastik (*blow molding*) bermasalah dengan nilai FRPN 7.525. Berdasarkan kepada 13 risiko produksi frestea dilakukan pengolahan data lanjutan dengan menggunakan *fuzzy* AHP untuk menentukan alternatif strategi mitigasi risiko untuk saran perbaikan. Dari ketiga kriteria, kriteria mesin memiliki nilai tertinggi dengan nilai 0.505. Alternatif yang memiliki nilai tertinggi dari kriteria manusia adalah melakukan pelatihan terhadap operator dengan nilai 0.418. Alternatif yang memiliki nilai tertinggi dari kriteria mesin adalah melakukan perawatan mesin secara rutin dengan nilai 0.395 dan dari kriteria material, alternatif yang memiliki nilai tertinggi adalah melakukan pengontrolan bahan baku frestea dan bahan pengemas dengan nilai 0.549.

**Kata kunci:** *Frestea, Risiko, Mitigasi*

## PENDAHULUAN

Perusahaan makanan dan minuman di Indonesia berkembang semakin pesat. Industri makanan dan minuman nasional memberikan kontribusi besar terhadap ekonomi di Indonesia. Pada triwulan I tahun 2015, pertumbuhan industri makanan dan minuman di Indonesia mencapai 8,16 % atau lebih tinggi dari pertumbuhan industri non migas sebesar 5,21. PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* (CCBI), merupakan perusahaan minuman ringan terkemuka di Indonesia yang memproduksi dan mendistribusikan produk-produk minuman dalam kemasan. Frestea merupakan salah satu produk teh siap minum yang diproduksi dan dikembangkan oleh PT. Coca-Cola Bottling Indonesia. Produk ini diluncurkan pertama kali di Indonesia pada tahun 2002.

PT. Coca Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* telah mendistribusikan produk minumannya ke seluruh daerah di Indonesia. Kapasitas produksi PT. Coca Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* memiliki kapasitas produksi sekitar kurang lebih 30.000 krat per hari atau kurang lebih 450.000 botol minuman kemasan dari berbagai macam jenis kemasan dan varian rasa, untuk produk frestea kapasitas produksinya 5000-7500 krat per hari atau kurang lebih 75.000 botol frestea per hari. Dalam menjalankan proses produksi tentunya PT. Coca Cola Bottling Indonesia harus menjalankan sistem dengan baik agar terjadinya suatu kelancaran proses

produksi sehingga dapat mewujudkan visi misi perusahaan.

Setiap perusahaan dalam menjalankan kegiatan produksinya akan mengalami berbagai macam risiko, diantaranya adalah risiko produksi. Begitu juga dengan PT. Coca Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* dalam menjalankan kegiatan operasionalnya akan dihadapkan dengan potensi risiko produksi. Potensi tersebut diantaranya ditimbulkan dari penggunaan mesin semi-otomatis, kesalahan tenaga kerja produksi dan kondisi material produksi. Potensi risiko yang dapat menyebabkan terganggunya proses produksi sehingga dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan dan dampaknya secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap kelanjutan perusahaan.

Perusahaan perlu meminimalkan risiko dengan menjalankan sistem yang baik karena setiap organisasi perusahaan tentunya terdapat risiko. Siahaan (2009) mendefinisikan risiko sebagai kombinasi probabilitas suatu kejadian dengan konsekuensinya atau dengan akibatnya. Setiap perusahaan pasti berhadapan langsung dengan masalah operasional yang menjadikan risiko produksi merupakan aspek risiko yang penting untuk diperhatikan. Identifikasi risiko produksi dalam perusahaan dilakukan untuk mengidentifikasi seluruh jenis risiko yang dapat menimbulkan potensi kerugian bagi perusahaan. Oleh karena itu identifikasi risiko produksi minuman kemasan di perusahaan tersebut perlu dilakukan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi dan mencegah risiko salah satunya adalah *Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (Fuzzy FMEA)*. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*) (Barends et al., 2012). FMEA dilakukan dengan menganalisis mode kegagalan dan efek dari setiap kegagalan. Setelah itu dilakukan identifikasi titik kegagalan tunggal, hal tersebut penting karena dapat menilai setiap kegagalan sesuai dengan kekritisan suatu efek kegagalan dan kemungkinan terjadinya kegagalan. Untuk mempermudah identifikasi dari banyaknya mode kegagalan, bisa dilakukan pengkategorian mode kegagalan (Lipol dan Jahiril, 2011). Logika *fuzzy* adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output. Logika *fuzzy* merupakan metode yang sangat tepat untuk penilaian risiko yang tidak jelas dan tidak memiliki kepastian. Dalam penilaian risiko, logika *fuzzy* dapat digunakan sebagai pendekatan pengambilan keputusan (Roghianian dan Fatemeh, 2015). Logika *fuzzy* dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu sistem logika *fuzzy* murni, sistem logika takagi sugeno dan sistem logika *fuzzy* dengan fuzzifier dan defuzzifier. Sistem logika *fuzzy* yang paling banyak digunakan dengan fuzzifier dan defuzzifier. Sistem logika *fuzzy* ini diterapkan pada berbagai proses industri dan produk konsumen (Kinra, 2015). Terdapat beberapa alasan mengapa digunakannya logika *fuzzy*, antara lain (Rezakhani, 2011):

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* menggunakan set dan aturan linguistik untuk memastikan bahwa terminologi antar muka pengguna dan struktur permodelan dapat disesuaikan.
3. Logika *fuzzy* memiliki hasil yang dapat diskalakan agar bisa dibandingkan satu sama lain.
4. Logika *fuzzy* memiliki sifat paralel di mana faktor-faktor dalam sistem *fuzzy* dipertimbangkan.
5. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.

FMEA untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari setiap komponen kegagalan. Berdasarkan nilai FRPN tertinggi selanjutnya ditentukan strategi untuk memitigasi risiko tersebut. Dari strategi yang diusulkan perlu dilakukan pembobotan atau penentuan prioritas strategi yang paling penting dilakukan atau yang paling realistis dan penting dilakukan untuk meminimalkan risiko, pembobotan tersebut dapat menggunakan FAHP. *Fuzzy FMEA* merupakan model pengembangan metode FMEA konvensional, penambahan konsep *fuzzy* pada algoritma FMEA memungkinkan data linguistik dan data numerik yang digunakan mempunyai nilai membership pada setiap atributnya (Iqbal et al., 2013).

