ANALISIS PERBAIKAN RISIKO SISTEM BISNIS *DELIVERY PRODUCT* MENGGUNAKAN FMEA DAN BPMN (STUDI KASUS: PT. SOLO TIRTA MANDIRI)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Nama : Dimas Rizky Dwi Saputra
No. Mahasiswa : 22522200

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

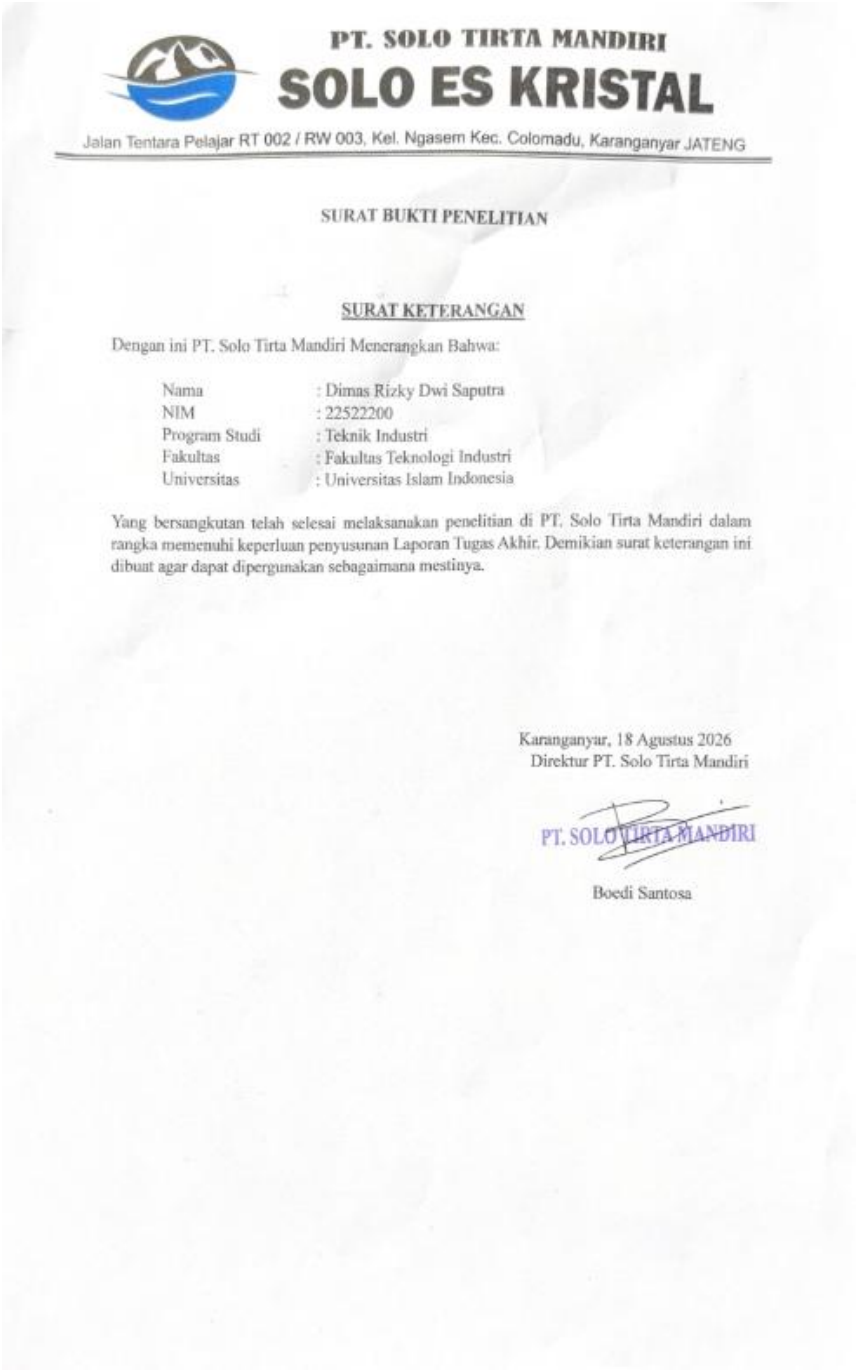
Yogyakarta, 22 September 2026



(Dimas Rizky Dwi Saputra)

22522200

SURAT BUKTI PENELITIAN



PT. SOLO TIRTA MANDIRI
SOLO ES KRISTAL
Jalan Tentara Pelajar RT 002 / RW 003, Kel. Ngasem Kec. Colomadu, Karanganyar JATENG

SURAT BUKTI PENELITIAN

SURAT KETERANGAN

Dengan ini PT. Solo Tirta Mandiri Menerangkan Bahwa:

Nama	: Dimas Rizky Dwi Saputra
NIM	: 22522200
Program Studi	: Teknik Industri
Fakultas	: Fakultas Teknologi Industri
Universitas	: Universitas Islam Indonesia

Yang bersangkutan telah selesai melaksanakan penelitian di PT. Solo Tirta Mandiri dalam rangka memenuhi keperluan penyusunan Laporan Tugas Akhir. Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Karanganyar, 18 Agustus 2026
Direktur PT. Solo Tirta Mandiri

PT. SOLO TIRTA MANDIRI

Boedi Santosa

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS PERBAIKAN RISIKO SISTEM BISNIS *DELIVERY PRODUCT* MENGGUNAKAN FMEA DAN BPMN (STUDI KASUS: PT. SOLO TIRTA MANDIRI)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Dimas Rizky Dwi Saputra

No. Mahasiswa : 22522200

Yogyakarta, 21 September 2026

Dosen Pembimbing



(Ir. Bambang Suratno, S.T., M.T., Ph.D., IPM.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS PERBAIKAN RISIKO SISTEM BISNIS *DELIVERY PRODUCT* MENGGUNAKAN FMEA DAN BPMN (STUDI KASUS: PT. SOLO TIRTA MANDIRI)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Dimas Rizky Dwi Saputra

No. Mahasiswa : 22522200

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 12 September 2026

Tim Penguji

Ir. Bambang Suratno, S.T., M.T., Ph. D., IPM	
Ketua	
Didin Dwi Novianto, S.T., M.LSCM.	
Anggota I	
Chancard Basumerda S.T. M.Sc.	
Anggota II	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Dr. Sri Indrawati, S.T., M.Eng.
NIK. 105220102

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan kemudahan-Nya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini. Dengan penuh rasa syukur dan kasih sayang, Tugas Akhir ini saya persembahkan dengan tulus kepada kedua orang tua tercinta serta kakak kandung saya tercinta atas doa, dukungan, dan pemberian semangat tanpa henti. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada seluruh teman-teman yang telah memberikan dukungan dan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

MOTTO

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."
(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."
(Q.S Al-Baqarah:286)

"Mimpi yang mendukung sukses itu, bukan mimpi yang kita temui pada saat kita tidur, tetapi mimpi yang mendukung sukses itu adalah mimpi yang membuat kita tidak bisa tidur"
(Cristiano Ronaldo)

KATA PENGANTAR

Bismillahirahmanirrahim
Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraakaatuh
Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas berkah rahmat serta nikmat-Nya sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknologi Industri. Selama penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Penulis juga memahami bahwa tanpa adanya dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, proses ini tidak akan berjalan dengan lancar. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Dr. Sri Indrawati, S.T., M.Eng.. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Bambang Suratno, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku dosen pembimbing laporan Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan serta arahan dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
4. Papa, Mama, Mas Ipin, Mbak Nena, dan Keponakan pertama sang penulis yaitu Nino, yang telah memberikan kasih sayang, doa, dukungan, serta semangat tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan akademik ini.
5. Warga Kos Wisma Biru (Akhmed, Hasbi, Hamzah, Irfan, Rizky, Saif) terima kasih karena telah berbaik hati memberikan ruang, fasilitas, dan kesabaran yang luar biasa selama kamar kosnya dari awal memasuki perkuliahan, penulis jadikan tempat beristirahat, berlindung, berdiskusi, hingga menyelesaikan penyusunan laporan ini.
6. Teman-teman grup *No Verel No Party* (Andi gondrong, Apiq BPA, Ardi *sadboy*, Arip Betmen, Arkan Ilang, Ata Gledek, Hamjah Klaten, Hasboy, Idamdum, Irpan Wota, Memet, Rete, Saip *Racing*, Verel Sang Penakluk) terima kasih atas segala kebersamaan, tempat keluh kesah, hiburan di saat stres, serta bantuan dan dukungan yang luar biasa selama penulis menjalankan masa perkuliahan.
7. Teman-teman *Marketing and Communication* FTI UII Angkatan 2020-2025 yang telah membersamai perjalanan penulis selama menjadi mahasiswa serta memberikan ilmu, pengalaman, semangat serta dukungannya.
8. Kepala Laboratorium, Laboran, Asisten Angkatan 2021, 2022, 2023 dan 2024 Laboratorium Inovasi dan Pengembangan Organisasi (IPO) yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
9. Nopeakbar selaku teman sekolah sekaligus rekan kerja penulis dalam membangun bisnis, yang selalu menemani, berdiskusi, mendukung dan membersamai penulis dalam menyusun laporan ini dari pagi hingga bertemu pagi kembali di kafe terdekat.
10. Grup Tukang Keong (Aan, Audy, Leon, Sasa, Zuhdi), selaku teman-teman SMP penulis yang selalu menemani, membantu, dan membersamai penulis hingga saat ini.
11. Semud *Squad* (Ameng, Falah, Aji), dan Edgar Gondes selaku teman-teman SMA penulis yang selalu menemani, mendukung, dan membersamai penulis dalam menyusun laporan ini.
12. Kepada klub sepak bola favorit sang penulis yaitu *Manchester United* yang telah mengajarkan arti kesabaran dalam mencapai suatu tujuan, menghargai proses, serta menerima kegagalan dan kehilangan sebagai bagian dari perjalanan. Melalui dinamika yang

ditampilkan, klub ini menjadi sumber motivasi bagi penulis untuk terus berusaha, bertumbuh, dan tidak menyerah dalam menghadapi tantangan selama proses penyusunan skripsi.

13. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terkait dan turut membantu penulis dalam penyelesaian laporan ini.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat berbagai kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan agar dapat membuat karya tulis. Semoga karya tulis ini dapat disempurnakan di masa mendatang dan memberikan manfaat bagi para pembaca maupun peneliti yang tertarik untuk melanjutkan kajian serupa.
Aamiin..

Yogyakarta, 30 Agustus 2026



Dimas Rizky Dwi Saputra
NIM 22522200

ABSTRAK

PT. Solo Tirta Mandiri merupakan produsen sekaligus distributor es kristal dan es serut di wilayah Soloraya yang bergantung pada sistem logistik rantai dingin. Dalam praktiknya, perusahaan menghadapi berbagai keluhan pelanggan akibat kesalahan pemeriksaan jenis dan jumlah produk, perilaku pengemudi yang kurang profesional, serta pencairan es sebelum sampai ke lokasi tujuan, yang mengindikasikan bahwa perusahaan belum memiliki mekanisme evaluasi dan mitigasi risiko operasional yang terstruktur. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan proses bisnis *delivery product* perusahaan, mengidentifikasi dan menilai tingkat risiko kegagalan pada proses tersebut, menemukan akar penyebabnya, serta merancang usulan perbaikan proses bisnis yang tervalidasi. Metode yang digunakan adalah integrasi *Business Process Model and Notation* (BPMN) untuk memetakan dan mensimulasikan proses bisnis *As-Is* dan *To-Be*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menilai risiko kegagalan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), serta *fishbone* diagram untuk menelusuri akar penyebab risiko prioritas. Hasil penelitian menunjukkan proses *As-Is* terdiri atas delapan aktivitas utama dengan variasi waktu proses tertinggi pada aktivitas pengiriman dan pemuatan produk ke armada. Penilaian FMEA terhadap 16 jenis kegagalan menghasilkan total RPN sebesar 2.374, dengan lima risiko berada di atas batas titik RPN sebesar 148,37, yang seluruhnya berfokus pada aspek pengendalian kualitas produk dan penanganan pengiriman. Akar penyebab kelima risiko tersebut secara konsisten bersumber dari kategori *method* dan *man*, yaitu belum tersedianya SOP baku dan keterbatasan pengawasan tenaga kerja. Empat solusi perbaikan diusulkan dan diimplementasikan ke dalam model proses bisnis To-Be, yang hasil simulasinya menunjukkan peningkatan total rata-rata waktu proses dari 3298,64 menit menjadi 4213,18 menit sebagai perubahan yang wajar dari penguatan pengendalian kualitas.

Kata Kunci*:* BPMN, *Delivery Product*, *Fishbone* Diagram, FMEA, Manajemen Risiko

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **ii**
SURAT BUKTI PENELITIAN ..... **iii**
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iv**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI ..... **v**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vi**
MOTTO ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
ABSTRAK ..... **x**
DAFTAR ISI ..... **xi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batasan Penelitian 6
1.6 Sistematika Penulisan 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **9**
2.1 Kajian Literatur 9
2.2 Landasan Teori 15
2.2.1 Proses Bisnis 15
2.2.2 Manajemen Risiko 16
2.2.3 Delivery Product 18
2.2.4 *Business Process Model and Notation* (BPMN) 18
2.2.5 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) 19
2.2.6 *Fishbone* Diagram 20
BAB III METODE PENELITIAN **22**
3.1 Objek Penelitian 22
3.2 Subjek Penelitian 22
3.3 Metode Pengumpulan Data 22
3.4 Diagram Alur Penelitian 23
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA **27**
4.1 Pengumpulan Data 27
4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan 27
4.1.2 Data realita Proses Bisnis *Delivery Product* 27
4.1.3 Data Keluhan Pelanggan 27
4.1.4 Data Permintaan dan Penawaran dari produk Es 29
4.1.5 Data Pertanyaan Wawancara 30
4.2 Pengolahan Data 31
4.2.1 Risk *Identification* 31
4.2.2 Risk Analysis 34
4.2.3 Risk Evaluation 39
4.2.4 Risk Treatment 46
4.2.5. Monitoring and Review 51

BAB V PEMBAHASAN 53
5.1 Analisis Proses Bisnis *As-Is* dan Titik Kritis Proses 53
5.2 Analisis Hasil Penilaian Risiko (FMEA) 53
5.3 Analisis Akar Penyebab (*Fishbone* diagram) 54
5.4 Evaluasi Perbandingan Proses Bisnis *As-Is* dan *To-Be* 55
5.5 Keterbatasan Penelitian 56
BAB VI PENUTUP 57
6.1. Kesimpulan 57
6.2. Saran 58
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur 14
Tabel 4. 1 Tabel jumlah keluhan pelanggan 28
Tabel 4. 2 Tabel jenis keluhan pelanggan bulan Januari 28
Tabel 4. 3 Tabel jenis keluhan pelanggan bulan Februari 29
Tabel 4. 4 Tabel jenis keluhan pelanggan bulan Maret 29
Tabel 4. 5 Tabel pertanyaan terkait task yang berkaitan 30
Tabel 4. 6 Tabel Identifikasi Jenis Kegagalan dan Efek Kegagalan 32
Tabel 4. 7 Tabel Penilaian SOD 35
Tabel 4. 8 Rumusan solusi 46
Tabel 4. 9 Solusi yang terpilih 48
Tabel 4. 10 Perbandingan BPMN As-Is dan To-Be 50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah keluhan pelanggan ..... ….3
Gambar 2. 1 *Risk* Management *Process*..... 17
Gambar 2. 2 *Fishbone Diagram*..... 21
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian..... 23
Gambar 4. 1 Proses Bisnis *Delivery Product*..... 27
Gambar 4. 2 BPMN *As-Is* PT Solo Tirta Mandiri..... 31
Gambar 4. 3 Hasil *Validate* BPMN As-Is..... 31
Gambar 4. 4 Hasil simulasi BPMN *As-Is*..... 32
Gambar 4. 5 *Fishbone* pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman tidak dilakukan sesuai ketentuan yang seharusnya..... 42
Gambar 4. 6 *Fishbone* pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas produk tidak dilakukan secara menyeluh sebelum produk dikirim..... 43
Gambar 4. 7 *fishbone* pelanggan menemukan produk tidak sesuai harapannya..... 44
Gambar 4. 8 *Fishbone* pelaksanaan proses produksi tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter produksi yang ditetapkan 45
Gambar 4. 9 *Fishbone* pelaksanaan serah terima produk oleh driver tidak dilakukan sesuai standar pelayanan yang ditentukan perusahaan 46
Gambar 4. 10 Proses Bisnis BPMN To-Be..... 50
Gambar 4. 11 *Validate* BPMN To-Be..... 50
Gambar 4. 12 Hasil simulasi BPMN To-Be..... 51

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemampuan perusahaan dalam menyampaikan produk kepada konsumen secara tepat, aman, dan berkualitas merupakan pilar utama dalam menilai efisiensi sistem operasional sekaligus penentu keunggulan kompetitif di pasar modern (Teixeira et al., 2024). Kelancaran rantai distribusi ini berpengaruh langsung terhadap performa finansial serta menjadi penentu utama dalam menjaga loyalitas pelanggan (Moha et al., 2024). Ketika terjadi gangguan atau kesalahan pengiriman dalam alur operasional, dampaknya dapat memicu krisis reputasi yang meluas akibat cepatnya penyebaran informasi di platform digital. Oleh karena itu, penerapan manajemen risiko distribusi yang bersifat preventif menjadi kebutuhan strategi yang mendesak bagi pelaku usaha guna menjamin keberlanjutan bisnis di tengah dinamika pasar yang terus berubah.

Tantangan pengelolaan risiko operasional tersebut menjadi jauh lebih kompleks ketika diterapkan pada industri yang menerapkan sistem rantai pasok suhu rendah atau *cold chain management*, seperti pada distribusi es batu dan komoditas sensitif sejenisnya (Ananda et al., 2025). Berbeda dengan logistik konvensional, produk berbasis suhu rendah memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap fluktuasi lingkungan fisik. Faktor seperti keterlambatan pengiriman atau kegagalan sistem pendingin armada dapat secara langsung merusak kualitas fisik produk sebelum sampai ke tangan konsumen (Purbowasito et al., 2022). Sifat produk yang cepat mencair menjadikan setiap menit dalam proses pengiriman sangat signifikan, sehingga menuntut adanya standar prosedur operasional yang ketat dan sistem insulasi kendaraan yang memadai.

PT. Solo Tirta Mandiri merupakan salah satu produsen sekaligus distributor es (es kristal dan es serut) di wilayah Soloraya yang bergantung pada sistem logistik rantai dingin. Namun dalam praktiknya, terdapat kesenjangan signifikan antara standar operasional dengan kondisi riil di lapangan, yang dibuktikan dengan maraknya keluhan pelanggan akhir-akhir ini. Permasalahan utama bersumber dari tingginya angka kesalahan pengiriman jenis dan jumlah produk akibat lemahnya pengawasan pada tahap *Quality Control* (QC) sebelum barang dimuat ke armada (Frahasta et al., 2026). *Quality control* berfungsi untuk melakukan pemeriksaan terhadap produk, baik sebelum, selama, maupun sesudah proses suatu produksi yang berjalan

(Renanda et al., 2023). Kegagalan verifikasi ini menciptakan beban kerja tambahan berupa penanganan komplain, retur produk, serta pengiriman ulang yang menguras sumber daya operasional perusahaan.

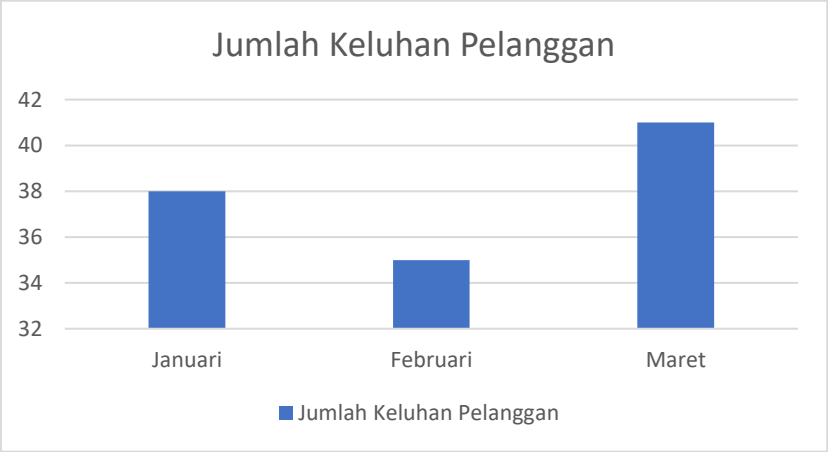
Selain kelemahan pada lini *Quality Control*, perusahaan juga menghadapi hambatan serius terkait kapasitas sumber daya manusia dan keandalan fasilitas distribusinya. Keluhan pelanggan menyoroti perilaku pengemudi armada yang dinilai kurang profesional di titik pengantaran, yang berpotensi mendorong pelanggan beralih ke kompetitor. Di sisi lain, isu penurunan kualitas berupa pencairan es batu sebelum tiba di lokasi tujuan juga menjadi kendala krusial yang mengindikasikan kelemahan pada manajemen logistik, seperti penggunaan armada yang tidak terinsulasi dengan baik (Iskandar & Novanto, 2025). Hambatan ini diperparah oleh ketidakstabilan kinerja mesin produksi yang dioperasikan tanpa adanya perencanaan kapasitas harian yang terukur, sehingga output yang dihasilkan bersifat fluktuatif (Sandi et al., 2025).