Tujuan dari Penelitian ini untuk menentukan risiko utama dan strategi mitigasi risiko produksi frestea. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fuzzy FMEA* dan *fuzzy AHP*. Penelitian ini menggunakan 3 responden ahli yang terdiri dari manager, ketua team leader dan operator. Penelitian

yang dilakukan oleh Ebrahemzadieh (2014) dalam penelitiannya yang bertujuan untuk menilai potensi bahaya yang terjadi di perusahaan manufaktur Yard Steel Complex. Berdasarkan kepada analisis dan evaluasi proses yang terjadi di perusahaan tersebut dengan menggunakan teknik FMEA, maka didapatkan beberapa proses yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN), berdasarkan kepada prioritas nilai RPN tertinggi maka dilakukan beberapa tindakan korektif oleh perusahaan. Hasilnya bahwa teknik FMEA dapat mengidentifikasi jumlah kegagalan. Terjadi penurunan kerugian setelah dilakukan aksi koreksi untuk menangani risiko.

## METODE PENELITIAN

### a. Identifikasi Faktor Risiko Produksi

Identifikasi variabel dilakukan untuk mendefinisikan faktor-faktor yang akan menjadi tolak ukur penelitian dalam aktivitas produksi yang terkait. Identifikasi variabel sangat penting dilakukan dalam tahap penyusunan kuesioner. Secara lebih rinci identifikasi variabel risiko produksi produk frestea PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* dapat dilihat pada Tabel 1.

### b. Penentuan Responden

Responden yang akan diambil adalah responden ahli, yakni pihak yang mengetahui dengan baik kegiatan produksi PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant*. Pada *fuzzy FMEA* dan FAHP tidak ada aturan tentang penentuan jumlah pakar yang digunakan karena yang terpenting adalah tingkat kompetensi responden ahli dalam bidangnya. Responden dalam penelitian ini adalah responden ahli dari pihak PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* yaitu manager, ketua lini produksi dan operator produksi di lini produksi 3.

### c. Pengujian Kuesioner

Pengujian kuesioner yang telah disusun dengan uji validitas diperlukan, sebelum kuesioner disebarkan kepada responden ahli. Pada penelitian ini digunakan jenis pengujian yaitu dengan menggunakan validitas isi (*content validity*). *Content validity* lebih kepada pertanyaan yang ada pada kuesioner agar sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian kuesioner perusahaan yang terlibat dengan dalam penilaian risiko produksi. Kuesioner yang sudah dinyatakan valid dapat dilakukan pengisian kuesioner apabila belum valid maka dilakukan penyusunan ulang kuesioner.

### d. Penilaian Risiko Produksi dengan *Fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*

Pengukuran risiko produksi pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*, lalu didapatkan tingkat prioritas dari risiko. Metode *fuzzy FMEA* menggambarkan proses penilaian risiko dengan pertimbangan skala S (*Severity*), O (*Occurance*) dan D (*Detection*). Untuk skala *severity* dinilai dari 1 hingga 10, semakin besar nilai *severity* menunjukkan nilai keparahan yang semakin besar. Skala *occurance* dinilai dari angka 1 hingga angka 10, skala ini menunjukkan seberapa sering kegagalan terjadi. Semakin besar nilai *occurance* maka semakin tinggi kemungkinan kegagalan terjadi/sulit dihindari. Skala *detection* dinilai dari angka 1-10 yang berarti angka 1 kegagalan dapat terdeteksi hingga

angka 10 berarti kegagalan tidak terdeteksi (lolos dari kontrol). Skala *severity*, *occurance* dan *detection*.

Menurut Wang *et al* (2009) langkah-langkah yang dapat digunakan pada penilaian faktor-faktor *failure mode* pada FMEA dalam bentuk *fuzzy* dengan tahapan sebagai berikut :

- Penentuan skala *severity*, *occurance*, dan *detection* berdasarkan hasil kuesioner .
- Penyesuaian nilai skala *severity*, *occurance* dan *detection* ke bahasa linguistik dan bilangan *fuzzy*.
- Melakukan perhitungan agregasi penilaian peringkat *fuzzy* terhadap faktor *severity*, *occurance* dan *detection* berdasarkan Persamaan (1) hingga persamaan (3).

$$\bar{R}_i^O = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ij}^O = \left( \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ijL}^O, \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ijM}^O, \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ij2}^O, \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ijU}^O \right) \dots (1)$$

$$\bar{R}_i^S = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ij}^S = \left( \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ijL}^S, \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ijM}^S, \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ijU}^S \right) \dots (2)$$

$$\bar{R}_i^D = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ij}^D = \left( \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ijL}^D, \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ijM}^D, \sum_{j=1}^m h_j \bar{R}_{ijU}^D \right) \dots (3)$$

$\bar{R}_i^S$  = Nilai agregat dari S (*severity*)  
 $\bar{R}_i^O$  = Nilai agregat dari O (*occurance*)  
 $\bar{R}_i^D$  = Nilai agregat dari D (*detection*)  
 $h_j$  = Bobot responden  
 $n$  = Jumlah *Fuzzy number*

- Melakukan agregasi bobot kepentingan untuk faktor *severity*, *occurance* dan *detection* berdasarkan dengan persamaan (4) hingga persamaan (6).

$$\bar{w}^O = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_j^O = \left( \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_{jL}^O, \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_{jM}^O, \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_{jU}^O \right) \dots (4)$$

$$\bar{w}^S = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_j^S = \left( \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_{jL}^S, \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_{jM}^S, \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_{jU}^S \right) \dots (5)$$

$$\bar{w}^D = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_j^D = \left( \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_{jL}^D, \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_{jM}^D, \sum_{j=1}^m h_j \bar{w}_{jU}^D \right) \dots (6)$$

Keterangan:

$\bar{w}^S$  = nilai agregat dari bobot *Fuzzy S* (*severity*)  
 $\bar{w}^O$  = nilai agregat dari bobot *Fuzzy O* (*occurance*)  
 $\bar{w}^D$  = nilai agregat dari bobot *Fuzzy D* (*Detection*)  
 $h_j$  = bobot responden  
 $n$  = jumlah *Fuzzy number*

- Menentukan FRPN untuk tiap risiko dengan berdasarkan persamaan (7).

$$FRPN_i = (\bar{R}_i^O)^{\frac{\bar{w}^O}{\bar{w}^O + \bar{w}^S + \bar{w}^D}} \times (\bar{R}_i^S)^{\frac{\bar{w}^S}{\bar{w}^O + \bar{w}^S + \bar{w}^D}} \times (\bar{R}_i^D)^{\frac{\bar{w}^D}{\bar{w}^O + \bar{w}^S + \bar{w}^D}} \dots (7)$$

Keterangan:

FRPN : *Fuzzy Risk Priority Number*  
 $\bar{R}_i^S$  : Nilai agregat dari S (*severity*)  
 $\bar{R}_i^O$  : Nilai agregat dari O (*occurance*)  
 $\bar{R}_i^D$  : Nilai agregat dari D (*detection*)  
 $\bar{w}^S$  : Nilai agregat dari bobot *Fuzzy S* (*severity*)

$\bar{w}^O$  : Nilai agregat dari bobot *Fuzzy O* (*occurance*)

$\bar{w}^D$  : Nilai agregat dari bobot *Fuzzy D* (*Detection*)

f) Perangkingan berdasarkan nilai FRPN, dimana FRPN terbesar merupakan rangking teratas.

### e. Analisis FAHP (*Fuzzy Analytical Hierarchy Process*)

Analisis FAHP dilakukan setelah didapatkan hasil penilaian terhadap risiko pada kegiatan operasional produksi PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung Plant. Berdasarkan nilai FRPN tersebut, maka dilakukan strategi mitigasi untuk mengurangi risiko yang ada. Penyusunan FAHP dimulai dengan dilakukan identifikasi untuk memperoleh alternatif strategi untuk mengatasi seluruh risiko. Alternatif strategi tersebut diperoleh berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pihak perusahaan. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam penyusunan FAHP:

#### 1. Pembuatan hierarki

Pembuatan hierarki dapat dilakukan dengan mendefinisikan masalah dan solusi dengan cara pembuatan struktur hierarki. Dengan hierarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompok yang kemudian diatur menjadi bentuk hierarki sehingga permasalahan akan lebih terstruktur dan sistematis.

#### 2. Matriks pendapat dari pakar

Pembuatan matriks pendapat dari pakar dilakukan dengan membentuk matriks perbandingan berpasangan untuk menggambarkan pengaruh setiap elemen. Pembuatan matriks tersebut dilakukan dengan memberikan kuesioner.

3. Perhitungan total kolom, total baris, vektor prioritas, perkalian matriks dengan vektor prioritas dan perhitungan bobot prioritas.

#### 4. Penentuan nilai *eigen* ( $\lambda$ ) *maximum* dengan rumus

5. Nilai tingkat konsistensi/indeks konsistensi (CI) dirumuskan dengan:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots (8)$$

Keterangan:

CI = Indeks konsistensi

$\lambda_{maks}$  = Nilai *eigen* terbesar dari matriks berordo n

n = Banyaknya elemen

Semakin nilai CI mendekati nilai 0 maka semakin konsisten suatu observasi.

6. Perhitungan Ratio Konsistensi (CR) dengan rumus:

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots (9)$$

Keterangan:

CR = Ratio Konsistensi

CI = Indeks Konsistensi

RI = Indeks Acak (random indeks)

Nilai indeks acak bervariasi sesuai dengan orde matriksnya yang dapat dilihat pada **Tabel 2**. Nilai ratio konsistensi (CR) yang lebih kecil atau sama dengan 0,1 merupakan nilai yang mempunyai tingkat konsistensi yang baik dan dapat dipertanggung jawabkan dengan demikian nilai CR merupakan tolak ukur bagi konsistensi hasil komperasi berpasangan suatu matriks pendapatan.

**Tabel 2. Nilai Acak (RI) Matriks**

N	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,22	1,41

Sumber : (Perdana, 2014)

7. Menyusun Prioritas pengaruh elemen pada tingkat hierarki terhadap sasaran utama, dengan memeriksa konsistensi yaitu menggunakan rasio konsistensi untuk memeriksa setiap perbandingan berpasangan.

8. Fuzzifikasi AHP

Proses selanjutnya adalah fuzzifikasi AHP yang mana proses tersebut menggabungkan perhitungan AHP dengan *fuzzy*.

Langkah-langkah proses fuzzifikasi adalah sebagai berikut (Faisol, 2014):

a. Matriks Perbandingan Berpasangan *Fuzzy*

Metode FAHP menggunakan rasio *fuzzy* yang disebut *Triangular Fuzzy Number* (TFN) dan digunakan dalam proses fuzzifikasi. Perbandingan berpasangan yang digambarkan dengan skala rasio yang berhubungan dengan skala *fuzzy*. Skala Linguistik *fuzzy* dan AHP dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3. Skala Linguistik untuk Kepentingan Relatif**

Skala AHP	Variabel Linguistik	Skala Bilangan Fuzzy
1	Sama Penting	(1,1,3)
3	Sedikit Lebih Penting	(1,3,5)
5	Lebih Penting	(3,5,7)
7	Sangat Penting	(5,7,9)
9	Paling Penting	(7,9,11)

Sumber: Faisol *et al* (2014)

b. Menghitung nilai  $\sum_{j=1}^m M_{ij}^j = \sum_{j=1}^m u_j$ ,  $\sum_{j=1}^m m_j$ ,  $\sum_{j=1}^m u_j$  dengan operasi penjumlahan pada tiap-tiap TFN dalam setiap baris.

Keterangan:

M : bilangan TFN

m : jumlah kriteria

j : kolom

i : baris (1,2,...n) , g : parameter (l, m, u)

c. Pembagian silang  $l$ ,  $m$  dan  $u$ .

d. Perbandingan Tingkat Kemungkinan Antara Bilangan *Fuzzy* pada *Fuzzy Synthetic Extend*

Perbandingan tingkat kemungkinan ini dilakukan untuk dua bilangan *triangular fuzzy*,  $M_2 \geq M_1$  ( $M_2 = l_2, m_2, u_2$ ) dan ( $M_1 = l_1, m_1, u_1$ ) maka nilai vektor dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$1 \quad \text{if } m_2 \geq m_1,$$

$$0 \quad \text{if } l_1 \geq \frac{m_2 - \mu_2}{l_2 - \mu_2}$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \left\{ \frac{(m_2 - \mu_2) - (m_1 - l_1)}{l_2 - \mu_2} \right\} \text{ lainnya}$$

e. Tingkat Kemungkinan Untuk Bilangan *Fuzzy*

Tingkat kemungkinan bilangan *fuzzy* didefinisikan sebagai berikut:

$$d'(A_i) = \min_{k=1,2,\dots,n; k \neq i} V(S_i \geq S_k) \quad A_2, \dots, d'(A_n))^T$$

Dimana  $A_i = 1, 2, \dots, n$  adalah  $n$  elemen dari  $n$  ( $A_i$ ) adalah nilai yang menggambarkan pilihan relatif masing-masing atribut keputusan.

f. Normalisasi

Vektor bobot yang masih dalam bentuk bilangan *fuzzy* selanjutnya dinormalisasi dengan persamaan:

$$d'(A_n) = \frac{d'(A_n)}{\sum_{i=1}^n d'(A_n)} \dots (10)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**a. Proses Produksi Frestea**

Terdapat beberapa tahapan dalam proses produksi frestea di PT. Coca Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* diantaranya:

1. Pengolahan Air Produksi (*Water Treatment*)

a. Pengolahan Air Tanah

Air tanah dari sumur bor ditampung di tanki *reservoir* yang dicampur dengan air permukaan kemudian dialirkan ke kantong penyaring (*bag filter*) untuk menyaring partikel-partikel pengotor kemudian ditampung untuk kemudian disaring kembali melalui *ultra filtration*, setelah itu air menuju untuk proses selanjutnya.

b. Pengolahan Air Permukaan

Pengolahan air permukaan dilakukan dengan mengambil air dari badan sungai Cimande sebanyak 60 m<sup>3</sup>/jam, kemudian dilakukan penyaringan melalui *bar screen* dibantu dengan koagulator dan flokulator. Kemudian dilakukan proses sedimentasi, selanjutnya dilakukan penyaringan dengan penyaring pasir (*sand filter*). Hasil penyaringan tersebut dialirkan ke tangki *reservoir* yang dicampur dengan air tanah kemudian dialirkan ke *bag filter* untuk menyaring partikel-partikel pengotor kemudian ditampung untuk kemudian disaring kembali melalui *ultra filtration*.

c. Pengolahan Air Daur Ulang

Pengolahan air daur ulang dilakukan dengan menampung air dari air tidak terpakai dari proses penyaringan. Air bekas pencucian balik (*backwash*) yang jernih dari *sand filter*. Sumber air daur ulang tersebut dialirkan dan ditampung ke tangki *reservoir* yang dicampur dengan air tanah serta air permukaan kemudian dialirkan ke *bag filter* untuk menyaring partikel-partikel pengotor kemudian ditampung untuk kemudian disaring kembali melalui *ultra filtration*.

2. Pembuatan Minuman Teh

a. Pembuatan Sirup (*Syrup Making*)

Air yang telah diolah dimasukan kedalam tangki *simple syrup* dengan perhitungan sesuai dengan jumlah unit yang akan dibuat. Bahan baku yang digunakan adalah gula dan konsentrat, sedangkan bahan baku tambahan yang digunakan adalah perasa dan pengawet. Gula yang sudah dituangkan sesuai dengan takaran dan perhitungan lalu dilarutkan dengan air sesuai dengan jumlah unit yang akan dibuat. Filtrasi dengan menggunakan *bag filter*. Proses filtrasi dilakukan dengan mengalirkan larutan *simple syrup* ke *bag filter*.

b. Ekstraksi Teh

Ekstraksi teh dilakukan dengan memasukan serbuk teh ke dalam tangki ekstraksi teh. Setelah dimasukan ke dalam tangki dan diambahkan air lalu dipanaskan dengan suhu 70-80 derajat *celcius* dengan rentan waktu tertentu. Setelah dilakukan ekstraksi lalu filtrasi dengan menggunakan *bag filter*. Selanjutnya setelah filtrasi lalu dialirkan ke tangki *final sirup*.

c. *Final Syrup*

Sirup gula dan ekstraksi teh yang terdapat di tangki sirup final lalu ditambahkan dengan konsentrat. Konsentrat berupa perasa dan pengawet dimasukan ke dalam tangki *final sirup*, kemudian diaduk pelan dan

hasilnya diukur, apabila telah sesuai dengan standar pabrik kemudian siap untuk proses selanjutnya yaitu proses pembotolan. Proses pembotolan dilakukan setelah proses pasteurisasi.

### 3. Pembotolan (*Bottling*)

#### a. Pembuatan Botol PET

*Preform* botol PET dipanaskan menggunakan mesin *blow molding* yang terintegrasi dengan mesin *filler*. *Preform* berasal dari pergudangan bahan pengemas menuju kepada gudang *preform* setelah itu *preform* menuju mesin *blow molding* dengan conveyor. *Preform* yang masuk kedalam pencetakan *blow molding* dalam keadaan berdiri dan masuk satu persatu kedalam. Sebelum diberitentukan terlebih dahulu dilakukan pemanasan awal, setelah dilakukan pemanasan selanjutnya dibuat botol dengan tekanan tertentu sambil memutar botol sebanyak 12 botol dalam satu kali pembuahan. Botol PET yang telah terbentuk selanjutnya didinginkan dan ditransfer ke mesin *filler* untuk proses pengisian minuman.