Berbagai permasalahan operasional yang terjadi secara berulang tersebut membuktikan bahwa PT. Solo Tirta Mandiri belum memiliki mekanisme evaluasi dan mitigasi risiko operasional yang terstruktur. Selama ini, pendekatan analisis masalah konvensional seperti *Root Cause Analysis* (RCA) atau *Fault Tree Analysis* (FTA) kurang optimal karena bersifat reaktif dan tidak menyertakan visualisasi alur proses bisnis secara eksplisit (Yusri & Immawan, 2025). Guna mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini memilih untuk mengintegrasikan dua pendekatan yang saling melengkapi, yaitu *Business Process Model and Notation* (BPMN) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk memberikan kerangka analisis yang holistik dan berbasis data riil.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengaplikasikan metode FMEA maupun BPMN untuk menganalisis risiko dan proses bisnis pada sektor logistik dan distribusi, namun masing-masing masih menyisakan celah yang relevan dengan permasalahan pada penelitian ini. (Huwaidah et al., 2025) mengintegrasikan BPMN, FMEA, dan Business Process Improvement (BPI) untuk mengevaluasi proses pengiriman barang di PT Mitra International Tbk, dengan hasil simulasi yang mampu meningkatkan efisiensi waktu proses pengiriman hingga 33,8%; namun penelitian tersebut berfokus pada barang kargo umum yang tidak memiliki karakteristik mudah rusak, sehingga aspek pengendalian kualitas fisik produk selama pengiriman belum menjadi perhatian utama. (Ananda et al., 2025) menggabungkan metode SCOR, FMEA, dan fishbone diagram untuk mengidentifikasi 27 risiko rantai pasok pada industri minuman siap saji, tetapi penelitian ini tidak melibatkan pemetaan proses bisnis berbasis BPMN maupun simulasi proses usulan

sebagai instrumen evaluasi. (Juanda et al., 2025) menerapkan integrasi metode FMEA dan *Fishbone Diagram* untuk menganalisis risiko kegagalan operasional teknis pada perusahaan manufaktur, namun penelitian tersebut tidak melibatkan pemetaan alur kerja menggunakan visualisasi proses bisnis BPMN maupun simulasi perancangan proses usulan sebagai instrumen tindak lanjut mitigasinya. (Iskandar & Novanto, 2025) menggunakan kombinasi FMEA dan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menganalisis risiko operasional distribusi pelumas kendaraan, akan tetapi objek penelitiannya merupakan produk non-*perishable* yang tidak memiliki sensitivitas terhadap waktu dan suhu sebagaimana produk rantai dingin. (Yusri & Immawan, 2025) mengaplikasikan FMEA dan Poka-Yoke untuk memitigasi risiko keterlambatan pengiriman pada perusahaan logistik, namun berfokus pada risiko administratif seperti ketidakakuratan dokumen dan jadwal yang belum menyentuh risiko degradasi fisik produk selama proses pengiriman.

Dari kelima penelitian terdahulu tersebut, terlihat bahwa integrasi BPMN dan FMEA secara bersamaan disertai perancangan model proses bisnis usulan yang divalidasi melalui simulasi belum pernah diterapkan pada konteks distribusi produk *cold chain* yang mudah rusak (*perishable*) akibat sensitivitas terhadap suhu dan waktu, seperti pada distribusi es kristal. Penelitian-penelitian sebelumnya juga umumnya berhenti pada tahap identifikasi dan penentuan prioritas risiko tanpa menyertakan instrumen evaluasi kuantitatif berupa simulasi proses bisnis usulan. Celah inilah yang menjadi dasar penelitian ini untuk mengintegrasikan BPMN dan FMEA secara menyeluruh mulai dari pemetaan proses *As-Is*, analisis akar penyebab risiko prioritas, hingga perancangan dan simulasi proses bisnis To-Be pada studi kasus distribusi es kristal di PT. Solo Tirta Mandiri.



Gambar 1. 1 Jumlah keluhan pelanggan

(data perusahaan)

Dalam skema penelitian ini, metode BPMN difungsikan untuk memetakan seluruh aktivitas proses bisnis *delivery product* aktual saat ini (*As-Is*) secara transparan. Peta proses *As-Is* tersebut selanjutnya dijadikan fondasi utama untuk melaksanakan analisis risiko proaktif menggunakan metode FMEA (Hamdani et al., 2023). Melalui FMEA, setiap potensi kegagalan yang teridentifikasi akan dinilai berdasarkan dimensi *Severity* (keparahan), *Occurrence* (keseringan), dan *Detection* (deteksi) untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai acuan prioritas perbaikan. Hasil akhir penelitian ini diproyeksikan untuk merumuskan rekomendasi SOP baru serta model proses usulan (*To-Be*) yang telah dimitigasi guna menekan angka keluhan pelanggan dan mendukung keberlanjutan bisnis perusahaan. Serta adanya pembuatan simulasi pada proses bisnis *To-Be* untuk melakukan monitoring hasil evaluasi.

1.2 Rumusan Masalah

Integrasi metode *Business Process Model and Notation* (BPMN) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) telah banyak diterapkan untuk mengoptimalkan efisiensi operasional dan memetakan risiko di berbagai industri. Namun, penelitian terdahulu umumnya masih berfokus pada penyelesaian masalah yang terpisah dan baru dilakukan setelah kegagalan terjadi, sehingga belum mampu menyelesaikan kompleksitas risiko distribusi *cold chain* es kristal secara nyata di PT. Solo Tirta Mandiri seperti tingginya keluhan pelanggan akibat kesalahan pengiriman jenis dan jumlah produk, penurunan kualitas fisik berupa pencairan es di armada, hingga fluktuasi output mesin produksi yang belum terencana. Selain itu, belum ada visualisasi model usulan (*To-Be*) yang disertai simulasi proses sebagai instrumen *monitoring* hasil evaluasi operasional yang berkelanjutan di perusahaan tersebut. Celah inilah yang melatarbelakangi dilakukannya analisis sistematis guna merumuskan mitigasi risiko berbasis *data Risk Priority Number* (RPN). Berdasarkan hal tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemetaan proses bisnis *As-Is* menggunakan BPMN pada sistem bisnis *delivery product* PT. Solo Tirta Mandiri berdasarkan hasil identifikasi?
2. Bagaimana risiko dan tingkat prioritas pada aktivitas yang ada pada proses bisnis *As-Is* PT. Solo Tirta Mandiri berdasarkan penilaian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* menggunakan metode FMEA dan RPN?
3. Apa saja akar penyebab masalah berdasarkan *Fishbone* diagram untuk tiap-tiap risiko yang menjadi prioritas?

4. Apa rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan dan Bagaimana evaluasi antara rancangan proses bisnis aktual (*As-Is*) dengan proses bisnis usulan (*To-Be*) pada *delivery product* PT. Solo Tirta Mandiri?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian menjawab rumusan masalah. Berikut adalah contoh tujuan penelitian:

1. Memetakan proses bisnis *As-Is* menggunakan BPMN pada sistem bisnis *delivery product* PT. Solo Tirta Mandiri berdasarkan hasil identifikasi.
2. Menganalisis risiko dan tingkat prioritas pada aktivitas yang ada pada proses bisnis *As-Is* PT. Solo Tirta Mandiri berdasarkan penilaian *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* menggunakan metode FMEA dan RPN.
3. Mengidentifikasi akar penyebab masalah berdasarkan *Fishbone* diagram untuk tiap-tiap risiko yang menjadi prioritas.
4. Memberikan rekomendasi perbaikan serta mengevaluasi perbandingan antara rancangan proses bisnis aktual (*As-Is*) dengan proses bisnis usulan (*To-Be*) pada delivery product PT. Solo Tirta Mandiri.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat bermanfaat terhadap pihak-pihak yang bersangkutan dari dilakukannya program penelitian ini. Berikut merupakan manfaat dari penelitian ini:

1. **Bagi Mahasiswa**

- Memberikan pengalamn langsung dalam mengaplikasikan metode FMEA dan BPMN untuk menganalisis dan memecahkan permasalahan nyata di dunia industri, sehingga dapat memperkuat pemahaman teoritis yang telah diperoleh selama perkuliahan.
- Melatih kemampuan berpikir sistematis dan analitis dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, serta merumuskan solusi atas risiko operasional pada sistem bisnis distribusi produk.
- Menambah wawasan dan kompetensi di bidang manajemen risiko dan permodelan proses bisnis yang relevan dan dibutuhkan di dunia kerja, khususnya pada sektor industry manufaktur dan distribusi.

2. **Bagi Perguruan Tinggi**

- Memperkaya referensi akademis dan koleksi penelitian terapan di Program Studi Teknik Industri, khususnya dalam kajian manajemen risiko operasional menggunakan integrasi metode FMEA dan BPMN pada industri es kristal.

- Menjadi bukti nyata kontribusi Program Studi Teknik Industri dalam memberikan solusi berbasis ilmu pengetahuan terhadap permasalahan operasional yang dihadapi oleh industri lokal.
- Dapat dijadikan bahan ajar atau studi kasus dalam mata kuliah Manajemen Risiko, *Business Process Management* di lingkungan Program Studi Teknik Industri.

3. **Bagi Perusahaan**

- Memberikan gambaran komprehensif mengenai seluruh potensi risiko yang ada pada sistem distribusi produk beserta tingkat prioritasnya, sehingga perusahaan dapat mengalokasikan sumber daya perbaikan secara lebih tepat sasaran dan efisien.
- Menghasilkan rekomendasi perbaikan yang berbasis data dan terstruktur, yang dapat langsung diimplementasikan untuk meminimalkan kesalahan pengiriman, meningkatkan kualitas produk yang diterima pelanggan, serta memperbaiki standar perilaku armada pengiriman.
- Membantu perusahaan dalam membangun sistem evaluasi operasional yang berkelanjuta, sehingga risik-risiko yang ada dapat dikelola secara proaktif dan tidak berulang di masa mendatang.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini dilakukan agar dapat berfokus dengan mendalam dalam ruang lingkup yang dibatasi pada aspek-aspek tertentu yang berkaitan dengan tujuan penelitian yang telah ditentukan. Berikut merupakan Batasan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini dilakukan di PT. Solo Tirta Mandiri dan difokuskan pada sistem bisnis *delivery product*, meliputi proses produksi es batu, proses *Quality Control* (QC), dan proses distribusi hingga produk sampai ke tangan konsumen.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk analisis risiko dan *Business Process Model and Notation* (BPMN) untuk pemodelan proses bisnis.
3. Analisis risiko menggunakan FMEA dibatasi pada aspek-aspek operasional yang berkaitan langsung dengan proses pengiriman produk, yaitu: kesalahan pengiriman produk, kualitas produk (pencairan es batu), ketidaksesuaian pesanan, perilaku sopir, dan kinerja mesin produksi.

4. Penelitian ini tidak mencakup aspek keuangan perusahaan secara mendalam, seperti analisis biaya kerugian akibat risiko atau perhitungan *return on investment* (ROI) dari implementasi rekomendasi perbaikan.
5. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari hasil observasi lapangan, wawancara dengan pihak terkait di PT. Solo Tirta Mandiri, serta dokumen-dokumen operasional perusahaan yang relevan selama periode penelitian berlangsung.
6. Rekomendasi perbaikan yang dihasilkan bersifat operasional dan manajerial, serta tidak mencakup perancangan ulang sistem teknologi informasi secara menyeluruh.
7. Periode data yang digunakan dalam penelitian ini hanya dalam jangka waktu 3 bulan di bulan Januari, Februari, Maret 2026.
8. Parameter yang dikerjakan pada penelitian kali yaitu *Severity*, *Occurrence*, *Detection* dengan skala yang digunakan 1-10.
9. Apabila hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) memiliki angka yang sama, maka akan diranking berdasarkan angka *Severity* (dampak keparahan) yang paling tinggi.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini disusun dalam enam bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang masalah yang menjelaskan terkait kondisi permasalahan saat ini di PT. Solo Tirta Mandiri, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang kajian literatur yang memuat terkait ringkasan penelitian terdahulu yang relevan dan memuat landasan teori mengenai *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) dan *Business Process Model and Notation* (BPMN) di objek Kesehatan, Industri Es Kristal, Makanan dan Minuman, dan Manufaktur yang bersumber dari jurnal bereputasi dan buku.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Berisi mengenai uraian objek penelitian, jenis dan sumber data yang digunakan, serta tahapan penelitian yang meliputi pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis menggunakan ketiga metode yang dipilih disertai diagram alur penelitian.

4. BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bagian ini memuat terkait hasil pengumpulan data yang didapatkan dari hasil observasi, wawancara, dan studi Pustaka serta hasil pengolahan data menggunakan metode FMEA dan BPMN yang merujuk pada lima tahapan manajemen risiko yaitu *risk identification*, *risk analysis, risk evaluate, risk treatment,* dan *monitoring and review*.

5. BAB V PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan pembahasan mengenai analisis hasil pengolahan data yang belum dijelaskan di bab sebelumnya, temuan utama penelitian, keterbatasan studi, serta adanya *gap* antara hasil penelitian terdahulu dengan penelitian ini.

6. BAB VI PENUTUP

Pada bagian ini berisikan kesimpulan yang menjawab setiap rumusan masalah serta saran bagi perusahaan dan peneliti selanjutnya

7. DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini berisikan sumber pustaka yang digunakan dalam pembuatan laporan baik yang bersumber dari jurnal, buku, maupun literasi lainnya.

8. LAMPIRAN

Pada bagian ini berisikan lampiran dokumentasi yang dapat menguatkan bukti pelaksanaan dan pengerjaan laporan penelitian ini.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan langkah untuk memetakan posisi penelitian yang dilakukan saat ini dengan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Berdasarkan matriks posisi penelitian yang telah disusun, terdapat 15 referensi jurnal utama yang menjadi acuan dalam pengembangan penelitian ini, baik dari segi kesamaan objek industri maupun kesamaan metodologi yang diterapkan, yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Business Process Model and Notation* (BPMN).

Evaluasi terhadap potensi hambatan operasional serta perancangan strategis guna meminimalkan gangguan di jalur pasokan industri gula telah dibahas oleh (Hamdani et al., 2023) dalam publikasinya yang bertajuk "Analisis Dan Mitigasi Risiko Rantai Pasok Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) Di PG. Wringin Anom Situbondo". Titik-titik rawan yang menjadi pemicu macetnya distribusi berhasil diidentifikasi dalam kajian tersebut, di mana tim peneliti menawarkan skema perbaikan terpadu demi menekan potensi kerugian finansial pada pihak pabrik. Kerangka penelitian tersebut memiliki keterkaitan erat dengan tugas akhir ini, khususnya pada pemanfaatan parameter kuantitatif FMEA dalam menyusun hierarki urgensi penanganan masalah lewat perhitungan *Risk Priority Number* (RPN).

Urgensi pemetaan alur kerja secara visual untuk mendeteksi indikasi inefisiensi pada tata kelola pemesanan di sektor makanan dan minuman menjadi fokus utama (Izzaty et al., 2023) dalam tulisan bernuansa "Pemodelan dan Perbaikan Proses Bisnis Pemenuhan Pesanan Kopi dengan Metode *Business Process Management* (Studi Kasus Bawadi Coffee)". Desain pembenahan alur kerja yang dirancang lewat pendekatan *Business Process Management* (BPM) dalam studi tersebut terbukti mampu memangkas waktu tunggu sekaligus meningkatkan akurasi pelayanan bagi konsumen. Bagi eksperimen di PT. Solo Tirta Mandiri, riset ini berperan penting sebagai panduan dasar dalam mengurai kompleksitas pergerakan aktivitas dari awal hingga akhir di ranah industri agro.

Tata kelola risiko operasional serta ketidakpastian yang membayangi sektor transportasi barang logistik dibahas secara mendalam oleh (Iskandar & Novanto, 2025) dalam artikel berjudul "Analisis Manajemen Risiko Operasional Distribusi Pelumas Kendaraan (Studi Kasus: DSP Plumpang, PT Patra Logistik)". Investigasi tersebut membedah ragam kelemahan (failure

modes) pada lini armada, termasuk isu keterlambatan waktu tibanya barang serta aspek keselamatan berkendara, yang kemudian diantisipasi menggunakan solusi manajerial taktis. Karya ilmiah ini menyumbang landasan teori yang krusial bagi penulis guna mengidentifikasi titik lemah pada sistem pengiriman (*delivery product*), terutama yang dipicu oleh performa pengemudi maupun keandalan unit kendaraan.

Kompleksitas prosedur ekspedisi logistik berhasil diurai oleh (Huwaidah et al., 2025) lewat studi bertema "Evaluasi Dan Pemodelan Proses Bisnis Pada Proses Pengiriman Barang Di Divisi Operasional PT Mitra International Tbk" dengan memanfaatkan standardisasi diagram grafis BPMN. Hambatan birokrasi internal serta titik penyumbatan aliran data (bottlenecks) dari gudang penyimpanan menuju konsumen menjadi target penyelesaian utama dalam riset tersebut. Telaah ini memantapkan argumen penulis untuk menggunakan BPMN sebagai instrumen utama dalam mendokumentasikan skema bisnis saat ini (*As-Is*) sekaligus merancang cetak biru perbaikan (*To-Be*) pada distribusi *cold chain* es kristal.

Penerapan manajemen risiko secara preventif pada sektor industri makanan skala kecil hingga menengah dikaji oleh (Sabela et al., 2025) dalam publikasi ilmiah "Analisis Risiko Produksi Pada Industri Kecil A.M Tahu di Desa Menanggal Mojokerto Menggunakan Metode FMEA". Setiap level pengolahan bahan mentah yang rawan terhadap kontaminasi bakteri ataupun kerusakan teknis mesin diukur secara matematis melalui kalkulasi tingkat keparahan (*Severity*), frekuensi kemunculan (*Occurrence*), dan efektivitas deteksi (*Detection*). Objek riset di PT. Solo Tirta Mandiri memiliki karakteristik yang serupa dengan studi ini karena es kristal termasuk produk konsumsi yang sensitif, sehingga penggunaan FMEA untuk memitigasi risiko higienitas sangat ideal diterapkan.

Skema peningkatan kualitas kerja yang berorientasi pada pemangkasan waktu terbuang (*waste*) serta minimalisasi ongkos operasional divisi teknik diulas oleh (Sinatriya et al., 2024) melalui artikel "*Evaluation and Improvement of Business Processes in the Operational Division Using Business Process Improvement (BPI) (Case Study*: PT. Mitrasukses Engineering Indonesia)". Pemanfaatan kerangka kerja BPI dalam kajian tersebut sukses membuang kegiatan tak bernilai tambah demi melahirkan sistem kerja yang lebih adaptif dan efisien. Tulisan ini memberikan kontribusi berupa panduan langkah-langkah bagi penulis untuk menyusun draf rekomendasi *Standard Operating Procedure* (SOP) yang lebih ketat pada bagian pemeriksaan kualitas (*Quality Control*) perusahaan.

Inovasi mutakhir berupa integrasi piranti sensor digital, perhitungan jalur kritis, serta konsep FMEA guna membangun pengawasan operasional yang fleksibel dipaparkan oleh (Tomaskova et al., 2025) dalam artikel "*Risk Management and Process Optimization in Industry 4.0: Integrating Sensors with Critical Path and FMEA*". Temuan eksperimen ini mengonfirmasi bahwa perpaduan antara deteksi dini real-time dan manajemen risiko preventif sanggup menangkap anomali mesin sebelum memicu kerusakan sistem yang fatal. Logika riset tersebut menginspirasi penulis mengenai krusialnya membangun sistem kendali kontrol yang akurat untuk mengawasi stabilitas performa mesin pembuat es kristal.

(Mirkhanzadeh et al., 2023) dalam publikasi ilmiah bernuansa "*Improving the Effectiveness of Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation using a Hybrid Process Mining and FMEA Framework*" menggagas sistem hibrida yang mengawinkan teknik penambangan alur kerja (process mining) dengan matriks penilai risiko FMEA. Formula integratif ini terbukti andal untuk mengevaluasi kesenjangan antara praktik kerja riil di lapangan dengan cetak biru (blueprint) sistem informasi ERP yang diaplikasikan perusahaan. Tulisan tersebut memperluas wawasan teoretis penulis mengenai efektivitas metode gabungan dalam menyatukan aspek visualisasi proses riil dengan pembobotan tingkat bahaya secara kuantitatif.