#### b. Pasteurisasi Minuman

Pasteurisasi dilakukan dengan memanaskan minuman dengan temperatur tertentu sehingga mikroorganisme tidak bisa tumbuh. Suhu pasteurisasi untuk minuman teh yang ada di PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* sekitar 60-80 derajat *celsius*. Pasteurisasi dilakukan sebelum proses *filling* dilakukan.

#### c. Pengisian dan Pemasangan Tutup

Minuman dari unit pasteurisasi dimasukan ke dalam mesin *filler*, selanjutnya diisikan ke dalam botol PET dan disemprot menggunakan air panas untuk menghilangkan mikroba. Botol langsung ditutup dengan menggunakan *closure*. Pada saat akan ditambahkan *closure* terlebih dahulu disterilisasi agar terbebas dari kontaminasi mikroba. Botol yang keluar dari mesin *filler* selanjutnya melewati FHD (*Filling High Detection*) untuk mendeteksi kesesuaian isi dari produk.

### 4. Pengemasan

Botol yang sudah melalui FHD selanjutnya disemprot lagi dengan air panas agar menghilangkan kontaminasi mikroba. Botol selanjutnya ditambahkan kode produksi pada proses *date coding*, selanjutnya botol menuju proses *tipping* untuk merapatkan tutup botol. Proses selanjutnya adalah pendinginan dan pengeringan sebelum masuk kepada proses pelabelan pada produk, setelah penambahan label makan dipanaskan dan dikeringkan lagi untuk menuju kepada pengemasan sekunder yang mana setiap *pack* berisi dua belas botol. Proses selanjutnya adalah *barcode* dan *labelling*, setelah itu produk disusun di atas palet untuk proses selanjutnya yaitu *wrapping*. *Wrapping* merupakan proses kemasan tersier untuk mengemas beberapa botol yang sudah dikemas dengan kemasan sekunder.

#### b. Identifikasi Risiko Produksi Frestea

Penilaian risiko produksi frestea di PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* dibantu oleh beberapa responden ahli. Responden ahli akan menilai risiko dan memberikan strategi mitigasi untuk risiko yang menjadi prioritas utama dari kuesioner yang diberikan. Terdapat 3 responden ahli yang melakukan penilaian pengukuran risiko dan strategi mitigasi risiko. Responden yang pertama diberikan bobot 40 % kepada

manajer produksi. Responden yang selanjutnya diberikan bobot sebesar 30 % kepada Ketua Lini Produksi dan responden yang terakhir diberikan bobot sebesar 30 % kepada Operator Produksi. Pembobotan tersebut disesuaikan dengan jumlah pembobotan yaitu 100 %. Risiko Produksi frestea di PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant* didapatkan dari hasil observasi dan wawancara dengan ketiga responden ahli dari PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant*. Berdasarkan observasi dan wawancara tersebut didapatkan 13 risiko yang terjadi pada proses produksi frestea.

Setelah melakukan identifikasi variabel penilaian risiko, selanjutnya dilakukan analisis *risk driver* dan *risk impact* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Setiap komponen risiko memiliki penyebab (*risk driver*) dan dampak (*risk impact*). Analisis *risk driver* dan *risk impact* dilakukan agar dapat diketahui penyebab dan dampak dari komponen risiko, berdasarkan kepada variabel yang ada Kegunaan dari *risk driver* dan *risk impact* adalah untuk mengetahui penyebab risikotersebut dan untuk mengetahui bagaimana dampak dari risiko tersebut terhadap proses produksi. Komponen yang ada pada identifikasi *risk driver* dan *risk impact* sama seperti komponen yang ada pada identifikasi variabel penilaian risiko. Gambaran tentang identifikasi *risk driver* dan *risk impact* dapat dilihat pada **Tabel 5**.

#### Pengukuran Risiko Produksi Frestea

Pengukuran risiko produksi frestea menggunakan metode *fuzzy failure mode and effect analysis* (*Fuzzy FMEA*). Menurut Suhartini., dkk (2013), menjelaskan bahwa *fuzzy FMEA* dapat digunakan untuk pengukuran risiko yang mana mengidentifikasi bentuk-bentuk potensi kegagalan, menentukan bagaimana dampak tersebut mempengaruhi produksi. Menurut Keskin dalam Nasution., dkk (2014), penambahan *fuzzy* pada FMEA akan membuat hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan metode FMEA saja karena dengan menggunakan *fuzzy* dapat membuat hasil dari FMEA tidak bias. Perhitungan agregasi dilakukan berdasarkan penilaian nilai *occurrence*, *severity* dan *detection* dilakukan berdasarkan hasil kuesioner dari responden ahli. Hasil dari responden ahli tersebut didapatkan berdasarkan kuesioner yang diberikan kepada responden ahli. Responden ahli tersebut adalah tiga orang yang sudah ditetapkan yaitu masing-masing satu dari manager, ketua *team leader* dan operator.

Hasil dari **Tabel 6** menunjukkan hasil agregasi nilai *occurrence*, *severity* dan *detection*. Nilai *occurrence* terbesar pada risiko pencetakan botol plastik (*blow molding*) bermasalah dengan nilai 8.2. Nilai *severity* terbesar pada risiko kerusakan mesin dan peralatan pembotolan dengan nilai 8. Nilai *detection* terbesar pada risiko kesalahan operator pembuatan minuman, risiko kerusakan mesin dan peralatan pembotolan, risiko kesalahan dari operator *filling*, risiko kerusakan mesin dan peralatan pengemasan dan yang terakhir risiko kesalahan operator pengemasan dengan nilai 7.7 untuk setiap risiko.

**Tabel 5** Identifikasi *Risk Driver* dan *Risk Impact*

No	Komponen Risiko	Risk Driver	Risk Impact
1	Keterlambatan kedatangan bahan baku	Terjadi masalah pada saat pengiriman bahan baku	Proses produksi menjadi terlambat
2	Ketersediaan air tidak mencukupi	Kondisi air permukaan dan air tanah tidak mencukupi pasokan air	Proses produksi menjadi terlambat
3	Kualitas air tidak sesuai standar	Air untuk produksi frestea tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan perusahaan	Proses produksi terganggu karena air tidak sesuai standar
4	Kerusakan mesin dan peralatan pembuatan minuman teh	Terjadi kerusakan pada mesin <i>mixing</i> dan tangki pemanas teh	Proses produksi menjadi terlambat
5	Kesalahan operator pembuatan minuman teh	Operator melakukan kesalahan dalam pembuatan/pencampuran minuman teh	Minuman teh yang sudah dibuat tidak bisa dibotolkan
6	Minuman teh tidak sesuai standar	Minuman teh yang sudah dibuat tidak memenuhi standar perusahaan	Minuman teh yang sudah dibuat tidak bisa dibotolkan
7	Pencetakan botol plastik ( <i>blow molding</i> ) bermasalah	Terjadi masalah/kerusakan pada komponen pencetakan botol plastik	Proses produksi terhenti dan waktu produksi menjadi lama
8	Kualitas bahan pengemas tidak sesuai standar	Terjadi cacat/kerusakan pada bahan pengemas	Bahan pengemas tidak bisa digunakan karna rusak
9	Kerusakan mesin dan peralatan pembotolan	Terjadi masalah kerusakan pada komponen mesin <i>filling</i> dan <i>capping</i>	Proses produksi terhenti dan waktu produksi menjadi lama
10	Adanya produk cacat/tidak sesuai standar	Produk mengalami botol penyok, botol rusak, label rusak dan isi tidak sesuai	Banyak produk cacar/tidak sesuai standar
11	Kesalahan dari operator <i>filling</i>	Operator melakukan kesalahan dalam mengoperasikan mesin <i>filling</i>	Proses produksi terganggu dan terlambat karena menunggu perbaikan
12	Kerusakan mesin dan peralatan pengemasan	Terjadi masalah/kerusakan pada mesin dan peralatan pengemas	Proses produksi terganggu dan terhenti karena menunggu perbaikan mesin dan peralatan pengemas
13	Kesalahan operator pengemasan	Operator melakukan kesalahan dalam mengoperasikan mesin pengemasan	Proses produksi terganggu

Sumber: Data Primer (2017)

### c. Perhitungan Nilai FRPN

Berdasarkan kepada nilai FRPN lalu diurutkan dari nilai FRPN terendah hingga nilai FRPN tertinggi, semakin tinggi nilai FRPN maka menunjukkan seberapa besar prioritas risiko tersebut. Hasil perhitungan nilai FRPN dapat dilihat pada **Tabel 7** Berdasarkan hasil tersebut yang menjadi risiko dengan ranking pertama yang harus mendapatkan perhatian dari perusahaan adalah risiko pencetakan botol plastik (*blow molding*) bermasalah dengan nilai FRPN 7.525. Risiko ini menjadi risiko utaa karena nilai yang diberikan oleh ketiga responden *untuk occurrence, severity* dan *detection* tinggi. Risiko ini terjadi karena adanya masalah pada mesin pencetakan botol (*blow molding*) sehingga untuk dampak dari risiko ini dapat menyebabkan produksi frestea berhenti.

Setiap risiko yang sudah diurutkan dari risiko dengan potensi terendah dengan nilai FRPN terendah hingga risiko dengan potensi tertinggi dengan nilai FRPN tertinggi di PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung *Plant*, memiliki peluang untuk mengganggu

jalannya produksi frestea yang dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan.. Perumusan strategi mitigasi untuk meminimalkan risiko produksi frestea menggunakan metode *fuzzy AHP*. Menurut Wahyuni dan Sri (2012), *fuzzy AHP* merupakan suatu metode analisis yang dikembangkan dari AHP yang mana *fuzzy AHP* dianggap lebih baik dalam mendeskripsikan keputusan bila dibandingkan dengan AHP biasa. Perhitungan *fuzzy AHP* dilakukan berdasarkan kepada kuesioner yang diberikan kepada tiga responden ahli, responden ahli tersebut adalah manager, ketua *team leader* dan operator produksi. Pembuatan kuesioner strategi mitigasi dibuat berdasarkan kepada hierarki strategi mitigasi risiko produksi frestea yang dapat dilihat pada **Gambar 1**. Penerapan strategi mitigasi terhadap risiko produksi frestea dapat dilihat pada **Tabel 8** Penerapan tersebut dilakukan berdasarkan ranking risiko, strategi mitigasi dan aksi yang harus dilakukan oleh pihak perusahaan. Penerapan strategi dibuat berdasarkan kepada enam risiko prioritas yang dibuat secara geometrik.