Teixeira et al., (2024) melalui artikelnya "*Optimization of Business Processes Through BPM Methodology: A Case Study on Data Analysis and Performance Improvement*" membuktikan kemampuan metodologi BPM sebagai motor penggerak transformasi kinerja perusahaan melalui analisis data operasional secara menyeluruh. Eksperimen ini membedah proses transisi alur kerja yang semula tidak teratur menjadi model baru yang terstandardisasi guna mendongkrak produktivitas staf. Bagi penulis, artikel ini menjadi rujukan ilmiah untuk mendesain visualisasi SOP yang konkret, aplikatif, dan mudah dipahami oleh jajaran manajemen maupun tim operasional lapangan PT. Solo Tirta Mandiri.

Kapabilitas, ruang lingkup, serta batasan teknis penggunaan simbol standar BPMN dalam memetakan sistem pelayanan yang rumit dianalisis secara komprehensif oleh Kassim et al., (2022) dalam artikel "*Benefits and limitations of business process model notation in modelling patient healthcare trajectory: A scoping review protocol*". Meskipun studi ini berbasis pada kluster industri kesehatan, tinjauan kritisnya memberikan acuan penting bagi penulis untuk mengenali batasan pemodelan alur kerja. Hal ini bertujuan agar peta proses distribusi es kristal yang disusun nantinya tetap efisien, scannable, dan terhindar dari pemodelan yang terlalu rumit.

Pemanfaatan koordinasi alur kerja digital berbasis BPMN untuk mengotomatisasi fase pengujian pada industri manufaktur transportasi modern diteliti oleh (König et al., 2025) dalam kajian bertajuk "*Executing automotive test workflows with BPMN and web service orchestration in software-defined car manufacturing*". Riset tersebut menunjukkan fleksibilitas tinggi dari simbol proses bisnis dalam menjembatani kebijakan manajemen dengan eksekusi teknis di lantai pabrik. Penulisan ilmiah ini memberikan inspirasi bagi penulis mengenai bagaimana tata kelola proses yang rapi dalam bagan BPMN mampu mereduksi kelalaian manusia (human error) saat fase persiapan pengiriman produk dijalankan.

Naranjo et al. (2025) lewat karya ilmiahnya "*Enhancing Institutional Sustainability Through Process Optimization: A Hybrid Approach Using FMEA and Machine Learning*" menawarkan terobosan berupa kombinasi kalkulasi risiko FMEA dengan algoritma kecerdasan buatan untuk memprediksi potensi kegagalan institusi secara akurat. Framework hibrida tersebut berhasil mendorong keberlanjutan operasional lembaga melalui pengambilan keputusan mitigasi yang berbasis data prediktif. Studi ini memberikan pemahaman mendalam bagi penulis mengenai tren tata kelola risiko modern yang menitikberatkan pada tindakan preventif sebelum kegagalan berimbas buruk pada reputasi brand.

Solusi integratif untuk meminimalkan kekeliruan pada operasional logistik dengan menyandingkan metode FMEA dan konsep Poka Yoke (sistem anti-salah) dibahas oleh (Yusri & Immawan, 2025) dalam publikasi "*Optimizing Logistics Operations: Identifying and Mitigating Risks through FMEA and Poka Yoke*". Hasil riset membuktikan bahwa pasca-risiko diurutkan menggunakan angka RPN, penempatan sekat kontrol fisik maupun sistematis terbukti efektif memotong angka kesalahan penanganan barang. Tulisan ini menjadi acuan krusial bagi penulis untuk merancang usulan perbaikan nyata pada lini distribusi es kristal demi mengatasi tingginya angka deviasi pengiriman.

Analisis tata kelola rantai pasok dari hulu ke hilir dengan model SCOR yang dipadukan dengan matriks FMEA untuk mengukur kadar risiko operasional dipaparkan oleh (Ananda et al., 2025) dalam artikel *"Supply Chain Risk Analysis in the Ready-to-Drink Beverage Industry Based on the Combination of SCOR and FMEA Methods*". Riset pada sektor industri minuman siap saji ini mengidentifikasi bahwa ketidakpastian pasokan serta fluktuasi suhu lingkungan merupakan ancaman kritis bagi kualitas produk cair. Kajian ini memiliki kemiripan karakteristik objek yang sangat tinggi dengan es kristal yang diteliti penulis, terutama terkait kerentanan kualitas akibat paparan suhu.

Investigasi terhadap risiko kegagalan operasional dan keandalan peralatan kritis di sektor manufaktur telah dikaji secara mendalam oleh (Juanda et al., 2025) melalui penelitian bertajuk "Analisis Resiko Kerusakan Boiler Menggunakan Metode *Failure Modes Effect Analysis* (FMEA) dan *Fishbone* Diagram". Studi ini mengintegrasikan matriks FMEA untuk mengkuantifikasi tingkat bahaya risiko melalui kalkulasi Risk Priority Number (RPN) yang langsung dipadukan dengan *Fishbone* Diagram guna membedah akar penyebab kerusakan dari berbagai dimensi kerja. Bagi penelitian di PT. Solo Tirta Mandiri, literatur ini memberikan landasan metodologis yang sangat relevan mengenai cara mendiagnosis dan mengurai akar masalah teknis yang memengaruhi operasional, khususnya untuk mendukung analisis pada risiko ketidakstabilan kinerja mesin produksi es kristal yang menjadi pangkal kelancaran pada proses distribusi.

Ketidaksesuaian kuantitas dan jenis barang saat proses serah-terima produk ke konsumen akhir dibahas secara spesifik oleh (Frahasta et al., 2026) dalam penelitiannya "*Risk Analysis of Goods Delivery Discrepancies in Manufacturing Companies Using the Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) *Method*". Melalui analisis FMEA, penelitian ini membongkar akar masalah pada jajaran pengawasan pergudangan dan menyarankan pembenahan *form* lembar kontrol pengecekan produk. Studi tersebut menjadi analogi pembanding yang kuat bagi penulis untuk mengurai akar masalah lemahnya sistem verifikasi *Quality Control* (QC) yang memicu komplain distribusi di PT. Solo Tirta Mandiri.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

NO	Penulis	Objek Penelitian (Industri)				Metode	
		Kesehatan	Industri Es Kristal	Makanan & Minuman	Manufaktur	FMEA	BPMN
1	(Hamdani et al., 2023)			v		v	
2	(Izzaty et al., 2023)			v			v
3	(Iskandar & Novanto, 2025)				v	v	
4	Huwaidah et al., 2025)				v	v	v
5	(Sabela et al., 2025)			v		v	
6	(Sinatriya et al., 2024)				v		v
7	(Tomaskova et al., 2025)				v	v	v
8	(Mirkhanzadeh et al., 2023)				v	v	
9	(Teixeira et al., 2024)				v		v
10	(Kassim et al., 2022)	v					v
11	(König et al., 2025)				v		v
12	(Naranjo et al., 2025)				v	v	
13	(Yusri & Immawan, 2025)				v	v	
14	(Ananda et al., 2025)			v		v	
15	(Juanda et., 2025)				v	v	
16	(Frahasta et al., 2026)				v	v	
	Usulan		v			v	v

Berdasarkan tabel tersebut, dalam penelitian ini menggunakan metode BPMN dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menganalisis proses bisnis mana yang menyebabkan terjadinya risiko yang mempengaruhi banyaknya keluhan pelanggan terhadap PT. Solo Tirta Mandiri. Dengan adanya metode BPMN, dapat melakukan analisis proses bisnis *As-Is* sebagai awalan untuk menganalisis terkait proses apa yang menyebabkan terjadinya risiko yang mempengaruhi banyaknya keluhan pelanggan dari produk es kristal. Setelah melakukan analisis proses bisnis menggunakan BPMN proses *As-Is,* dapat melakukan perhitungan menggunakan metode FMEA yang berguna untuk meminimalisir penyebab risiko yang terjadi serta memberikan solusi untuk perbaikan proses yang mengalami permasalahan. Setelah menggunakan metode FMEA, dapat melakukan penggambaran dengan metode BPMN *To-Be* untuk melakukan finalisasi dan menggambarkan hasil akhir dari perbaikan proses yang telah dihitung menggunakan metode FMEA. Serta adanya pembuatan BPMN *To-Be* yang disimulasikan untuk melakukan monitoring terhadap hasil evaluasi yang telah dilakukan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Proses Bisnis

Proses bisnis merupakan fondasi utama dari operasional sebuah organisasi yang memperlihatkan bagaimana pekerjaan nyata dieksekusi demi mewujudkan target strategis perusahaan. Secara konsep, proses bisnis dapat dipahami sebagai rangkaian aktivitas dinamis yang tersusun rapi, saling bertautan, dan berjalan secara logis. Dalam alur ini, manusia, sistem teknologi, serta mesin saling bekerja sama untuk mengolah input menjadi output yang memiliki nilai tambah bagi konsumen (Teixeira et al., 2024). Di ranah teknik industri, pembedahan terhadap alur kerja ini bernilai sangat penting. Melalui analisis tersebut, organisasi dapat mendeteksi berbagai masalah seperti segala bentuk pemborosan, standar tanggung jawab yang tumpang tindih, hingga kemacetan arus informasi yang berpotensi merusak produktivitas kerja. Oleh karena itu, visualisasi alur yang jelas sangat dibutuhkan sebagai langkah awal sebelum manajemen menerapkan standardisasi baru atau memperbarui prosedur kerja guna meningkatkan kualitas pelayanan pelanggan.

Dalam praktiknya, organisasi yang tidak mampu merancang proses bisnis secara fleksibel sering kali menghadapi kendala operasional yang besar. Alur kerja yang dibiarkan tanpa adanya evaluasi berbasis data konkret akan memicu ketimpangan performa antar-bagian. Dampak buruknya, waktu total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus kerja menjadi lebih

lama dan tidak efisien. Atas dasar itulah, perusahaan memerlukan sebuah sistem manajemen proses yang tidak sekadar menggambarkan urutan aktivitas, tetapi juga mampu menilai kinerja tim secara terukur. Evaluasi berkala terhadap model kerja yang sedang berjalan ini menjadi jembatan penting untuk menyusun standar operasional prosedur (SOP) baru yang lebih efisien, ringkas, serta bersih dari aktivitas yang tidak memberikan manfaat atau nilai tambah atau *Non value added activities*. Optimalisasi proses bisnis juga erat kaitannya dengan konsep perbaikan berkelanjutan atau biasa disebut *Continuous Process Improvement*. Evaluasi proses bisnis yang terstruktur menggunakan pemodelan visual tidak hanya mampu mengidentifikasi *bottleneck* atau titik kemacetan operasional, tetapi juga memfasilitasi manajemen dalam merealokasikan sumber daya secara lebih efektif agar proses bisnis selalu selaras dengan tujuan strategis perusahaan (Dumas et al., 2013).

2.2.2 Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah sistem pengelolaan yang tertata dan terencana yang diterapkan secara sengaja oleh perusahaan untuk membaca situasi, mengukur, serta mengendalikan segala bentuk ketidakpastian dalam operasional harian. Dalam dunia industri, hambatan operasional ini biasanya lahir akibat kerusakan sistem internal, kendala teknis pada mesin produksi, kelalaian dari pekerja itu sendiri, hingga gangguan dari lingkungan luar (Jevon & Rahardjo, 2021). Pola penanganan risiko yang baik harus diubah, dari yang tadinya baru bergerak setelah masalah muncul, menjadi tindakan pencegahan sejak awal. Hal ini dilakukan lewat evaluasi rutin sebelum terjadi kerusakan fatal di area kerja. Dengan memetakan tingkat bahaya berdasarkan data yang nyata, pihak manajemen bisa menyalurkan bantuan dan perbaikan secara lebih hemat dan tepat sasaran pada bagian kerja yang paling rapuh.

Penerapan pengelolaan risiko ini juga berperan penting untuk melindungi aset milik perusahaan sekaligus menjaga agar bisnis tetap berjalan lancar di tengah persaingan pasar yang ketat. Perusahaan yang tidak memasukkan rencana penyelamatan ke dalam rutinitas kerja mereka biasanya akan sering mengalami kendala operasional yang sama secara terus-menerus. Melalui langkah pencegahan yang matang, setiap potensi masalah tidak hanya diukur dari seberapa besar kerugian yang ditimbulkannya, tetapi juga dari seberapa siap sistem internal perusahaan dalam mengendus keanehan tersebut sejak awal. Pola pikir ini akan melahirkan budaya kerja yang tanggap terhadap bahaya di setiap bagian. Alhasil, keputusan cepat dan tepat bisa langsung diambil begitu terjadi penyimpangan atau kejanggalan saat bekerja di lapangan.

Pelaksanaan manajemen risiko secara operasional dapat mengikuti tahapan standar sesuai dengan ISO: 31000 yang sistematis seperti berikut ini (Alam, 2016):

1. Identifikasi Risiko (*Risk Identification*):

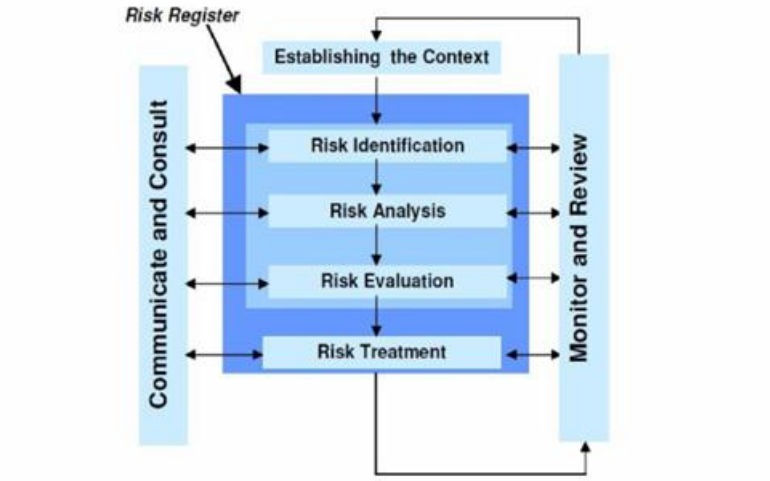
   Menggali dan mendaftar seluruh potensi kejadian buruk yang mungkin terjadi pada setiap lini operasional perusahaan. Contohnya: salah kirim item, pencairan es batu, hingga perilaku pengemudi yang kurang profesional.
2. Analisis Risiko (*Risk Analysis*):

   Menilai karakteristik risiko dengan mengukur seberapa besar dampak kerugian atau *impact* dan seberapa sering frekuensi kemunculannya atau *likelihood* di lapangan dan melakukan perhitungan untuk menganalisis penyebab risiko utama mana yang menjadi prioritas.
3. Evaluasi Risiko (*Risk Evaluation*):

   Membandingkan hasil analisis risiko dengan kriteria toleransi risiko perusahaan untuk menentukan urutan prioritas risiko mana yang membutuhkan penanganan darurat.
4. Mitigasi atau respon risiko (*Risk Treatment*):

   Menyusun dan menerapkan rencana tindakan konkret seperti perbaikan SOP pengawasan atau pembinaan sopir untuk mereduksi risiko hingga batas aman.
5. Melakukan pemantauan hasil evaluasi (*Monitoring and Review*):

   Melakukan pemantauan untuk memastikan hasil rekomendasi yang telah diberikan apakah sudah benar-benar terealisasikan secara baik dan benar atau belum.



Gambar 2. 1 *Risk Management Process*

Sumber: (Alam, 2016)

Penerapan kerangka kerja manajemen risiko operasional, seperti panduan ISO 31000, sangat membantu entitas bisnis khususnya di bidang logistik untuk mendeteksi ancaman sejak dini

(Haryanti et al., 2024). Integrasi manajemen risiko ini akan meningkatkan ketahanan perusahaan, sehingga risiko distribusi dapat dikelola tanpa merusak kualitas layanan ke pelanggan

2.2.3 Delivery Product

Sistem *delivery product* atau distribusi produk merupakan rangkaian operasional vital yang menghubungkan fase akhir produksi dengan konsumen di titik akhir pengantaran. Keandalan sistem logistik ini dinilai dari kemampuan perusahaan dalam menyalurkan barang secara tepat waktu, aman, terjaga kuantitasnya, serta didukung oleh pelayanan armada yang profesional. Gangguan pada proses pengiriman seperti kekeliruan spesifikasi barang akibat lemahnya pengawasan kuantitas atau penurunan kualitas fisik komoditas selama perjalanan dapat memicu beban biaya operasional tambahan serta menggerus kepercayaan pelanggan. Pada industri *cold chain*, tantangan distribusi menjadi berlipat ganda karena karakteristik produk sangat peka terhadap perubahan suhu udara lingkungan, sehingga disiplin durasi pengantaran dan efisiensi insulasi kendaraan menjadi penentu utama konsistensi kualitas produk hingga diterima konsumen (Iskandar & Novanto, 2025).

2.2.4 *Business Process Model and Notation* (BPMN)

Business Process Model and Notation (BPMN) adalah standar grafis internasional yang diakui secara universal untuk menggambarkan visualisasi alur kerja dan proses bisnis organisasi secara terstruktur. Notasi baku dalam BPMN dirancang agar mudah dipahami oleh berbagai kalangan pemangku kepentingan, mulai dari jajaran manajemen hingga staf teknis operasional (Huwaidah et al., 2025). Visualisasi BPMN menguraikan aliran aktivitas dengan memisahkannya ke dalam beberapa kategori elemen grafis utama (Yan Pandra et al, 2025):

- *Flow Objects*: Komponen inti yang membentuk alur diagram yang mencakup *Events* yang digunakan untuk indikator penanda awal atau akhir, *Activities* yang digunakan untuk representasi tugas atau pekerjaan, dan *Gateways* yang digunakan untuk penanda percabangan kondisi logika atau keputusan.
- *Connecting Objects*: Garis penunjuk arah yang berfungsi mengarahkan jalannya proses bisnis serta aliran sirkulasi informasi antar-elemen di dalam sistem.

- *Swimlanes*: Pembatas visual berbentuk baris atau kolom untuk menegaskan batas wewenang kerja, terbagi atas *Pools Gateways* yang digunakan untuk representasi entitas perusahaan dan *Lanes* sub-divisi atau peran internal di dalam organisasi.

Pemanfaatan BPMN mempermudah identifikasi titik-titik rawan efisiensi alur bisnis saat ini secara eksplisit demi membangun model usulan perbaikan baru yang lebih efektif. Keunggulan utama BPMN terletak pada fungsinya sebagai jembatan komunikasi antara pihak manajerial dan level operasional. Sebagai standar notasi universal, BPMN memfasilitasi pemodelan aktivitas bisnis distribusi agar lebih terstruktur dan efektif meminimalkan ketidakjelasan saat mengeksekusi SOP di lapangan (Azaro et al., 2021).

2.2.5 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah sebuah metode penilaian risiko yang dilakukan sejak awal untuk mendeteksi berbagai kemungkinan kerusakan atau kegagalan pada suatu sistem sebelum dampaknya sampai ke konsumen. Dalam dunia industri, alat ini sangat penting karena berfokus pada langkah pencegahan, bukan sekadar memperbaiki masalah yang sudah telanjur terjadi. Melalui pendekatan ini, setiap potensi gangguan operasional akan dibedah sampai ke akar penyebabnya, sehingga perusahaan bisa mencegah kerugian materi atau penurunan kualitas layanan sejak dini (Yoga Kusuma et al., 2024).

Tujuan utama dari penerapan FMEA adalah mengubah penilaian risiko yang awalnya berupa tebakan atau perkiraan subjektif menjadi data angka yang terukur secara nyata. Penilaian ini membedah setiap potensi masalah melalui tiga aspek penting; seberapa parah dampak buruknya bagi konsumen, seberapa sering pemicu masalah itu muncul, dan seberapa kuat sistem pengawasan internal dalam mendeteksi keanehan tersebut. Gabungan ketiga indikator ini memberikan pandangan yang adil dan menyeluruh bagi manajemen mengenai bagian mana saja dari operasional perusahaan yang paling rentan. Setiap jenis kegagalan yang teridentifikasi dari peta proses akan dinilai secara kuantitatif berdasarkan tiga dimensi parameter penilaian utama menggunakan skala numerik seperti berikut ini (Hamdani et al., 2023):

- *Severity* (S): Mengukur tingkat keparahan atau fatalnya dampak negatif yang ditimbulkan terhadap sistem atau pelanggan apabila mode kegagalan tersebut muncul.
- *Occurrence* (O): Menilai seberapa sering tingkat frekuensi atau probabilitas kemunculan penyebab kegagalan tersebut dalam operasional nyata.

- *Detection* (D): Mengukur tingkat kemampuan atau keandalan sistem pengawasan yang ada saat ini untuk menangkap kegagalan sebelum efek buruknya menyebar ke konsumen. Skor prioritas dari masing-masing mode kegagalan dihitung secara matematis lewat perkalian ketiga parameter tersebut untuk menghasilkan indikator angka *Risk Priority Number* :

RPN = *Severity x Occurrence x Detection*

Urutan nilai RPN tertinggi menjadi acuan objektif bagi manajemen dalam menyusun hierarki urgensi perbaikan operasional secara berbasis data riil. Suatu risiko dikatakan kritis apabila nilai RPN-nya melebihi batas titik kritis yang ditentukan dari nilai RPN rata-rata dari seluruh risiko yang teridentifikasi (Juanda et al., 2025). :

$$\frac{Total\ RPN}{Jumlah\ Risiko}$$

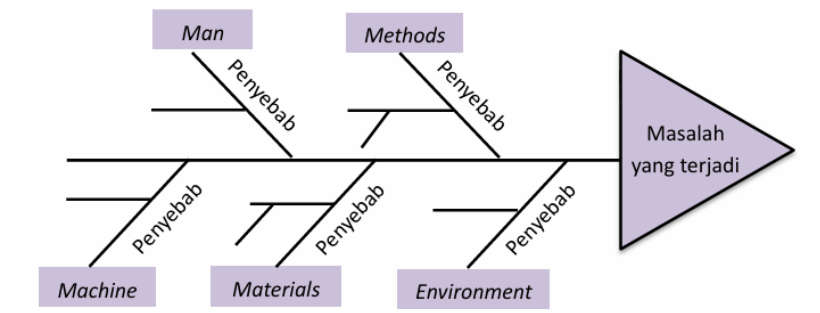
Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan hasil untuk menentukan batas minimal yang dapat menjadikan risiko sebagai prioritas untuk memitigasinya. Dalam skema evaluasi risiko, FMEA memfasilitasi suatu organisasi untuk menstrukturkan penilaian menggunakan pengukuran kuantitatif. Penggunaan metode identifikasi risiko dan kalkulasi skala RPN akan mendorong efektivitas mitigasi secara objektif, sehingga langkah perbaikan langsung terarah pada potensi kegagalan yang dinilai paling kritis (Simanullang et al., 2025).

2.2.6 *Fishbone* Diagram

Fishbone diagram atau yang sering diidentifikasi sebagai Diagram *Ishikawa* maupun Diagram Sebab-Akibat adalah alat bantu analisis kualitas visual yang difungsikan untuk menelusuri akar penyebab masalah operasional yang telah terdeteksi secara mendalam. Melalui kerangka bagan yang menyerupai susunan struktur tulang ikan, faktor pemicu kegagalan diklasifikasikan ke dalam kategori standar industri untuk mempermudah proses evaluasi. Pada analisis sistem distribusi dan operasional rantai dingin, penelusuran akar masalah dikelompokkan ke dalam beberapa aspek utama (Surya et al., 2025):

- *Man* (Manusia): Berkaitan dengan faktor perilaku kelalaian staf, ketidakdisiplinan pengemudi armada, ataupun kurangnya kompetensi profesional personil lapangan di titik pengantaran.
- *Machine* (Mesin/Peralatan): Berhubungan dengan penurunan keandalan teknis peralatan, ketidakstabilan kinerja mesin produksi, atau ketidakmemadaian sistem insulasi kendaraan pengiriman.

- *Method* (Metode): Berkaitan dengan ketiadaan standar target kapasitas yang terencana, lemahnya sistem pengawasan pada lini *Quality Control* (QC), serta ketiadaan SOP evaluasi risiko.
- *Material* (Bahan Baku): Berhubungan dengan sifat fisik produk (seperti es batu atau produk berbasis suhu rendah) yang sangat sensitif dan rentan mengalami pencairan akibat paparan suhu.
- *Measurement* (Pengukuran): Berkaitan dengan tidak adanya indikator pengawasan kapasitas produksi harian serta parameter verifikasi pesanan yang terintegrasi dan terukur.
- *Environment* (Lingkungan): Berhubungan dengan pengaruh kondisi eksternal seperti fluktuasi suhu lingkungan sekitar selama alur pengiriman distribusi berlangsung.



Gambar 2. 2 *Fishbone Diagram*

Sumber: (Susendi et al., 2021)

Diagram sebab-akibat ini memberikan gambaran komprehensif bagi peneliti untuk mengurai sumber masalah operasional yang bersifat berulang guna merumuskan rekomendasi perbaikan SOP yang konkret dan aplikatif bagi perusahaan (Yusri & Immawan, 2025). Dalam praktiknya, metode evaluasi berbasis *Fishbone* Diagram dapat sangat diandalkan ketika perusahaan perlu mengurai akar permasalahan terkait anomali pada proses distribusi dan operasional (Indah, 2020). Klasifikasi pemicu masalah dari berbagai dimensi (manusia, metode, mesin, dst.) ini memastikan bahwa solusi yang dirumuskan tidak sekadar meredam gejala sesaat, melainkan benar-benar memutus akar pemicu kegagalan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek Penelitian ini berupa risiko kegagalan dalam proses *delivery product* atau pengantaran produk hingga sampai ke tangan konsumen serta proses bisnis yang terjadi dalam proses *delivery product*. Pemilihan objek ini didasarkan dari adanya permasalahan yang sering terjadi di PT. Solo Tirta Mandiri, mengenai keluhan pelanggan dan kepuasan pelanggan yang kerap muncul. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan dari sisi proses bisnis dan mengetahui tingkat prioritas dalam menyelesaikan permasalahan yang ada dalam PT. Solo Tirta Mandiri dengan tujuan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dalam membeli produk berupa es kristal dan es serut.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini dilaksanakan di perusahaan es kristal yang besar yaitu, PT. Solo Tirta Mandiri. PT. Solo Tirta Mandiri merupakan perusahaan produsen es kristal dan es serut. PT. Solo Tirta Mandiri terletak di jalan Tentara Pelajar, Blambangan, Ngasem, Kec. Colomadu, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini terdapat metode yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian, metode pengumpulan data dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Studi Pustaka

   Studi Pustaka dilakukan untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan isu yang sedang dibahas. Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari dan mendalami literatur berupa jurnal, buku perpustakaan serta beberapa sumber bibliografi lainnya yang digunakan untuk memperoleh data sekunder yang berkaitan dengan permasalahan tersebut serta dapat digunakan sebagai referensi bahan dalam mengerjakan penelitian.

2. Observasi

   Observasi dilakukan untuk mendapatkan data secara langsung di PT. Solo Tirta Mandiri. Data yang didapatkan seperti data proses bisnis, data mesin, data kinerja mesin, dan data pengembalian produk.

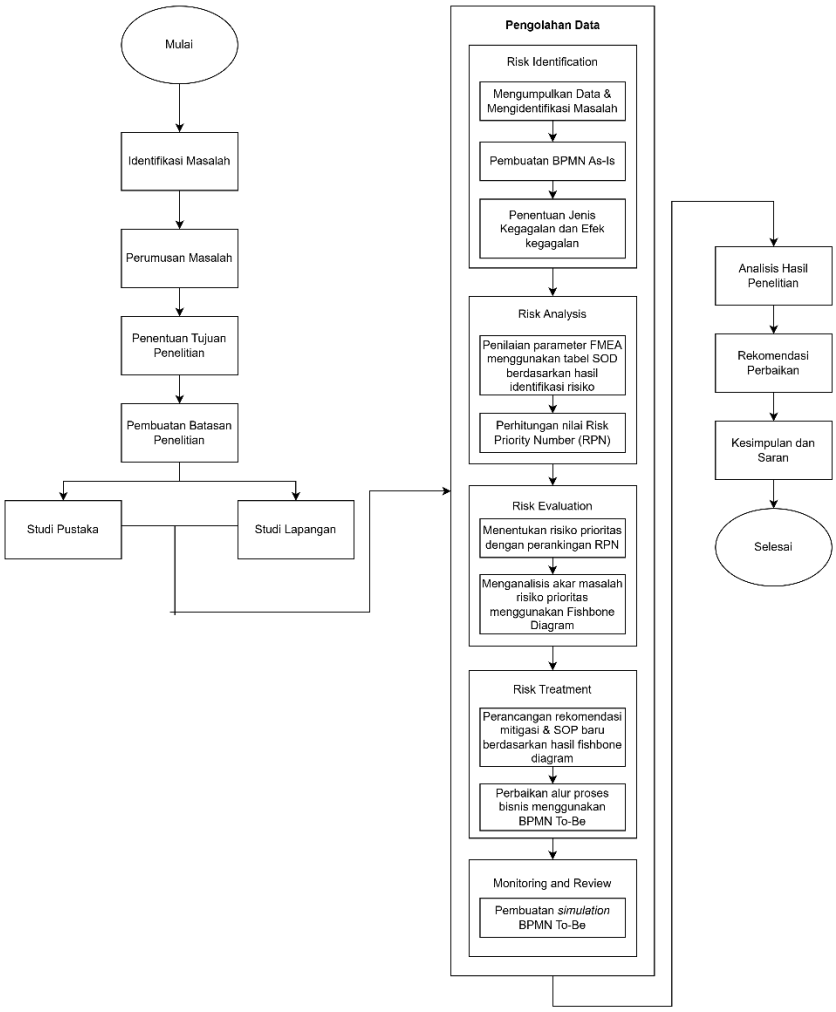
3. Wawancara

   Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data secara langsung dengan orang-orang yang berkaitan dengan data yang ingin didapatkan, seperti data permintaan, data penawaran, data

keluhan pelanggan. Data tersebut diperoleh dari wawancara langsung dengan direktur utama, manager produksi, dan manager sales.

3.4 Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur penelitian dari penelitian ini yang digunakan untuk memberikan penjelasan yang berkaitan dengan langkah-langkah yang dijalankan selama proses penelitian berlangsung:



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari diagram alur penelitian tersebut:

1. Mulai
2. Identifikasi Masalah

   Fase awal difokuskan pada pengenalan dan pemetaan masalah yang terjadi pada dalam sistem objek kajian. Proses ini melibatkan pengamatan serta pemahaman terhadap kendala

teknis maupun operasional, yang berguna untuk mengumpulkan informasi awal terkait hambatan yang ada.

3. Perumusan Masalah

   Setelah permasalahan utama diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menyusun rumusan masalah secara mendetail dalam bentuk pertanyaan penelitian yang nantinya akan dijawab melalui proses analisis data.

4. Penentuan Tujuan Penelitian

   Menetapkan target yang hendak dicapai melalui pengerjaan penelitian ini.

5. Pembuatan Batasan Penelitian

   Menentukan ruang lingkup dan batasan kajian agar analisis tetap terarah pada aspek-aspek yang relevan.

6. Studi Pustaka & Studi Lapangan

   - Studi Pustaka: mengumpulkan referensi ilmiah dari berbagai literatur seperti jurnal, buku, dan laporan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik bahasan.
   - Studi lapangan: melakukan observasi secara langsung pada lokasi penelitian yang mendukung identifikasi masalah.

7. Pengolahan Data

   Setelah mendapatkan data dan dikumpulkan, Langkah selanjutnya adalah pengolahan data yang menggunakan beberapa metode untuk mengolah. Berikut merupakan penjelasan dalam mengolah data dari penelitian ini:

   a. Risk Identification

   - Mengumpulkan seluruh data yang diperlukan dari lapangan, termasuk dengan data historis mengenai data permintaan, data penawaran, keluhan pelanggan, data pengembalian produk. Dalam mengumpulkan data penelitian ini diperlukan beberapa kategori yaitu:
   - Data operasional: Data waktu bekerja mesin, data produksi mesin
   - Data penjualan: Data permintaan dan penawaran.
   - Data keluhan: Data keluhan pelanggan dan karyawan

     Serta mengidentifikasi permasalahan yang ada dalam PT. Solo Tirta Mandiri untuk mendukung pembuatan BPMN, FMEA, dan *Fishbone Diagram.*
   - Pembuatan BPMN *As-Is* memetakan proses bisnis *delivery* yang berjalan saat ini secara visual.

- Menentukan jenis kegagalan dan efek kegagalan berdasarkan *task*/aktivitas yang ada didalam BPMN *As-Is*

b. Risk Analysis

- Pengisian kuisioner parameter FMEA yang berisikan penilaian *Severity, Occurrence,* dan *Detection* berdasarkan hasil rata-rata skor dari tiga narasumber.
- Perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) RPN = S × O × D, dihitung untuk setiap jenis kegagalan

c. *Risk Evaluation*

- Pemeringkatan jenis kegagalan berdasarkan RPN dari yang tertinggi ke terendah untuk mengetahui urutan risiko yang menjadi prioritas hingga tidak menjadi prioritas
- Pemeringkatan jenis kegagalan berdasarkan perhitungan batas titik RPN untuk menentukan ada berapa jenis kegagalan yang perlu untuk segera ditangani
- Menganalisis akar masalah secara mendalam dari masing-masing jenis kegagalan menggunakan *Fishbone* Diagram yang ditelusuri akar penyebabnya berdasarkan kategori *Man, Machine, Method, Material, Measurement, Environment.*

d. *Risk Treatment*

- Merumuskan alternatif solusi yang didapatkan berdasarkan hasil penentuan akar penyebab masalah tiap jenis kegagalan yang menjadi prioritas.
- Menentukan solusi yang terbaik berdasarkan hasil rumusan solusi dan berdiskusi dengan tiga narasumber dari PT. Solo Tirta Mandiri.
- Perbaikan alur proses bisnis menggunakan BPMN *To-Be.* rekomendasi tersebut divisualisasikan sebagai peta proses baru yang sudah diperbaiki

e. *Monitoring and Review*

- Pembuatan simulasi BPMN *To-Be* karena implementasi nyata tidak memungkinkan dalam waktu penelitian, *monitoring* diwakili dengan simulasi proses baru untuk melihat apakah perbaikan yang diusulkan berjalan efektif.

8. Analisis Hasil Penelitian

   Menganalisis hasil dari mengolah data serta mengidentifikasi akar permasalahan dan risiko kegagalan yang terjadi setelah menggunakan metode yang dipilih.

9. Rekomendasi Perbaikan

Memberikan rekomendasi usulan perbaikan untuk mengurangi risiko kegagalan dalam menjalankan *delivery product* dan perbaikan proses bisnis yang terjadi dalam PT. Solo Tirta Mandiri untuk mendukung keberlanjutan dari proses *delivery product.*

10. Kesimpulan & Saran

    Memberikan kesimpulan dari hasil penelitian dan memberikan saran yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja khususnya dalam proses *delivery product.*

11. Selesai

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

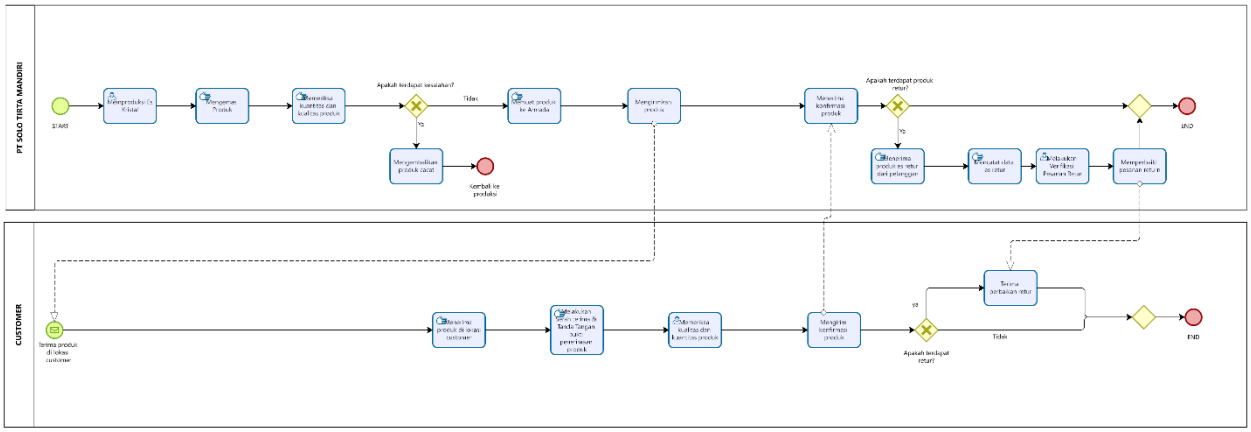
4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Solo Tirta Mandiri merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi dan distribusi es batu, dengan dua jenis produk utama yaitu es kristal dan es serut. Proses bisnis *delivery product* perusahaan melibatkan beberapa bagian yang saling terkait, yaitu bagian *Quality Control*, Quantity Control, bagian pengemasan/gudang, *driver*/armada pengiriman, dan pelanggan sebagai penerima akhir produk. Penelitian ini secara khusus difokuskan pada ruang lingkup proses *delivery product* mulai dari tahap *Quality Control* hingga produk diterima oleh pelanggan, mengikuti delapan aktivitas utama yang telah diidentifikasi melalui observasi dan wawancara di lapangan.

4.1.2 Data realita Proses Bisnis *Delivery Product*

Berikut merupakan proses bisnis realita *delivery product* dari perusahaan PT. Solo Tirta Mandiri.

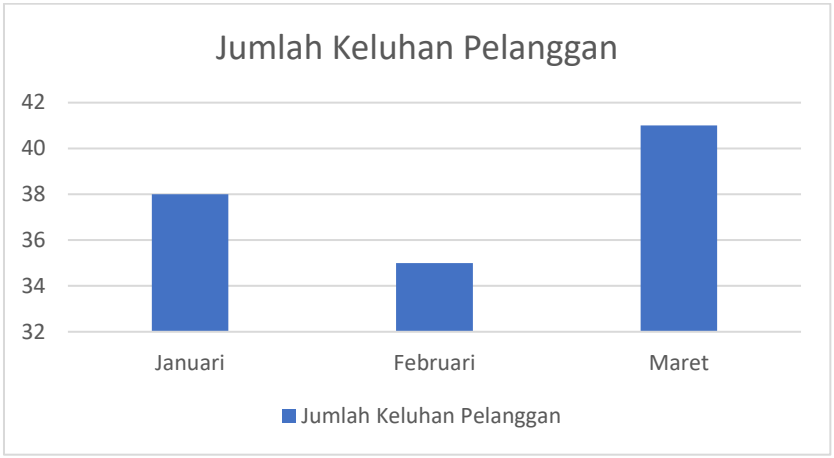


Gambar 4. 1 Proses Bisnis *Delivery Product*

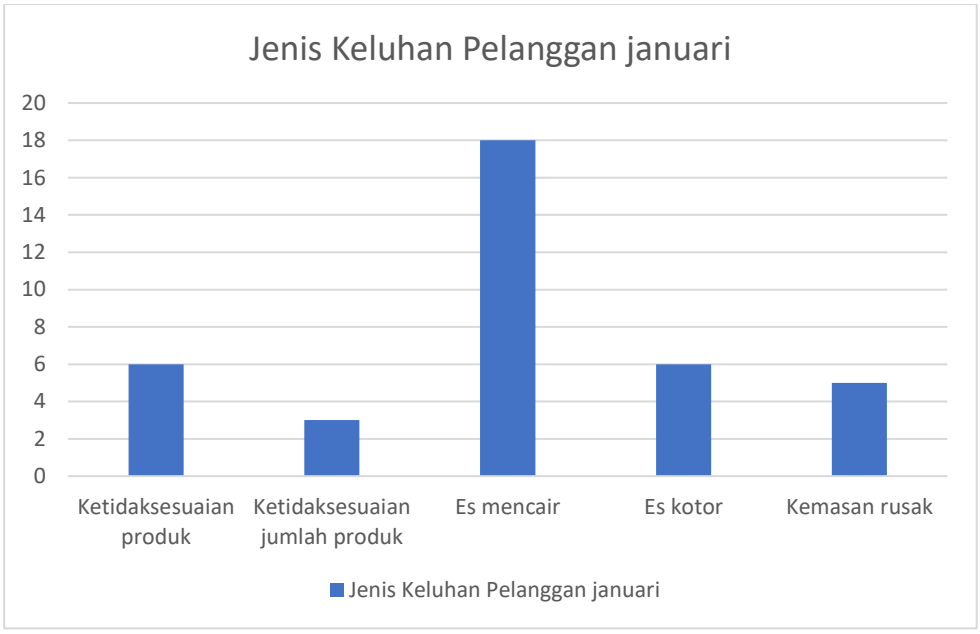
4.1.3 Data Keluhan Pelanggan

Data keluhan pelanggan dikumpulkan untuk mengidentifikasi jenis permasalahan yang paling sering *dilaporkan*, sebagai dasar penilaian *Occurrence* pada tahap FMEA