**Tabel 6** Agregasi nilai O, S, D

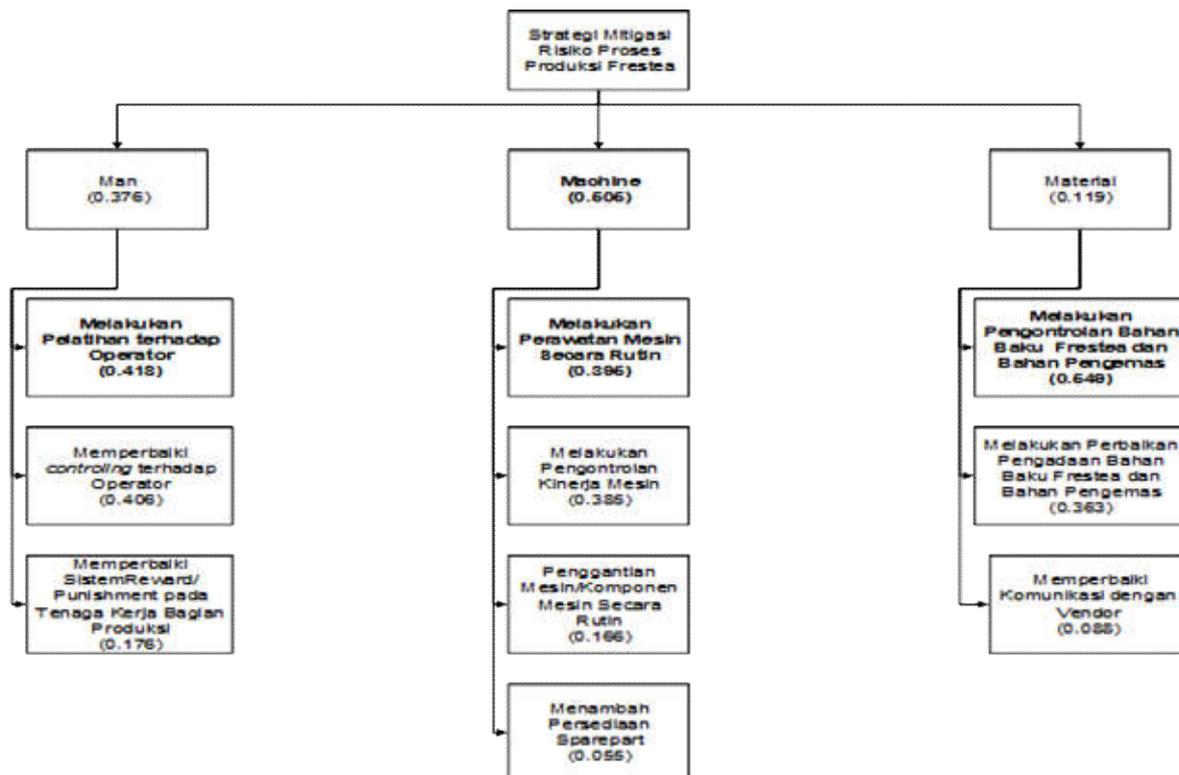
No.	Risiko	O	S	D
1	Keterlambatan kedatangan bahan baku	3.7	5	1.8
2	Ketersediaan air tidak mencukupi	4.7	4.7	2.1
3	Kualitas air tidak sesuai standar	2.7	4.7	2.3
4	Kerusakan mesin dan peralatan pembuatan minuman teh	6.3	6.7	5.9
5	Kesalahan operator pembuatan minuman	3.1	5	7.7
6	Standar minuman teh tidak sesuai	3.7	4.2	4.2
7	Pencetakan botol plastik ( <i>blow molding</i> ) bermasalah	8.4	7.7	7.3
8	Kualitas bahan pengemas tidak sesuai standar	7.3	4.3	3
9	Kerusakan mesin dan peralatan pembotolan	7.4	8	7.7
10	Adanya produk cacat/tidak sesuai standar	7.4	4	5.9
11	Kesalahan dari operator <i>filling</i>	3.8	4.7	7.7
12	Kerusakan mesin dan peralatan pengemasan	7.1	7.1	7.7
13	Kesalahan operator pengemasan	4.25	5	7.7

Sumber: Data Primer Diolah, (2017)

**Tabel 7** Nilai FRPN masing-masing Komponen Risiko

No	Komponen Risiko	FRPN	Rangking
1	Risiko Keterlambatan bahan baku	3.702	13
2	Risiko kesediaan air tidak mencukupi	4.085	11
3	Risiko kualitas air tidak sesuai standar	3.733	12
4	Risiko kerusakan mesin dan peralatan pembuatan minuman	6.116	4
5	Risiko kesalahan operator pembuatan minuman teh	4.778	8
6	Risiko minuman teh tidak sesuai standar	4.220	10
7	Risiko pencetakan botol plastik( <i>blow molding</i> )	7.525	1
8	Risiko kualitas bahan pengemas tidak sesuai standar	4.960	7
9	Risiko kerusakan mesin dan peralatan pada saat proses pembotolan	7.335	2
10	Risiko adanya produk cacat/ <i>tidak</i> sesuai standar	4.482	9
11	Risiko kesalahan dari operator <i>filling</i>	6.097	5
12	Risiko kerusakan mesin dan peralatan pengemasan	6.641	3
13	Risiko kesalahan operator pengemasan	5.169	6

Sumber: Data Primer Diolah, (2017)