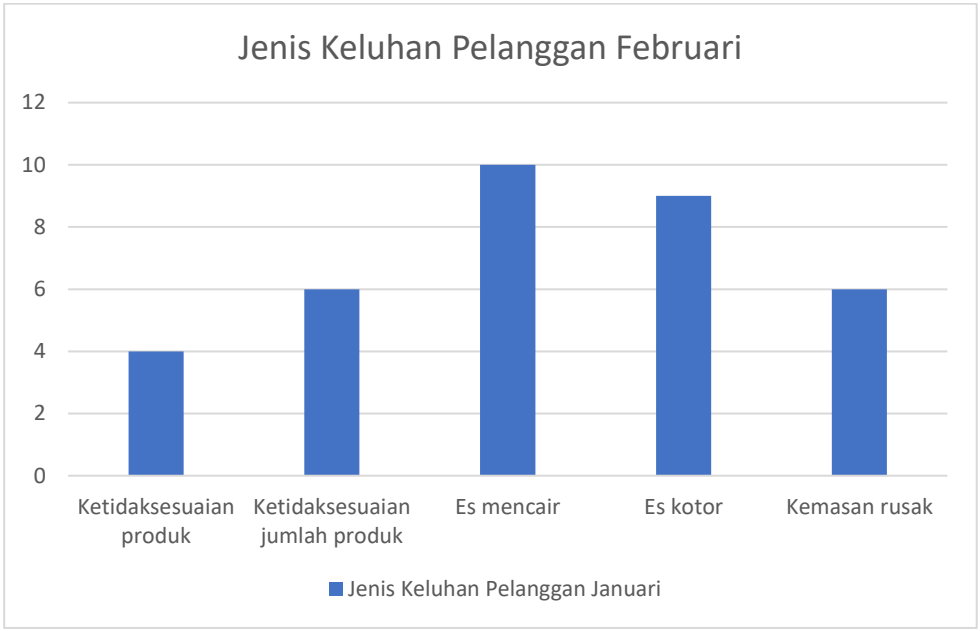
Tabel 4. 1 Tabel jumlah keluhan pelanggan



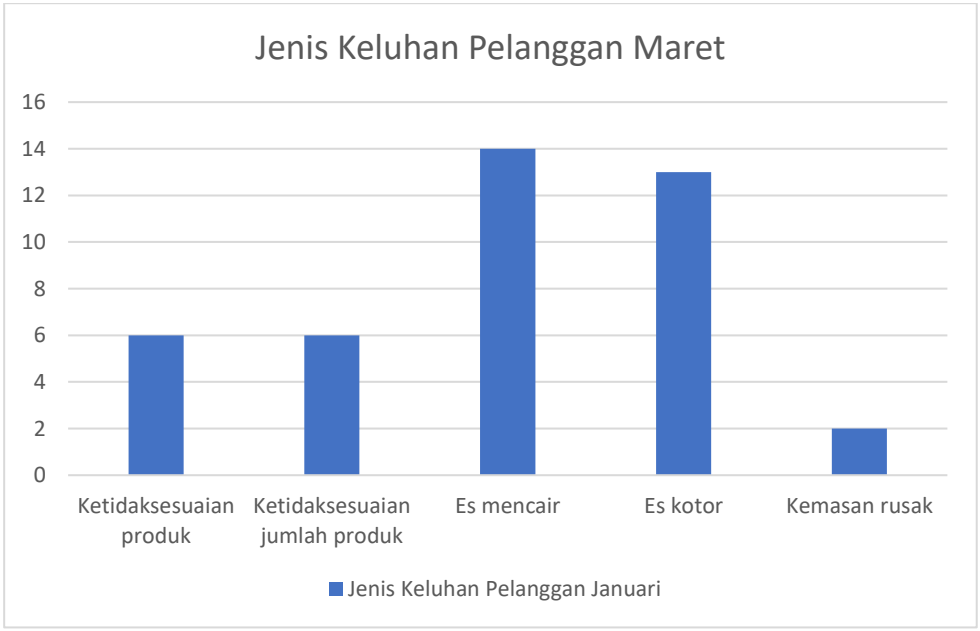
Tabel 4. 2 Tabel jenis keluhan pelanggan bulan Januari



Tabel 4. 3 Tabel jenis keluhan pelanggan bulan Februari

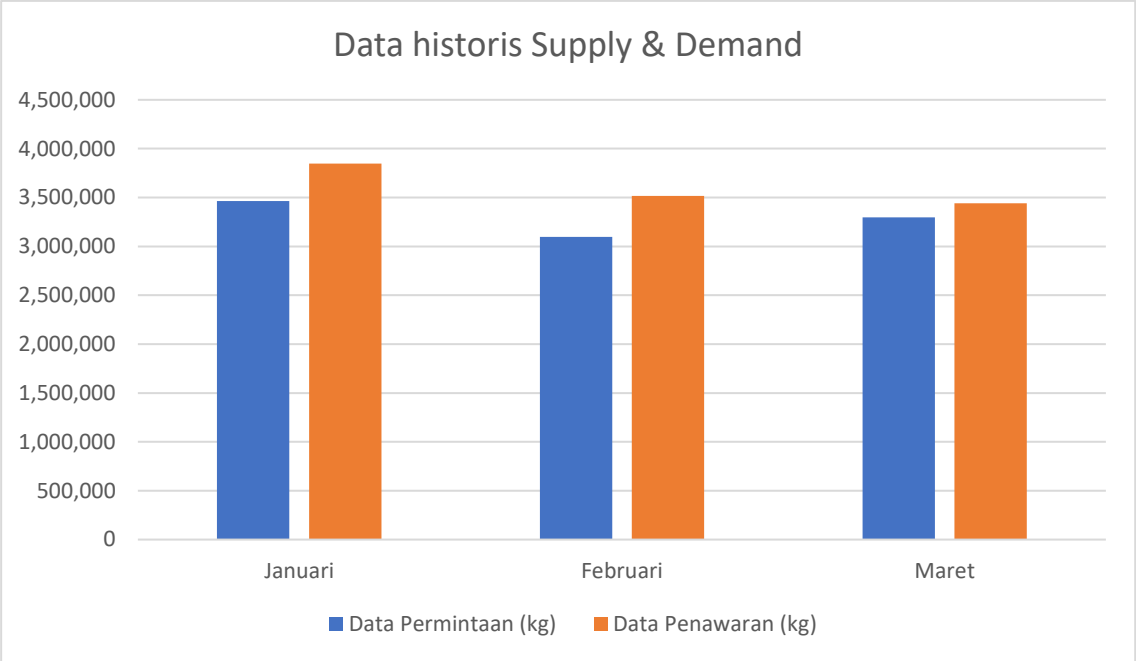


Tabel 4. 4 Tabel jenis keluhan pelanggan bulan Maret



4.1.4 Data Permintaan dan Penawaran dari produk Es

Berdasarkan data historis perusahaan terkait dengan *supply demand*, berikut merupakan data permintaan dan data penawaran dari produk Es yang ada di PT. Solo Tirta Mandiri:



4.1.5 Data Pertanyaan Wawancara

Berdasarkan data historis perusahaan terkait dengan supply demand, berikut merupakan data permintaan dan data penawaran dari produk Es yang ada di PT. Solo Tirta Mandiri:

Tabel 4. 5 Tabel pertanyaan terkait task yang berkaitan

No	Aspek	Pertanyaan
1	*Quality Control*	Bagaimana prosedur pemeriksaan kualitas produk dilakukan, dan apa kendala yang sering ditemui?
2	*Quantity Control*	Bagaimana proses pencocokan jumlah dan jenis produk terhadap pesanan dilakukan?
3	Pengemasan	Bagaimana proses pengemasan produk dilakukan, dan apakah ada target waktu pengemasan per batch?
4	Pemuatan	Bagaimana cara memastikan produk dimuat ke armada yang benar sesuai rute/alamat tujuan?
5	Pengiriman	Bagaimana kondisi armada saat ini (insulasi, pendingin), dan bagaimana SOP pengondisian armada sebelum berangkat?
6	Driver	Apakah driver pernah mendapat pelatihan layanan pelanggan? Bagaimana SOP interaksi dengan pelanggan saat mengantar?
7	Serah terima	Bagaimana prosedur pengisian bukti pengiriman (POD) saat ini?

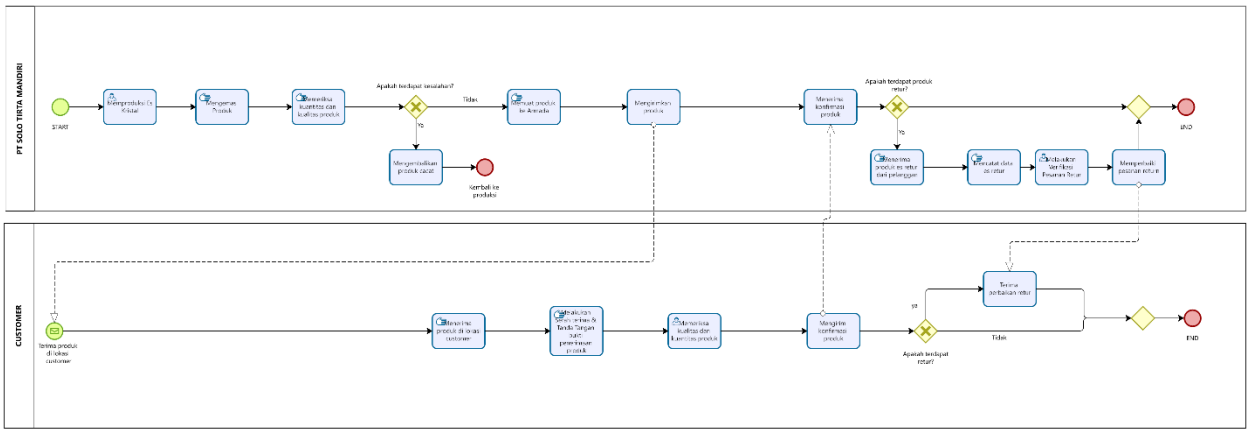
8	Pelaporan	Bagaimana alur penanganan komplain/return oleh staf admin, dan berapa rata-rata waktu responnya?

4.2 Pengolahan Data

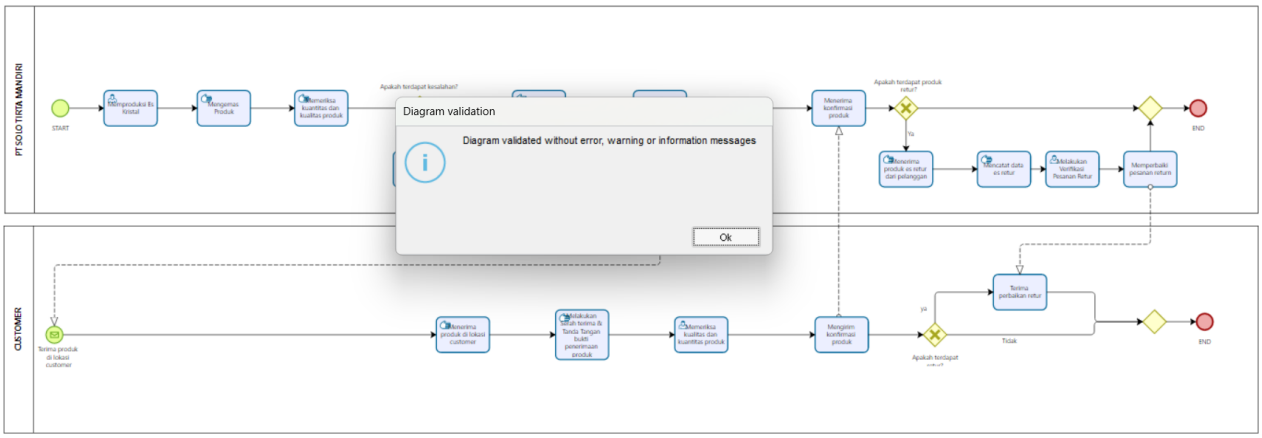
4.2.1 Risk *Identification*

4.2.1.1 Pemetaan BPMN As-Is PT. Solo Tirta Mandiri

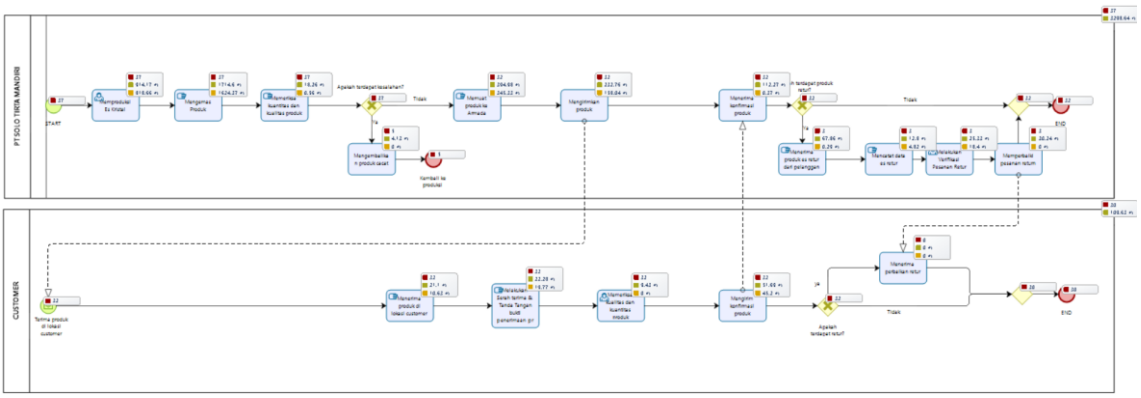
Setelah mengumpulkan data untuk mendukung dalam mengerjakan penelitian ini. Diperlukan adanya pengerjaan BPMN *As-Is* sebagai bentuk proses bisnis realita dari perusahaan sebelum diberikan rekomendasi atau solusi



Gambar 4. 2 BPMN *As-Is* PT Solo Tirta Mandiri



Gambar 4. 3 Hasil *Validate* BPMN *As-Is*



Gambar 4. 4 Hasil simulasi BPMN *As-Is*

4.2.1.2 Identifikasi Jenis Kegagalan dan Efek Kegagalan

Berikut merupakan hasil identifikasi mengenai jenis kegagalan dan efek kegagalan dari masing-masing aktivitas yang ada didalam bpmn *As-Is*.

Tabel 4. 6 Tabel Identifikasi Jenis Kegagalan dan Efek Kegagalan

No	Task / Aktivitas BPMN	*Pool / Lane*	Jenis/Moda Kegagalan	Efek Kegagalan
1	Memproduksi Es Kristal	PT Solo Tirta Mandiri / Produksi	Produksi es tidak berjalan optimal	Mesin es macet, es tidak terpotong seragam, atau hasil < 100 ton.
2	Mengemas Produk	PT STM / Gudang	Kemasan produk mengalami kerusakan	Plastik bocor pada ‘sambungan, atau karung robek saat ditumpuk.
3	Memeriksa kuantitas dan kualitas produk	PT STM / QC	Produk cacat lolos pemeriksaan	Es yang keruh, berbau, atau menggumpal lolos pemeriksaan, beda jumlah karung es
4	Mengembalikan produk cacat	PT STM / Produksi	Produk cacat terlambat dikembalikan	Kerugian produk meningkat

5	Memuat produk ke Armada	PT STM / Gudang	Produk salah dimuat	Karung es naik ke truk rute yang salah (misal: Rute Utara ke Selatan).
6	Mengirimkan Produk	PT STM / Logistik	Produk mengalami pencairan selama pengiriman	Es mencair banyak di jalan (berat berkurang > 10% per karung).
7	Menerima konfirmasi produk	PT STM / Admin	Konfirmasi produk terlambat diterima	Kesalahan mendapat konfirmasi data produk
8	Menerima produk es retur dari pelanggan	PT STM / Admin CS	Produk retur tiba dalam kondisi tidak layak	Produk tidak dapat dimanfaatkan kembali
9	Mencatat data es retur	PT STM / Admin CS	Data retur terlambat dicatat	Informasi retur terlambat tersedia
10	Melakukan verifikasi pesanan retur	PT STM / Admin CS	Verifikasi retur tidak sesuai	Beda hitungan ganti rugi atau pemotongan nota dengan pelanggan.
11	Memperbaiki pesanan retur	PT STM / Produksi	Pesanan pengganti tidak sesuai	Pelanggan retur produk kembali, kedua belah pihak mengalami kerugian
12	Menerima produk di lokasi customer	*Customer* / Sopir	Pelayanan driver kurang baik	Sopir tidak ramah, acuh, atau menolak

				membantu menata karung es.
13	Melakukan serah terima & TTD bukti penerimaan produk	*Customer* / Sopir	Bukti penerimaan tidak lengkap	Kertas bukti terima basah/rusak, atau sopir lupa minta tanda tangan.
14	Memeriksa kualitas dan kuantitas produk	*Customer* / *Customer*	Pelanggan menemukan produk tidak sesuai	Pelanggan mendapati es mencair, berat berkurang, atau keruh.
15	Mengirim konfirmasi produk	*Customer* / *customer*	Konfirmasi penerimaan terlambat	Pelanggan tidak bisa mendapatkan retur atau konfirmasi terakhir dari perusahaan
16	Menerima perbaikan produk	*Customer* / *customer*	Produk masih tidak sesuai	Pelanggan mendapati es mencair atau kemasan rusak

4.2.2 Risk Analysis

4.2.2.1 Penilaian SOD

Dalam penilaian *Severity* (Dampak keparahan), *Occurrence* (Frekuensi terjadi), Detection (Deteksi) memerlukan tabel penilaian. Dalam tabel penelitian ini, diisi oleh 3 narasumber yang berkaitan dengan permasalahan dari penelitian ini, diantaranya adalah

a. Direktur Utama : Berfokus dalam membuat kebijakan didalam perusahaan.
b. Manajer Sales & Administrasi : berfokus dalam penjualan dan distribusi produk hingga ke *customer*.
c. Manajer Produksi : berfokus dalam pembuatan produk serta *Quality & Quantity Control*

Berdasarkan hasil tersebut, berikut merupakan tabel hasil penilaian dari SOD dari penelitian ini:

Tabel 4. 7 Tabel Penilaian SOD

No	Task/ activity	Jenis Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D	RPN (SxOxD)
1	Memproduksi Es Kristal	Pelaksanaan proses produksi tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter produksi yang ditetapkan.	Mesin es macet, es tidak terpotong seragam, atau hasil kurang dari target	6	5	6	180
2	Mengemas Produk	Proses pengemasan tidak menghasilkan kemasan yang tertutup dan terlindungi dengan baik.	Plastik bocor pada saat pengemasan, atau karung robek saat ditumpuk.	6	4	5	120
3	Memeriksa kuantitas dan kualitas produk	Pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas produk tidak dilakukan secara menyeluruh sebelum produk dikirim.	Es yang keruh, berbau, atau menggumpal lolos pemeriksaan, beda jumlah karung es	8	6	6	288

4	Mengembalikan produk cacat	Proses pengembalian produk yang dinyatakan cacat tidak dilaksanakan sesuai waktu yang diperlukan.	Kerugian produk meningkat	6	4	5	120
5	Memuat produk ke Armada	Penempatan produk dengan armada tujuan tidak dilakukan secara tepat sebelum keberangkatan.	Karung es naik ke truk rute yang salah (misal: Rute Utara ke Selatan).	6	4	5	120
6	Mengirimkan Produk	Pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman tidak dilakukan sesuai ketentuan yang seharusnya.	Es mencair banyak di jalan seperti berat dapat berkurang > 10% per karung.	8	6	7	336
7	Menerima konfirmasi produk	Penerimaan dan pencatatan konfirmasi dari pelanggan tidak dilakukan	Perusahaan mengalami keterlambatan dalam memperoleh kepastian	5	4	5	100

		sesuai waktu yang dibutuhkan perusahaan.	status penerimaan produk.				
8	Menerima produk es retur dari pelanggan	Produk retur tiba dalam kondisi tidak layak seperti es mencair, es keruh, kemasan rusak	Produk tidak dapat dimanfaatkan kembali	4	5	6	120
9	Mencatat data es retur	Pencatatan informasi produk retur tidak dilakukan segera dan secara lengkap setelah proses retur diterima.	Informasi retur terlambat tersedia	***5***	4	5	100
10	Melakukan verifikasi pesanan retur	Pencocokan jumlah dan kondisi produk retur dengan data pengembalian tidak dilakukan secara tepat.	Beda hitungan ganti rugi atau pemotongan nota dengan pelanggan.	4	5	6	120
11	Memperbaiki pesanan retur	Pemenuhan pesanan pengganti	Pelanggan retur produk kembali,	4	5	6	120

		tidak dilakukan sesuai hasil verifikasi produk yang diretur.	kedua belah pihak mengalami kerugian				
12	Menerima produk di lokasi customer	Pelaksanaan serah terima produk oleh *driver* tidak dilakukan sesuai standar pelayanan yang ditentukan perusahaan.	Sopir tidak ramah, acuh, atau menolak membantu menata karung es.	5	6	6	180
13	Melakukan serah terima & TTD bukti penerimaan produk	Bukti penerimaan tidak lengkap	Kertas bukti terima basah/rusak, atau sopir lupa minta tanda tangan.	5	4	5	100
14	Memeriksa kualitas dan kuantitas produk	Pelanggan menemukan produk tidak sesuai harapannya	Pelanggan mendapati es mencair, berat berkurang, atau keruh.	7	5	6	210
15	Mengirim konfirmasi produk	Konfirmasi penerimaan terlambat	Pelanggan tidak bisa mendapatkan retur atau konfirmasi	5	4	5	100

			terakhir dari perusahaan				
16	Menerima perbaikan retur	Produk masih tidak sesuai yang diinginkan	Pelanggan mendapati es mencair atau kemasan rusak	5	3	4	60
			TOTAL RPN				2.374

Berdasarkan tabel hasil penilaian Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D) terhadap 16 jenis kegagalan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Penilaian dilakukan oleh tiga narasumber yang mewakili fungsi manajerial berbeda, yaitu Direktur Utama, Manajer Sales & Administrasi, dan Manajer Produksi, agar hasil penilaian mencerminkan sudut pandang yang kompeten dari sisi kebijakan, distribusi, maupun operasional produksi. Hasil skor diatas merupakan hasil dari perhitungan rata-rata dari masing-masing tiga narasumber tersebut. Berdasarkan hasil perkalian S × O × D, diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing jenis kegagalan, dengan total RPN keseluruhan sebesar 2.374. Nilai RPN tertinggi diperoleh pada aktivitas Mengirimkan Produk (RPN 336), diikuti oleh Memeriksa Kuantitas dan Kualitas Produk (RPN 288), yang mengindikasikan bahwa kedua aktivitas tersebut merupakan titik kritis dalam proses *delivery* yang paling berkontribusi terhadap risiko keluhan pelanggan.

4.2.3 Risk Evaluation

4.2.3.1 Pemeringkatan hasil RPN

Setelah melakukan pengisian tabel SOD, diperlukan untuk adanya pemeringkatan prioritas risiko berdasarkan hasil *Risk Priority Number*

No	***Task/ Activity***	***S***	***O***	**D**	**RPN (SxOxD)**
1	Mengirimkan Produk	8	6	7	336
2	Memeriksa kuantitas dan kualitas produk	8	6	6	288
3	Memeriksa kualitas dan kuantitas produk	7	5	6	210
4	Memproduksi Es Kristal	6	5	6	180
5	Menerima produk di lokasi customer	5	6	6	180

6	Mengemas Produk	6	4	5	120
7	Mengembalikan produk cacat	6	4	5	120
8	Memuat produk ke Armada	6	4	5	120
9	Menerima produk es retur dari pelanggan	4	5	6	120
10	Melakukan verifikasi pesanan retur	4	5	6	120
11	Memperbaiki pesanan retur	4	5	6	120
12	Mengirim konfirmasi produk	5	5	4	100
13	Melakukan serah terima & TTD bukti penerimaan produk	5	4	5	100
14	Mencatat data es retur	5	4	5	100
15	Menerima konfirmasi produk	5	4	5	100
16	Menerima perbaikan retur	5	3	4	60

Setelah nilai RPN diperoleh, dilakukan pemeringkatan seluruh 16 jenis kegagalan dari nilai tertinggi ke terendah untuk menentukan prioritas penanganan risiko. Hasil pemeringkatan menunjukkan bahwa lima jenis kegagalan teratas didominasi oleh aktivitas yang berkaitan dengan pengendalian kualitas produk dan proses pengiriman, yaitu Mengirimkan Produk (336), Memeriksa Kuantitas dan Kualitas Produk (288), Memeriksa Kualitas dan Kuantitas Produk oleh pelanggan (210), Memproduksi Es Kristal (180), dan Menerima Produk di Lokasi Customer (180).

4.2.3.2 Pemeringkatan risiko prioritas

$$\text{Batas Titik RPN} = \frac{Total\ RPN}{Jumlah\ Risiko} = \frac{2.374}{16}$$

Batas Titik RPN = 148,37

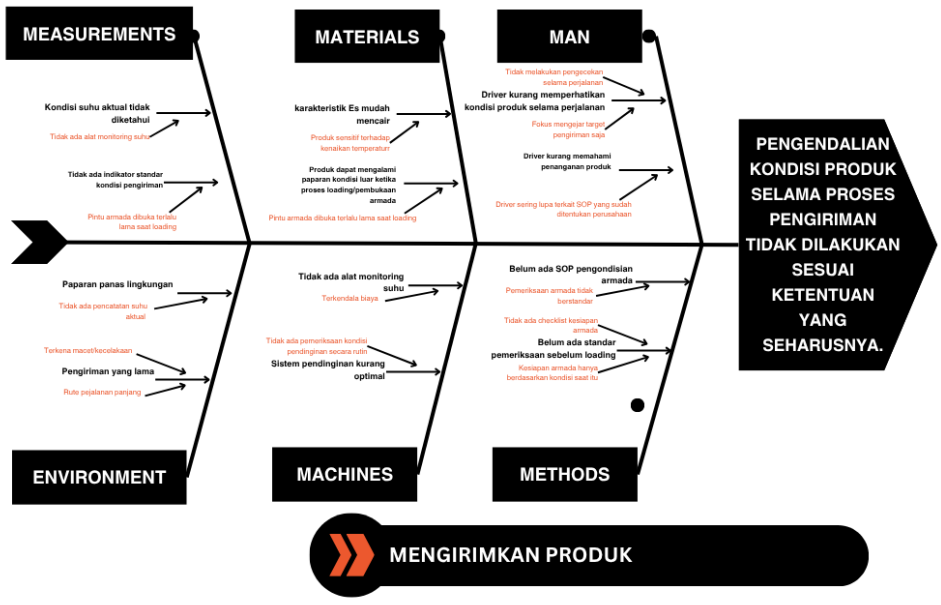
Berdasarkan hasil perhitungan batas titik RPN tersebut maka dapat disimpulkan bahwa diperoleh RPN yang menjadi prioritas dalam melakukan mitigasi risiko seperti berikut ini:

No	**Task/ activity**	**Jenis Kegagalan**	**Efek Kegagalan**	**S**	**O**	**D**	**RPN (SxOxD)**
1	Mengirimkan Produk	Pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman	Es mencair banyak di jalan (berat berkurang	8	6	7	336

		tidak dilakukan sesuai ketentuan yang seharusnya.	> 10% per karung).				
2	Memeriksa kuantitas dan kualitas produk	Pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas produk tidak dilakukan secara menyeluruh sebelum produk dikirim.	Es yang keruh, berbau, atau menggumpal lolos pemeriksaan, beda jumlah karung es	8	6	6	288
3	Memeriksa kualitas dan kuantitas produk	Pelanggan menemukan produk tidak sesuai harapannya	Pelanggan mendapati es mencair, berat berkurang, atau keruh.	7	5	6	210
4	Memproduksi Es Kristal	Pelaksanaan proses produksi tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter produksi yang ditetapkan.	Mesin es macet, es tidak terpotong seragam, atau hasil < 100 ton.	6	5	6	180
5	Menerima produk di lokasi customer	Pelaksanaan serah terima produk oleh *driver* tidak dilakukan	Sopir tidak ramah, acuh, atau menolak membantu	5	6	6	180

	sesuai standar pelayanan yang ditentukan perusahaan.	menata karung es.

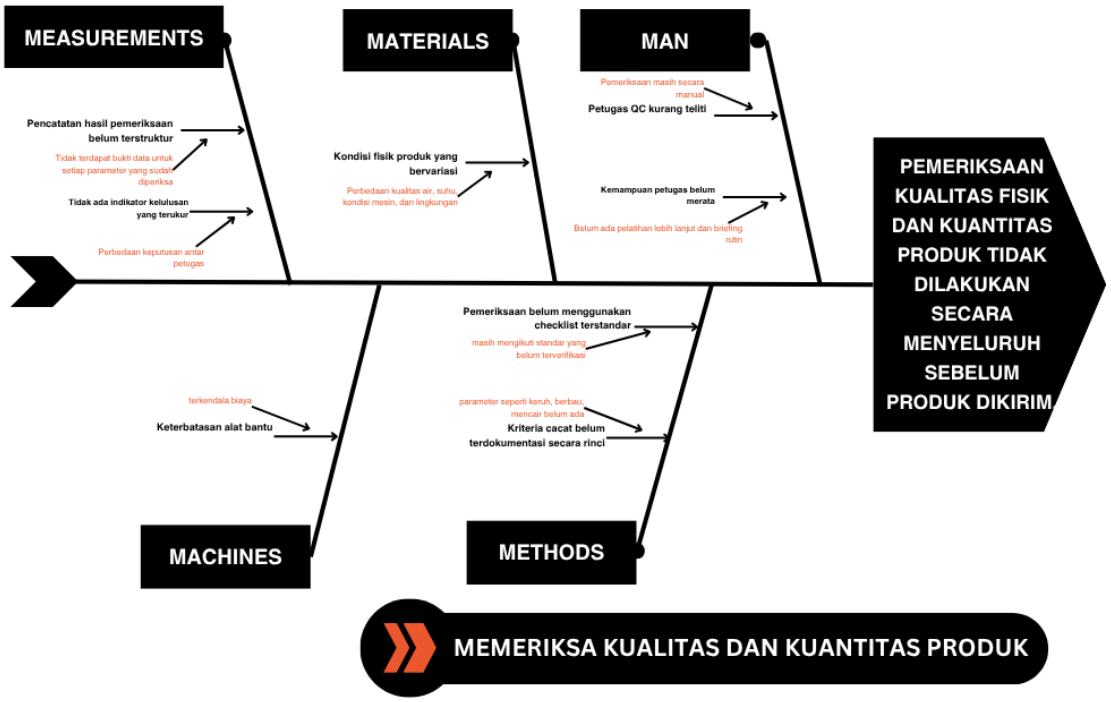
Batas titik RPN ditentukan dengan membagi total RPN keseluruhan (2.374) dengan jumlah jenis kegagalan yang teridentifikasi (16), sehingga diperoleh nilai batas sebesar 148,37. Jenis kegagalan dengan nilai RPN di atas batas tersebut ditetapkan sebagai risiko prioritas yang harus segera ditangani. Berdasarkan kriteria ini, diperoleh lima risiko prioritas, yaitu risiko pada aktivitas Mengirimkan Produk, Memeriksa Kuantitas dan Kualitas Produk, Memeriksa Kualitas dan Kuantitas Produk (sisi pelanggan), Memproduksi Es Kristal, dan Menerima Produk di Lokasi *Customer*. Kelima risiko inilah yang selanjutnya dianalisis akar penyebabnya menggunakan *fishbone diagram*. Berikut merupakan *fishbone* diagram dari PT. Solo Tirta Mandiri:



Gambar 4. 5 *Fishbone* pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman tidak dilakukan sesuai ketentuan yang seharusnya

Fishbone diatas menampilkan analisis akar penyebab risiko produk mengalami pencairan selama pengiriman menggunakan *fishbone diagram* dengan enam kategori: *man*, *machine*,

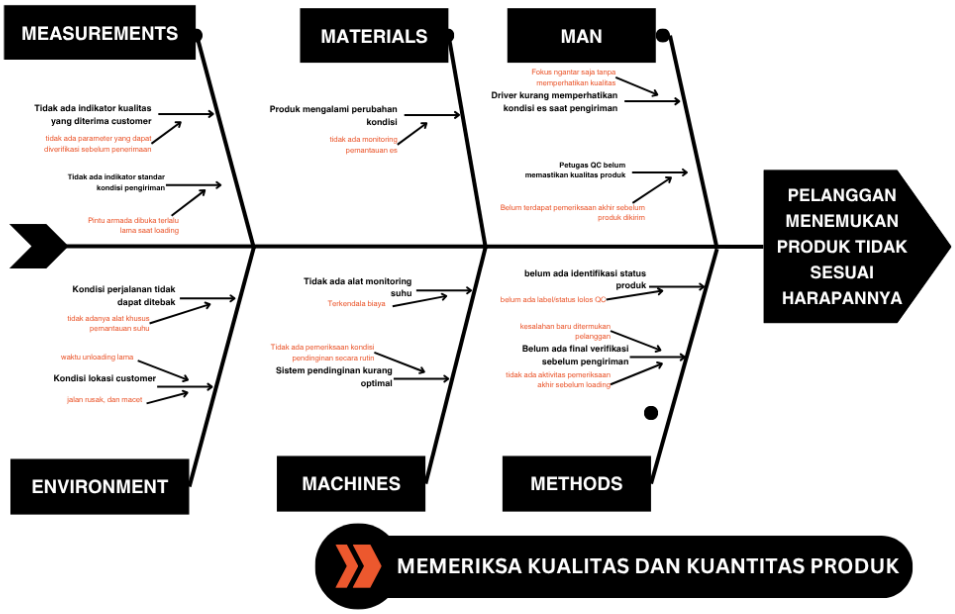
method, *material*, *measurement*, dan *environment*. Dari sisi *man*, ditemukan bahwa driver kurang memperhatikan kondisi produk selama perjalanan dan cenderung berfokus pada kecepatan mengantar. Dari sisi *method*, belum tersedia SOP pengondisian armada maupun standar pemeriksaan sebelum *loading*. Dari sisi *machine*, sistem pendinginan armada dinilai kurang optimal karena tidak ada pemeriksaan kondisi pendingin secara rutin. Dari sisi *material*, karakteristik es yang mudah mencair diperparah oleh tidak adanya alat monitoring suhu. Temuan-temuan ini menjadi dasar perumusan solusi berupa SOP pengecekan kesiapan armada dan sistem monitoring suhu



Gambar 4. 6 *Fishbone* pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas produk tidak dilakukan secara menyeluh sebelum produk dikirim

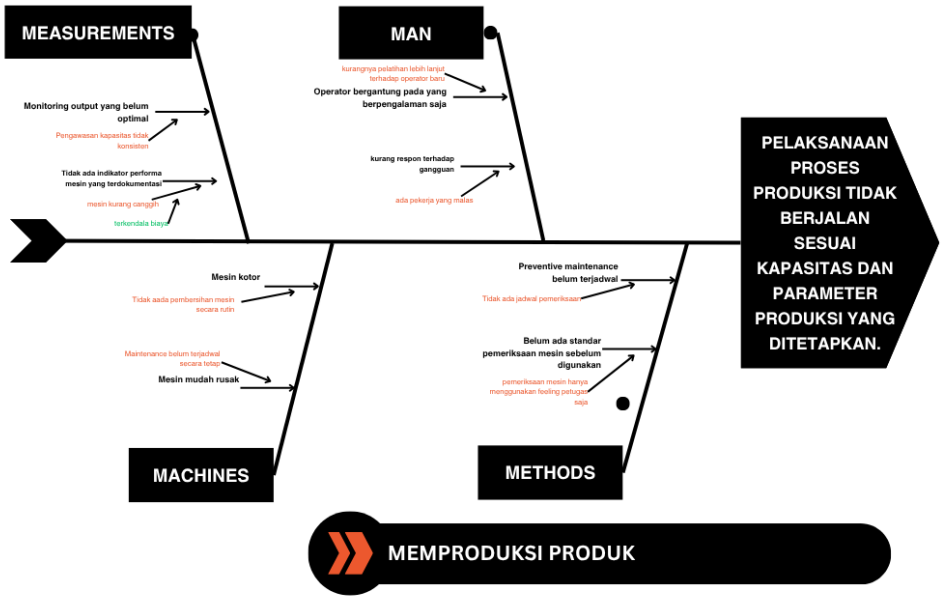
Fishbone yang kedua yaitu menganalisis akar penyebab risiko pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas produk yang tidak dilakukan secara menyeluruh sebelum produk dikirim. Dari sisi *man*, petugas QC dinilai kurang teliti dan pemeriksaan masih dilakukan secara manual. Dari sisi *method*, pemeriksaan belum menggunakan *checklist* terstandar dan kriteria produk cacat belum terdokumentasi secara rinci. Dari sisi *measurement*, pencatatan hasil pemeriksaan belum terstruktur sehingga tidak terdapat bukti data untuk setiap parameter yang telah diperiksa.

Temuan ini mengarah pada solusi berupa pembuatan lembar pencatatan hasil QC yang mencantumkan parameter, hasil pemeriksaan, dan status lolos/tidak.



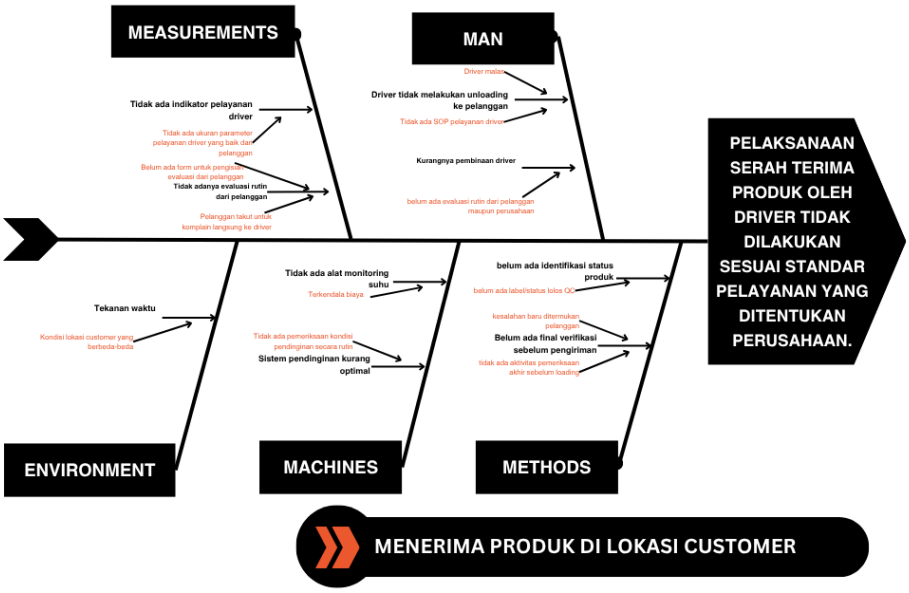
Gambar 4. 7 *fishbone* pelanggan menemukan produk tidak sesuai harapannya

Fishbone yang ketiga yaitu menganalisis akar penyebab risiko pelanggan menemukan produk tidak sesuai harapan. Dari sisi *method*, belum terdapat identifikasi status produk maupun verifikasi akhir sebelum produk dikirim ke pelanggan. Dari sisi *man*, driver dinilai kurang memperhatikan kondisi es saat pengiriman dan berfokus hanya pada kecepatan antar. Dari sisi *material*, produk dapat mengalami perubahan kondisi akibat tidak adanya monitoring pemantauan es selama perjalanan. Temuan ini menjadi dasar usulan pemberian *checklist* status QC serta label/stiker penanda lolos QC sebelum produk dimuat ke truk.



Gambar 4. 8 *Fishbone* pelaksanaan proses produksi tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter produksi yang ditetapkan

Fishbone yang keempat yaitu menganalisis akar penyebab risiko proses produksi yang tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter yang ditetapkan. Dari sisi *machine*, ditemukan bahwa mesin produksi sering kotor dan mudah rusak akibat *maintenance* yang belum terjadwal secara tetap. Dari sisi *method*, *preventive maintenance* belum memiliki jadwal baku dan pemeriksaan mesin sebelum digunakan masih mengandalkan penilaian subjektif operator. Dari sisi *man*, operator baru masih bergantung pada operator yang lebih berpengalaman akibat minimnya pelatihan. Temuan ini menjadi dasar usulan pembuatan jadwal *maintenance* mesin secara tetap sebagaimana tercantum pada Tabel 4.4.



Gambar 4. 9 *Fishbone* pelaksanaan serah terima produk oleh driver tidak dilakukan sesuai standar pelayanan yang ditentukan perusahaan

Fishbone yang kelima yaitu menganalisis akar penyebab risiko pelayanan driver yang belum sesuai standar perusahaan saat serah terima produk kepada pelanggan. Dari sisi *man*, ditemukan bahwa sebagian driver tidak melakukan proses *unloading* untuk membantu pelanggan dan belum mendapat pembinaan secara rutin. Dari sisi *method*, belum tersedia SOP pelayanan driver yang baku, serta belum ada mekanisme evaluasi rutin dari pelanggan terhadap kinerja driver. Temuan ini menjadi dasar usulan pemberian *briefing* rutin sebelum keberangkatan dan penambahan evaluasi sederhana dari pelanggan terhadap driver.

4.2.4 Risk Treatment

4.2.4.1 Merumuskan alternatif solusi

Pada Risk treatment digunakan untuk merumuskan solusi yang telah didapatkan dari hasil *fishbone* sebelumnya. Berikut merupakan *risk treatment* dari penelitian ini:

Tabel 4. 8 Rumusan solusi

No	Jenis Kegagalan	Faktor Penyebab	Alternatif Solusi

1	Pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman tidak dilakukan sesuai ketentuan yang seharusnya.	Tidak ada *checklist* kesiapan armada	Membuat SOP berupa mewajibkan untuk mengecek kesiapan armada untuk persiapan armada sebelum keberangkatan mengantar produk ke pelanggan dan Melakukan *checklist* pemeriksaan kesiapan armada seperti box truk, ban, lampu, dll sebelum proses *loading* dan keberangkatan.
		Tidak ada alat *monitoring* suhu	Memberikan sistem monitoring insulan untuk memantau suhu saat proses pengiriman produk.
2	Pelanggan menemukan produk tidak sesuai harapannya	Tidak terdapat bukti data untuk setiap parameter yang sudah diperiksa	Membuat lembar pencatatan hasil QC yang mencantumkan tanggal, pemeriksa, hasil pemeriksaan, parameter produk, status lolos/tidak
3	Pelaksanaan proses produksi tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter produksi yang ditetapkan.	Belum terdapat pemeriksaan akhir sebelum produk dikirim	Memberikan *checklist* status QC sebelum produk dimuat ke truk
		belum ada label/status lolos QC	Memberikan stiker atau penanda bahwa produk telah lolos QC
4	Pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman tidak dilakukan sesuai ketentuan yang seharusnya.	Maintenance belum terjadwal secara tetap	Membuat jadwal maintenance mesin secara tetap
5	Pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas	Tidak ada SOP pelayanan *driver*	Memberikan *briefing* setiap sebelum berangkat untuk mengingatkan kembali

	produk tidak dilakukan secara menyeluruh sebelum produk dikirim.		terkait SOP sebagai *driver* yang memenuhi standar perusahaan
		belum ada evaluasi rutin dari pelanggan maupun perusahaan	Menambahkan evaluasi sederhana pelanggan terhadap *driver*.