Gambar 1. Hierarki strategi mitigasi risiko produksi frestea

Tabel 8 Penerapan Strategi Mitigasi Terhadap Risiko Produksi Frestea

Rangking	Risiko	Strategi	Aksi
1	Risiko pencetakan botol plastik ( <i>blow molding</i> ) bermasalah	Perawatan mesin secara rutin oleh bagian <i>maintenance</i> dan manager produksi, pengontrolan kinerja mesin oleh bagian <i>maintenance</i> dan operator, pergantian komponen mesin oleh bagian <i>maintenance</i> dan menambah persediaan <i>spareparts</i> oleh bagian gudang <i>spareparts</i>	-Perawatan preventif setiap dua kali tiga bulan diantaranya <i>cleaning</i> selang-selang oli pencetak botol plastik, perbaikan pada <i>chiller tempering unit</i> dan perawatan <i>mould gripper</i> . -Pengontrolan kinerja pencetak botol plastik dengan indikator dari <i>isolator mould</i> . -Penggantian <i>mandrell, spindle preform, gripper infeed</i> dan <i>discharge blowing</i> . -Menambah persediaan <i>spareparts heating controller</i> dan <i>heading lamp unit</i> .
2	Kerusakan mesin dan peralatan pembotolan	Perawatan mesin secara rutin oleh bagian <i>maintenance</i> dan manager produksi, pengontrolan kinerja mesin oleh bagian <i>maintenance</i> dan operator, pergantian komponen mesin oleh bagian <i>maintenance</i> dan menambah persediaan <i>spareparts</i> oleh bagian gudang <i>spareparts</i>	-Perawatan untuk <i>filling valve, seal lift cylinder</i> dan untuk sinkronasi <i>gripper infeed</i> dan <i>discharge filler</i> . -Pengontrolan kinerja <i>filling valve</i> . -Penggantian komponen mesin diantaranya <i>part kit, seal lift cylinder, gripper set</i> dan <i>membrane filling valve</i> dua kali satu tahun. -Menambah persediaan <i>spareparts gripper infeed</i> dan <i>part kit filling valve</i> .
3	Kerusakan mesin dan peralatan pengemasan	Perawatan mesin secara rutin oleh bagian <i>maintenance</i> dan manager produksi, pengontrolan kinerja mesin oleh bagian <i>maintenance</i> dan operator, pergantian komponen mesin oleh bagian <i>maintenance</i> dan menambah persediaan <i>spareparts</i> oleh bagian gudang <i>spareparts</i>	-Perawatan diantaranya adalah perbaikan rel <i>conveyor tipping</i> yang aus, melakukan setting terhadap semua posisi roller agar seimbang dan menggunakan <i>special tool</i> setiap tiga bulan. -Pengontrolan melihat hasil dari mesin pengemasan apakah masih banyak produk cacat atau tidak. -Menambah persediaan <i>spareparts TTC dan plat strip</i>
4	Kerusakan mesin dan peralatan pembuat minuman teh	Perawatan mesin secara rutin oleh bagian <i>maintenance</i> dan manager produksi, pengontrolan kinerja mesin oleh bagian <i>maintenance</i> dan operator dan pergantian komponen mesin oleh bagian <i>maintenance</i> .	-Perawatan preventif dua kali dalam tiga bulan untuk mesin <i>mixing</i> dan tangki pemanas. -Pengontrolan kinerja mesin <i>mixing</i> dalam pencampuran sirup. -Penggantian komponen roller <i>mixer</i> enam bulan sekali.
5	Risiko kesalahan dari operator <i>filling</i>	Pelatihan terhadap operator <i>filling</i> , memperbaiki <i>controlling</i> terhadap operator <i>filling</i> dan memperbaiki sistem <i>reward/punishment</i> pada tenaga kerja bagian produksi	-Pelatihan terhadap operator <i>filling</i> berupa pelatihan <i>hardskill</i> mesin <i>filling</i> oleh manager produksi dan <i>human resource</i> . -Memperbaiki <i>controlling</i> terhadap operator <i>filling</i> oleh <i>team leader</i> dengan pemantauan kinerjanya. -Pemberian <i>reward</i> berupa bonus dan <i>punishment</i> berupa surat peringatan dan pemotongan gaji oleh <i>human resource</i> .
6	Risiko kualitas bahan pengemas tidak sesuai standar	Pengontrolan bahan baku dan bahan pengemas, perbaikan pengadaan bahan baku dan bahan pengemas dan perbaikan komunikasi dengan vendor.	-Pengontrolan bahan pengemas dengan sortir terhadap <i>preform</i> dan <i>closure</i> . Pengontrolan isi pada label dan plastik pengemasan oleh bagian gudang. -Perbaikan pengadaan bahan baku untuk memperbaiki keterlambatan pengiriman oleh bagian <i>supply chain</i> . -Perbaikan komunikasi dengan vendor terhadap keterlambatan dan kerusakan bahan pengemas oleh bagian <i>supply chain</i> .

## KESIMPULAN

Risiko utama di perusahaan tersebut berdasarkan perhitungan geometrik adalah risiko pencetakan botol plastik (*blow molding*) bermasalah dengan nilai FRPN 7.525, risiko kerusakan mesin dan peralatan pembotolan 7.335, risiko kerusakan mesin dan peralatan pengemasan 6.641, risiko kerusakan mesin dan peralatan pembuatan minuman teh 6.116, risiko kesalahan dari operator *filling* 6.097 dan risiko kualitas bahan pengemas tidak sesuai standar 5.781.

Alternatif strategi mitigasi yang menjadi prioritas diambil dari alternatif tertinggi dari masing-masing aspek kriteria yaitu manusia, mesin dan material. Alternatif dari kriteria manusia yang menjadi prioritas adalah melakukan pelatihan terhadap operator dengan nilai 0.418. Alternatif dari kriteria mesin yang menjadi prioritas adalah melakukan perawatan mesin secara rutin dengan nilai 0.395 dan untuk kriteria material alternatif yang menjadi prioritas adalah melakukan pengontrolan bahan baku frestea dan bahan pengemas dengan nilai 0.549.

## REFERENSI

- Barends, D. M., Oldenhof M. T., Nauta M. J. 2012. *Risk Analysis of Analytical Validations by Probabilistic Modification of FMEA*. *Journal Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 64(1), pp. 82-86.
- Ebrahemzadieh, M. 2014. *Assessment and Risk Management of Potential Hazard by Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) Method in Yazd Steel Complex*. *Journal of Safety Science and Technology* 4(1), pp. 127-135.
- Faisol, A., Muslim, M. A., Suyono, H. 2014. *Komparasi Fuzzy AHP dengan AHP pada Sistem Pendukung Keputusan Investasi Properti*. *Jurnal EECCIS* 8(2), pp. 123-128.
- Iqbal, M., Lailil M., Nanang Y S. 2013. *Penggunaan Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (Fuzzy FMEA) dalam Mengidentifikasi Risiko Kegagalan Proses Pemasangan dan Perbaikan AC*. *Jurnal Informasi dan Ilmu Komputer* 15(1), pp. 1-6.
- Kinra, A. 2015. *Risk Assessment of Multiple Factors using Fuzzy Logic*. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing* 4(7), pp. 464-475.
- Nasution, H. 2012. *Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan*. *Jurnal ELKHA* 4(2): 4-8.
- Roghanian, E dan Fatemeh M. 2015. *Using Fuzzy FMEA & Fuzzy Logic in Risk Management*. *International Journal of Management Studies* 8(3), pp. 1-22.
- Siahaan, H. 2009. *Manajemen Risiko Bisnis*. Jakarta: Elex Media Komputindo..
- Suhartini., Djefrianto dan Ziko. 2013. *Analisa Risiko Kegagalan Proses Produksi di PDAM dengan Metode Fuzzy FMEA*. Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
- Wahuni, S dan Sri H. 2012. *Sistem Pendukung Keputusan Model Fuzzy AHP dalam Pemilihan Kualitas Perdagangan Batu Mulia*. *Jurnal IJCCS* 6(1), pp. 43-54
- Wang, Y. M., Kwai S. C., Gary K. K. 2009. *Risk Evaluation in Failure Mode and Effects Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean*. *Journal Expert Systems with Application* 36, pp. 1195-1207.