Tabel diatas merumuskan alternatif solusi berdasarkan faktor penyebab yang telah diperoleh dari hasil analisis *fishbone diagram* pada masing-masing risiko prioritas. Setiap jenis kegagalan diuraikan ke dalam satu atau lebih faktor penyebab spesifik, yang kemudian dipetakan dengan solusi yang relevan. Sebagai contoh, untuk risiko pengendalian kondisi produk selama pengiriman, dirumuskan dua solusi yaitu pembuatan SOP kesiapan armada beserta *checklist* pemeriksaan sebelum keberangkatan, dan penerapan sistem *monitoring* suhu untuk memantau kondisi produk selama perjalanan.

4.2.4.2 Solusi yang terpilih

Setelah melakukan diskusi dengan para narasumber atau ahli dari perusahaan, maka didapatkan solusi yang terpilih untuk memitigasi risiko yang terjadi di PT. Solo Tirta Mandiri. Berikut merupakan solusi yang terpilih:

Tabel 4. 9 Solusi yang terpilih

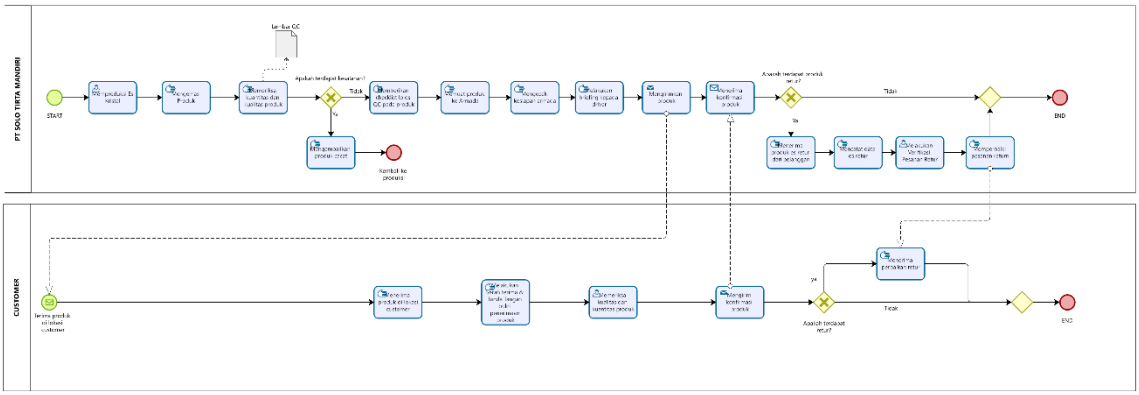
No	Jenis Kegagalan	Faktor Penyebab	Alternatif Solusi
1	Pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman tidak dilakukan sesuai ketentuan yang seharusnya.	Tidak ada *checklist* kesiapan armada	Membuat SOP berupa mewajibkan untuk mengecek kesiapan armada untuk persiapan armada sebelum keberangkatan mengantar produk ke pelanggan dan Melakukan *checklist* pemeriksaan kesiapan armada seperti box truk, ban, lampu, dll sebelum proses *loading* dan keberangkatan.
2	Pelanggan menemukan produk	Tidak terdapat bukti data untuk setiap parameter	Membuat lembar pencatatan hasil QC yang mencantumkan tanggal, pemeriksa,

No	Jenis Kegagalan	Faktor Penyebab	Alternatif Solusi
	tidak sesuai harapannya	yang sudah diperiksa	hasil pemeriksaan, parameter produk, status lolos/tidak
3	Pelaksanaan proses produksi tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter produksi yang ditetapkan.	Belum terdapat pemeriksaan akhir sebelum produk dikirim	Memberikan *checklist* status QC sebelum produk dimuat ke truk
4	Pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas produk tidak dilakukan secara menyeluruh sebelum produk dikirim.	Tidak ada evaluasi pelayanan *driver*	Memberikan *briefing* setiap sebelum berangkat untuk mengingatkan kembali terkait SOP sebagai *driver* yang memenuhi standar perusahaan

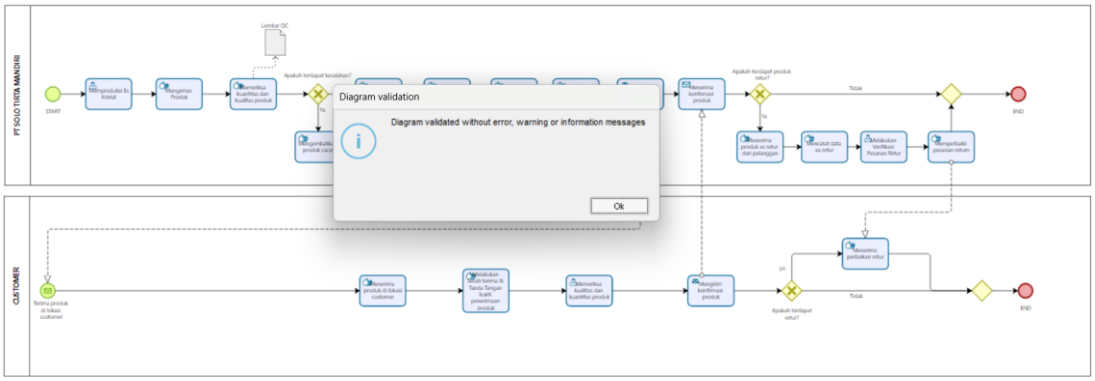
Berdasarkan tabel tersebut, didapatkan solusi akhir yang dipilih setelah dilakukan diskusi bersama narasumber dari pihak perusahaan, yang mencakup empat solusi utama, yaitu pembuatan SOP dan *checklist* kesiapan armada, lembar pencatatan hasil QC, *checklist* status QC sebelum pemuatan, serta *briefing* dan evaluasi pelayanan driver. Keempat solusi tersebut menunjukkan bahwa perusahaan lebih memprioritaskan penguatan aktivitas pengendalian kualitas baik dari sisi produk, kesiapan armada, maupun kinerja tenaga kerja sebagai langkah mitigasi risiko yang paling relevan dengan permasalahan yang dihadapi PT. Solo Tirta Mandiri.

4.2.4.3 Perancangan model Proses Bisnis *To-Be*

Setelah mendapatkan rumusan solusi, diperlukan untuk merancang model untuk proses bisnis *To-Be*. Ini menjadi fokus utama dalam melakukan perumusan solusi dan membandingkan antara proses bisnis *As-Is* dengan *To-Be*



Gambar 4. 10 Proses Bisnis BPMN To-Be



Gambar 4. 11 *Validate* BPMN To-Be

Berdasarkan dari hasil perancangan BPMN To-Be tersebut, didapatkan penjelasan bahwa adanya penambahan beberapa aktivitas sebagai berikut:

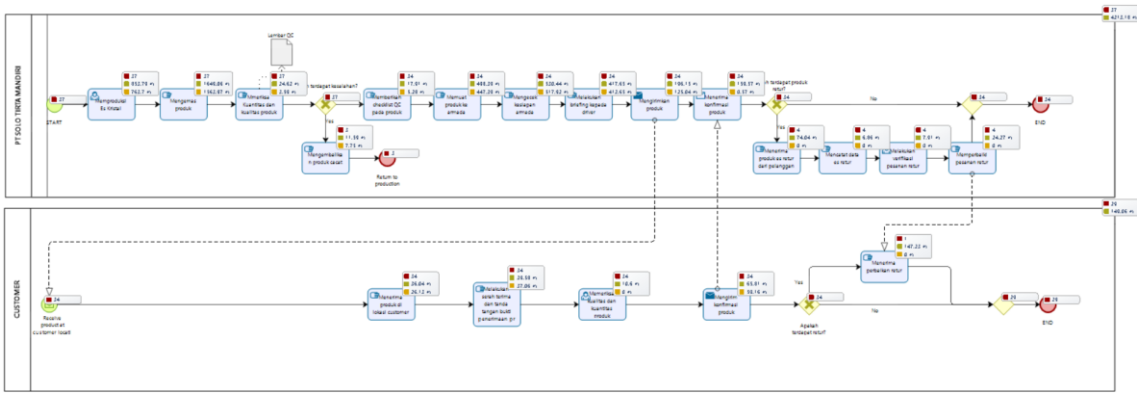
Tabel 4. 10 Perbandingan BPMN As-Is dan To-Be

Aktivitas	As-Is	To-Be
Memberikan *checklist* lolos QC pada produk	-	v
Menambahkan *object* dokumen lembar QC	-	v
Mengecek kesiapan armada	-	v
Melakukan *briefing* kepada driver	-	v

Adanya penambahan aktivitas tersebut akan berfungsi untuk memitigasi risiko prioritas yang ada berdasarkan 5 prioritas yang sudah di peringkatkan berdasarkan hasil RPN. Hasil perancangan model proses bisnis To-Be yang telah disesuaikan dengan solusi terpilih pada Tabel 4.5. Dibandingkan dengan model As-Is, terdapat penambahan aktivitas baru pada *pool* PT Solo Tirta Mandiri, yaitu Memberikan *Checklist* Bebas QC pada Armada setelah pemuatan produk, Mengecek Kesiapan Armada, dan Melakukan *Briefing* kepada Driver sebelum keberangkatan. Penambahan aktivitas ini secara langsung mengimplementasikan solusi terkait SOP kesiapan armada dan pembinaan driver yang telah dirumuskan sebelumnya, dengan tujuan menutup celah risiko yang teridentifikasi pada model As-Is.

4.2.5. Monitoring and Review

Berikut merupakan hasil monitoring *and review* menggunakan simulasi BPMN *To-Be*:



Gambar 4. 12 Hasil simulasi BPMN To-Be

Pada model BPMN *To-Be* yang telah disimulasikan, terlihat penambahan data object berupa Lembar QC yang terhubung ke aktivitas Memeriksa Kuantitas dan Kualitas Produk pada pool PT Solo Tirta Mandiri. Penambahan objek dokumen ini merepresentasikan implementasi solusi lembar pencatatan hasil QC yang telah dirumuskan pada Tabel 4.5, di mana setiap hasil pemeriksaan kuantitas dan kualitas produk kini didokumentasikan secara tertulis dan terstruktur, alih-alih hanya mengandalkan pemeriksaan visual tanpa pencatatan sebagaimana pada model As-Is. Keberadaan Lembar QC ini juga selaras dengan hasil analisis fishbone pada Gambar 4.6, yang mengidentifikasi bahwa "pencatatan hasil pemeriksaan belum terstruktur" sebagai salah satu akar penyebab risiko pemeriksaan kualitas yang tidak menyeluruh; dengan adanya dokumen ini, setiap parameter yang diperiksa memiliki bukti data yang dapat ditelusuri kembali (traceable), sekaligus menjadi dasar akuntabilitas petugas QC dalam menjalankan tugasnya.

Dari sisi kinerja waktu, hasil simulasi menunjukkan total rata-rata waktu proses pada pool perusahaan sebesar 4213,18 menit untuk 37 *instance* yang dijalankan, meningkat dari 3298,64 menit pada model As-Is (Gambar 4.4). Peningkatan sebesar ± 466,71 menit (27,73%) ini merupakan akumulasi dari empat aktivitas kontrol baru yang ditambahkan pada model To-Be, yaitu pencatatan pada Lembar QC, Memberikan Checklist Lolos QC pada Produk, Mengecek Kesiapan Armada, dan Melakukan *Briefing* kepada *Driver*. Meskipun keempat aktivitas ini menambah durasi proses secara keseluruhan, penambahan tersebut merupakan bentuk investasi waktu pada tahap pencegahan yang sejalan dengan tujuan utama penelitian ini, yaitu menurunkan RPN pada lima risiko prioritas khususnya risiko kesalahan pemeriksaan kualitas produk (RPN 288) dan risiko pencairan es selama pengiriman (RPN 336) yang sebelumnya terjadi akibat ketiadaan mekanisme dokumentasi dan verifikasi berlapis pada proses *As-Is*.

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Analisis Proses Bisnis *As-Is* dan Titik Kritis Proses

Hasil pemetaan proses bisnis As-Is pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa proses *delivery product* PT. Solo Tirta Mandiri melibatkan dua pool utama, yaitu perusahaan dan pelanggan, dengan total delapan aktivitas inti yang saling bergantung satu sama lain. Model ini telah tervalidasi tanpa kesalahan struktural seperti pada Gambar 4.3, namun validitas struktural notasi BPMN tidak hanya mencerminkan validitas operasional di lapangan. Hasil simulasi As-Is pada Gambar 4.4 menjelaskan adanya variasi waktu yang cukup signifikan pada aktivitas Mengirimkan Produk dan Memuat Produk ke Armada, yang mengindikasikan proses tersebut belum berjalan secara konsisten. Temuan ini penting untuk digarisbawahi karena kedua aktivitas tersebut juga muncul sebagai risiko dengan RPN tertinggi pada tahap FMEA seperti pada Tabel 4.3, sehingga terdapat keselarasan antara data kuantitatif hasil simulasi dan hasil penilaian ahli memperkuat validitas temuan risiko yang diperoleh.

Dibandingkan dengan penelitian (Huwaidah et al., 2025) yang juga memetakan proses bisnis pengiriman barang menggunakan BPMN di PT Mitra International Tbk, hasil penelitian ini menunjukkan arah yang berbeda. Pada jurnal tersebut, berhasil meningkatkan efisiensi waktu proses hingga 33,8% melalui simulasi *Business Process Improvement* (BPI), sedangkan penelitian ini menunjukkan peningkatan waktu proses pada model usulan. Perbedaan ini bukan menunjukkan kelemahan pemetaan proses pada penelitian ini, melainkan mencerminkan perbedaan karakteristik objek seperti barang kargo umum pada penelitian (Huwaidah et al., 2025) tidak memiliki risiko degradasi fisik, sehingga optimasi proses dapat murni diarahkan pada eliminasi *waste*, sementara es kristal sebagai produk *perishable* menuntut penambahan titik kontrol kualitas yang secara berkaitan dapat memengaruhi durasi proses.

5.2 Analisis Hasil Penilaian Risiko (FMEA)

Total RPN yang diperoleh dari 16 jenis kegagalan adalah 2.374, dengan lima risiko berada di atas batas titik RPN sebesar 148,37 yang ditetapkan sebagai prioritas mitigasi. Seluruh lima risiko prioritas tersebut terkonsentrasi pada dua area utama yaitu pengendalian kualitas produk (Memeriksa Kuantitas dan Kualitas Produk, Memeriksa Kualitas dan Kuantitas Produk oleh pelanggan, Memproduksi Es Kristal) dan penanganan produk selama pengiriman

(Mengirimkan Produk, Menerima Produk di Lokasi *Customer*). Aktivitas ini memiliki karakteristik produk es kristal yang mudah mencair, membuat setiap penundaan atau kelalaian pengendalian suhu di sepanjang rantai pengiriman yang dapat berdampak langsung pada kualitas akhir pada produk yang diterima pelanggan. Hal ini menunjukkan bahwa akar permasalahan perusahaan menjadi kritis salah satunya pada aspek pengendalian kualitas, bukan hanya pada kegagalan di titik tunggal.

Dibandingkan dengan penelitian (Ananda et al., 2025) yang menggabungkan SCOR, FMEA, dan fishbone diagram untuk mengidentifikasi 27 risiko rantai pasok pada industri minuman siap saji, jumlah risiko yang teridentifikasi pada penelitian ini jauh lebih sedikit yaitu 16 berbanding 27. Perbedaan ini mencerminkan adanya perbedaan cakupan yaitu pada penelitian tersebut menganalisis risiko di sepanjang rantai pasok dari hulu ke hilir, sedangkan penelitian ini membatasi ruang lingkup pada proses *delivery* saja, sehingga risiko yang dihasilkan lebih terfokus dan lebih mudah disimulasikan. Sementara itu, dibandingkan dengan penelitian (Juanda et al., 2025) yang menerapkan FMEA untuk risiko kecacatan mesin pada perusahaan manufaktur, hasil kedua penelitian sama-sama mengidentifikasi kesalahan pemeriksaan kuantitas dan kualitas sebagai risiko signifikan. Namun, penelitian tersebut berhenti pada rekomendasi administratif berupa pembenahan formulir kontrol tanpa instrumen evaluasi lanjutan, sedangkan penelitian ini melanjutkan temuan FMEA hingga ke tahap perancangan dan simulasi proses bisnis *To-Be,* sehingga dampak dari solusi yang diusulkan dapat diukur secara kuantitatif sebelum diimplementasikan.

5.3 Analisis Akar Penyebab (*Fishbone* diagram)

Hasil analisis *fishbone* diagram terhadap lima risiko prioritas menunjukkan adanya pola akar penyebab yang berulang di seluruh risiko, yaitu: (1) ketiadaan SOP tertulis dan terstandar pada berbagai tahapan (kesiapan armada, pelayanan driver, pemeriksaan mesin, (2) minimnya alat bantu monitoring untuk suhu, kondisi mesin, dan (3) keterbatasan pelatihan/pembinaan tenaga kerja seperti Sopir dan Operator Produksi. Berulangnya pola penyebab ini pada kategori method dan man di hampir seluruh fishbone mengindikasikan bahwa permasalahan utama PT. Solo Tirta Mandiri bukan terletak pada keterbatasan sumber daya fisik semata, melainkan pada tata kelola proses standardisasi dan pengawasan yang belum terbangun secara menyeluruh. Temuan ini menjadi dasar yang kuat mengapa keempat solusi terpilih pada Tabel 4.5 seluruhnya berbasis pada pembuatan SOP, checklist, dan mekanisme evaluasi.

Dibandingkan dengan penelitian (Iskandar & Novanto, 2025) yang menggunakan kombinasi FMEA dan *Fault Tree Analysis* (FTA) bukan fishbone diagram untuk menganalisis risiko distribusi pelumas kendaraan, terdapat kesamaan pada aspek perilaku sopir sebagai salah satu faktor risiko seperti pada Gambar 4.8 di penelitian ini. Namun demikian, karena objek penelitian tersebut berupa pelumas yang bersifat *non-perishable*, akar penyebab yang mereka temukan tidak menyentuh aspek *material* dan *environment* terkait suhu, berbeda dengan penelitian ini yang secara spesifik mengidentifikasi karakteristik es yang mudah mencair dan sistem pendinginan armada yang tidak optimal sebagai akar penyebab pada kategori *material* dan *machine*. Perbedaan ini menegaskan bahwa kategori penyebab yang relevan pada analisis akar masalah sangat bergantung pada karakteristik produk yang diteliti, dan pemilihan fishbone diagram pada penelitian ini terbukti mampu mendukung perbaikan risiko *cold chain* yang tidak muncul pada penelitian berbasis FTA untuk produk *non-perishable*.

5.4 Evaluasi Perbandingan Proses Bisnis *As-Is* dan *To-Be*

Model BPMN To-Be pada Gambar 4.10 menambahkan empat elemen kontrol baru yang seluruhnya merupakan implementasi langsung dari solusi terpilih pada Tabel 4.5 yaitu pencatatan pada data *object* Lembar QC saat pemeriksaan kuantitas dan kualitas produk, pemberian *checklist* lolos QC pada produk, pengecekan kesiapan armada, dan *briefing* kepada *driver* sebelum keberangkatan. Penambahan data *object* Lembar QC secara khusus menjawab akar penyebab yang teridentifikasi pada Gambar 4.6, yaitu pencatatan hasil pemeriksaan yang sebelumnya tidak terstruktur, sehingga pada model To-Be setiap parameter yang diperiksa kini memiliki bukti data yang dapat ditelusuri kembali.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan keempat elemen kontrol ini meningkatkan total rata-rata waktu proses dari 3298,64 menit (*As-Is*) menjadi 4213,18 menit (*To-Be*) pada *pool* perusahaan untuk 37 customer yang memberikan permintaan yang dijalankan, kenaikan sekitar ± 914,54 menit atau sebesar 27,73%. Peningkatan waktu proses ini merupakan dampak yang logis dan wajar dari penguatan aktivitas pengendalian kualitas seperti pada setiap titik kontrol baru yang ditambahkan untuk mencegah kegagalan akan menambah durasi proses. Namun pada saat yang sama, dapat menurunkan probabilitas terjadinya kegagalan yang selama ini berulang. Pertukaran antara efisiensi waktu dan penurunan risiko ini dapat diterima karena nilai RPN pada lima risiko prioritas terutama yang berkaitan dengan kerugian material akibat produk mencair dengan RPN 336 dan kesalahan pemeriksaan kualitas produk dengan RPN 288

jauh lebih signifikan secara finansial dibandingkan kerugian dari tambahan waktu proses sebesar rata-rata 44 menit tersebut.

Dibandingkan dengan penelitian (Yusri & Immawan, 2025) yang mengaplikasikan FMEA dan *Poka-Yoke* untuk memitigasi risiko keterlambatan pengiriman pada perusahaan logistik, terdapat perbedaan mendasar pada jenis intervensi dan cara evaluasi dampaknya. Solusi Poka-Yoke pada penelitian tersebut bersifat mencegah kesalahan secara struktural melalui batas kontrol yang sistematis namun efektivitasnya tidak diuji melalui simulasi proses bisnis, sehingga dampaknya terhadap durasi proses tidak diketahui secara kuantitatif. Penelitian ini, sebaliknya, menggunakan pendekatan berbasis SOP dan dokumentasi yang divalidasi melalui simulasi BPMN To-Be, sehingga menghasilkan bukti kuantitatif berupa angka pasti yaitu 3298,64 menjadi menit yang dapat menjadi dasar pertimbangan manajemen sebelum implementasi.

5.5 Keterbatasan Penelitian

Beberapa keterbatasan penelitian yang perlu diungkapkan secara transparan:

1. Data waktu proses yang digunakan dalam simulasi diperoleh dari pengamatan/pencatatan dalam rentang waktu tertentu, sehingga belum mencakup variasi musiman atau kondisi ekstrem (misalnya lonjakan permintaan pada hari besar) yang berpotensi memengaruhi validitas hasil simulasi secara jangka panjang
2. Pembobotan Severity, Occurrence, dan Detection pada FMEA menggunakan skala 1–10, yang bersifat subjektif dan rentan terhadap perbedaan interpretasi antar penilai, meskipun telah diverifikasi oleh narasumber internal.
3. Simulasi BPMN To-Be hanya mengukur dimensi waktu proses, belum mengukur dimensi biaya (*cost*) maupun tingkat kegagalan (*failure rate*) pasca-perbaikan.
4. Solusi yang dirumuskan belum diuji coba (*pilot implementation*) sehingga efektivitasnya terhadap penurunan RPN aktual belum dapat dibuktikan secara empiris dalam penelitian ini.

BAB VI
PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada PT. Solo Tirta Mandiri, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemetaan proses bisnis As-Is pada sistem *delivery product* PT. Solo Tirta Mandiri berhasil dilakukan menggunakan notasi BPMN, menghasilkan model yang terdiri dari dua *pool* yaitu PT Solo Tirta Mandiri dan *Customer* dengan delapan aktivitas utama mulai dari produksi hingga penerimaan produk oleh pelanggan. Model ini telah divalidasi dengan narasumber tanpa kesalahan struktural dan hasil simulasinya menunjukkan variasi waktu proses tertinggi pada aktivitas Mengirimkan Produk dan Memuat Produk ke Armada.
2. Hasil penilaian risiko menggunakan metode FMEA terhadap 16 jenis kegagalan yang teridentifikasi menghasilkan total RPN sebesar 2.374, dengan batas titik RPN sebesar 148,37. Berdasarkan batas tersebut, diperoleh lima risiko dengan tingkat prioritas tertinggi, yaitu Mengirimkan Produk dengan RPN 336, Memeriksa Kuantitas dan Kualitas Produk RPN 288, Memeriksa Kualitas dan Kuantitas Produk oleh pelanggan dengan RPN 210, Memproduksi Es Kristal dengan RPN 180, dan Menerima Produk di Lokasi *Customer* dengan RPN 180.
3. Akar penyebab dari kelima risiko prioritas teridentifikasi melalui analisis *fishbone* diagram, dengan pola penyebab yang secara konsisten bersumber dari kategori *method* dan *man*, yaitu belum tersedianya SOP baku pada berbagai tahapan proses seperti kesiapan armada, pemeriksaan kualitas, pelayanan driver, dan pemeliharaan mesin serta keterbatasan pelatihan dan pengawasan terhadap tenaga kerja.
4. Rekomendasi perbaikan yang dihasilkan berupa empat solusi terpilih, yaitu c*hecklist* kesiapan armada beserta sistem monitoring suhu, lembar pencatatan hasil QC, *checklist* status lolos QC sebelum pemuatan, serta briefing dan evaluasi pelayanan driver. Keempat solusi tersebut diimplementasikan ke dalam rancangan proses bisnis To-Be melalui penambahan elemen kontrol baru. Hasil evaluasi simulasi menunjukkan bahwa penerapan model To-Be meningkatkan total rata-rata waktu proses dari 3298,64 menit menjadi 4213,18 menit (naik ±27,73 %), yang merupakan perubahan yang wajar dari penguatan pengendalian kualitas dan diharapkan dapat menurunkan risiko kegagalan yang telah teridentifikasi pada model As-Is.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Perusahaan disarankan melakukan uji coba secara langsung terhadap solusi yang terpilih secara bertahap untuk membuktikan secara empiris penurunan RPN aktual di lapangan, mengingat efektivitasnya dalam penelitian ini baru diuji melalui simulasi.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menyusun rancangan desain visual dua dimensi dan tiga dimensi pada pembuatan layout *form*/lembar QC, desain stiker lolos QC, *mockup* alat monitoring suhu armada, dan infografis SOP *driver* agar rekomendasi perbaikan lebih mudah diterapkan.
3. Simulasi proses bisnis To-Be pada penelitian selanjutnya disarankan dapat mengukur aspek biaya secara mendalam dan tingkat kegagalan pasca perbaikan, tidak terbatas pada aspek waktu proses saja, agar perubahan perbaikan dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.
4. Penelitian lanjutan dapat mengombinasikan solusi berbasis SOP pada penelitian ini dengan elemen yang mendukung seperti *Poka-Yoke*, dll untuk memperkuat efektivitas mitigasi risiko pencairan es selama proses pengiriman.
5. Perusahaan disarankan menyusun jadwal pelatihan dan evaluasi berkala bagi tenaga kerja khususnya driver dan operator produksi, dikarenakan akar penyebab risiko yang teridentifikasi secara konsisten bersumber dari aspek *method* dan *man* yang belum terstandardisasi.

DAFTAR PUSTAKA

Alam, A. Y. (2016). Steps in the Process of Risk Management in Healthcare. *J Epid Prev Med Journal of Epidemiology and Preventive Medicine*. http://elynsgroup.com

Ananda, B. A., Hendrarini, H., & Syah, M. A. (2025). Supply Chain Risk Analysis in the Ready-to-Drink Beverage Industry Based on the Combination of SCOR and FMEA Methods. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, *14*(4), 1405–1414. https://doi.org/10.23960/jtepl.v14i4.1405-1414

Azaro, K., Ekasari, K., & Indrawan, A. (2021). The Analysis of Business Process Management Notation (Purchase Order) in Small Medium Enterprise: A Case Study. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, *2*(3). https://doi.org/10.7777/jiemar.v2i3

Badri Juanda, Muhammad Isnaini Hadiyul Umam, Nofirza, Nazaruddin, & Harpito. (2025). Analisis resiko kerusakan boiler menggunakan metode Failure Modes Effect Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram. *Matrik: Jurnal Manajemen Dan Teknik Industri Produksi, 26(1), XXVI*(1), 25–46. https://doi.org/10.350587/Matrik

Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2013). Fundamentals of Business Process Management. In *Fundamentals of Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33143-5

Frahasta, A., Fajar, M., Saputra, A., Lumbantobing, S. A., Fianto, R. A., & Prastyo, Y. (2026). *Risk Analysis of Goods Delivery Discrepancies in Manufacturing Companies Using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Method Article Info ABSTRAK* (Vol. 01, Number 03).

Huwaidah, N. N., Hanggara, B. T., Cahya, D., & Nugraha, A. (2025). *EVALUASI DAN PEMODELAN PROSES BISNIS PADA PROSES PENGIRIMAN BARANG DI DIVISI OPERASIONAL PT MITRA INTERNATIONAL TBK* (Vol. 9, Number 3). http://j-ptiik.ub.ac.id

Ilham Sugeng Hamdani, M., Ernawati, D., Pembangunan Nasional, U., & Timur Jl Rungkut Madya Surabaya, J. (2023). Juminten Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi Analisis Dan Mitigasi Risiko Rantai Pasok Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di PG. Wringin Anom Situbondo. *Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*. https://doi.org/10.33005/juminten.v4i1.645

Indah, D. P. (2020). *ANALISIS FISHBONE DIAGRAM UNTUK MENGEVALUASI PROSES BISNIS DISTRIBUSI AIR PADA PDAM STUDI KASUS PADA PDAM TIRTA RAYA KABUPATEN KUBU RAYA*. https://financial.ac.id/index.php/financial

Iskandar, Y. A., & Novanto, R. Z. (2025). Analisis Manajemen Risiko Operasional Distribusi Pelumas Kendaraan(Studi Kasus: DSP Plumpang, PT Patra Logistik). *Aliansi : Jurnal Manajemen Dan Bisnis*, *20*(1), 125–134. https://doi.org/10.46975/yzdjw444

Izzaty, N., Masyurah, E., Sastra, H. Y., & Rahmawati, S. (2023). *Pemodelan dan Perbaikan Proses Bisnis Pemenuhan Pesanan Kopi dengan Metode Business Process Management (Studi Kasus Bawadi Coffee)*.

Jevon, I., & Rahardjo, J. (2021). Penerapan Manajemen Risiko menggunakan Metode FMEA. In *Jurnal Titra* (Vol. 9, Number 2).

Juita Amelia Simanullang, Anitasari Sihotang, Adi Mahendra Pasaribu, Indira Ruth Septarini, & Widya Fernanda Putri. (2025). Evaluasi Sistem Maintenance pada Digester Menggunakan Metode FMEA di PT. Perkebunan Nusantara IV Regional II Unit Kebun dan PKS Adolina. *Jurnal Rekayasa Proses Dan Industri Terapan*, *3*(3), 28–36. https://doi.org/10.59061/repit.v3i3.1200

Kassim, S. A., Gartner, J. B., Labbé, L., Landa, P., Paquet, C., Bergeron, F., Lemaire, C., & Côté, A. (2022). Benefits and limitations of business process model notation in modelling patient healthcare trajectory: A scoping review protocol. In *BMJ Open* (Vol. 12, Number 5). BMJ Publishing Group. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-060357

König, S., Vogel-Heuser, B., Hradecky, A., Horn, S., & Hahn, M. (2025). Executing automotive test workflows with BPMN and web service orchestration in software-defined car manufacturing. *Production Engineering*, *19*(2), 195–209. https://doi.org/10.1007/s11740-024-01302-1

Mirkhanzadeh, B., Hassannayebi, E., Kamalzadeh, M., & Zandi, B. (2023). *Improving the Effectiveness of Enterprise Resource Planning (ERP) System Implementation using a Hybrid Process Mining and FMEA Framework*.

Muhammad Puja Dwi Surya, Muhammad Hafidz Azizi, Muhammad Iqbal, Satrio Rasendriya Widyahana, Farraz Ariel Gumita, & Amer Abdul Aziz. (2025). Penerapan Metode Diagram Fishbone untuk Identifikasi Masalah Kualitas Layanan di StartUp Parfum Foxsniff. *Lokawati : Jurnal Penelitian Manajemen Dan Inovasi Riset*, *3*(3), 185–193. https://doi.org/10.61132/lokawati.v3i3.1766

Naranjo, J. E., Alban, J. S., Balseca, M. S., Bustamante Villagómez, D. F., Mancheno Falconi, M. G., & Garcia, M. V. (2025). Enhancing Institutional Sustainability Through Process Optimization: A Hybrid Approach Using FMEA and Machine Learning. *Sustainability (Switzerland)*, *17*(4). https://doi.org/10.3390/su17041357

Purbowasito, W., Puspitorini, P. S., & Putra, A. C. (2022). *Perancangan Jaringan Dan Analisis Risiko Distribusi Pada Cold Chain Vaksin COVID-19*. https://doi.org/10.36815/jurva.v2i1.1366

Ratna Haryanti, D., Hutomo, M., & Studi Manajemen, P. (2024). *Analisis Manajemen Risiko Operasional berbasis ISO 31000:2018 terhadap Perusahaan Logistik (Studi Kasus JNE Station Center Gedebage Kota Bandung)*. https://jiped.org/index.php/JSE

Renanda, R., Studi Manajemen, P., Ekonomi dan Bisnis, F., & Muhammadiyah Palu Abstrak, U. (2023). *Pelaksanaan Quality Control yang Efektif untuk Meningkatkan Kinerja Karyawan pada Usaha Yumna Laundry Implementation of Effective Quality Control to Improve Employee Performance in the Yumna Laundry Business* (Vol. 6). https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS

Sabela, T. E., Happy, A., Ariyani, M., & Zuhriyah, A. (2025). Analisis Risiko Produksi Pada Industri Kecil A.M Tahu di Desa Menanggal Mojokerto Menggunakan Metode FMEA Production Risk Analysis of A.M Tofu Small Industry in Menanggal Village Mojokerto using FMEA Method. *Journal of Food System and Agribusiness (JoFSA)*, *9*(1), 15–26. https://doi.org/10.25181/jofsa.v9i1.3931

Sandi, K., Suwangsih, I., & Wulansari, D. (2025). Optimalisasi Kinerja Sopir melalui Penguatan Sistem Manajerial dan Penerapan SOP pada UD. Sandi Jaya Transportasi. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, *4*(4), 7669–7675. https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.4513

Sinatriya, I. R., Hanggara, B. T., & Rachmadi, A. (2024). Evaluation and Improvement of Business Processes in the Operational Division Using Business Process Improvement (BPI) (Case Study: PT. Mitrasukses Engineering Indonesia. *MATICS: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi (Journal of Computer Science and Information Technology)*, *16*(1), 30–35. https://doi.org/10.18860/mat.v16i1.25596

Susendi, N., Suparman, A., & Sopyan, I. (2021). Kajian Metode Root Cause Analysis yang Digunakan dalam Manajemen Risiko di Industri Farmasi. *Majalah Farmasetika*, *6*(4), 310. https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i4.35053

Teixeira, A. R., Ferreira, J. V., & Ramos, A. L. (2024). Optimization of Business Processes Through BPM Methodology: A Case Study on Data Analysis and Performance Improvement. *Information (Switzerland)*, *15*(11). https://doi.org/10.3390/info15110724

Tomaskova, H., Zvackova, A., Urbanik, P., & Palla, D. (2025). Risk Management and Process Optimization in Industry 4.0: Integrating Sensors with Critical Path and FMEA. *Lecture Notes in Computer Science*, *15556 LNCS*, 98–115. https://doi.org/10.1007/978-3-031-87908-1_7

Wiwin Moha, S. A., Tuli, H., Taruh Jurusan Akuntansi, V., Ekonomi dan Bisnis, F., & Artikel, R. (2024). Pengaruh Kualitas Layanan terhadap Kepuasan Pelanggan Jasa Transportasi Online Maxim di Kota Gorontalo. In *Jurnal Mahasiswa Akuntansi* (Vol. 3, Number 1).

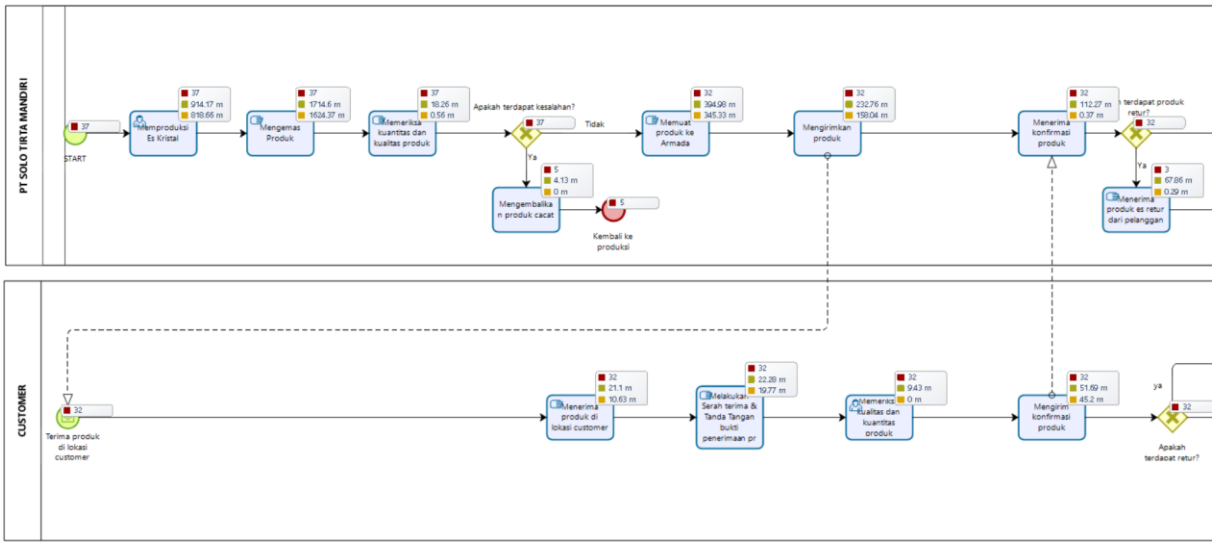
Yan Pandra, & Imamulhakim Syahid Putra. (2025). Penerapan Business Process Model and Notation dalam Meningkatkan Efisiensi Proses Bisnis Aplikasi PLN Mobile. *Merkurius : Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika*, *3*(4), 106–121. https://doi.org/10.61132/merkurius.v3i4.926

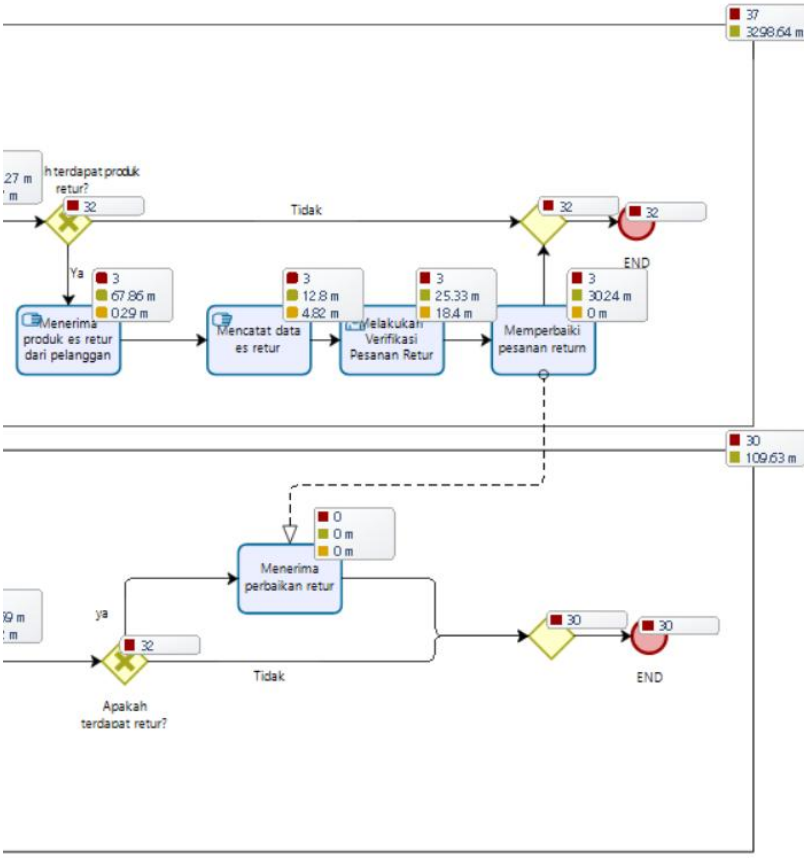
Yoga Kusuma, M., Rolliawati, D., Nooriansyah, S., & Artikel, S. (2024). *PENERAPAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN SIX SIGMA INFO ARTIKEL*. *3*(2), 238–248. https://doi.org/10.70247/jumistik.v3i2.103

Yusri, A. R., & Immawan, T. (2025). *International Journal of Current Science Research and Review Optimizing Logistics Operations: Identifying and Mitigating Risks through FMEA and Poka Yoke*. https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V8-i1-54

LAMPIRAN

Hasil simulasi proses As-Is PT. Solo Tirta Mandiri





Tabel pengisian SOD dari 3 Narasumber (Pak Budi – Direktur Utama)

PAK BUDI (DIREKTUR UTAMA)

No	Task/ activity	Jenis Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D
1	Memproduksi Es Kristal	Pelaksanaan proses produksi tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter produksi yang ditetapkan.	Mesin es macet, es tidak terpotong seragam, atau hasil <	5	5	6
2	Mengemas Produk	Proses pengemasan tidak menghasilkan kemasan yang tertutup dan terlindungi dengan baik.	Plastik bocor pada saat pengemasan, atau karung robek saat	6	4	5
3	Memeriksa kuantitas dan kualitas produk	Pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas produk tidak dilakukan secara menyeluruh sebelum produk dikirim.	Es yang keruh, berbau, atau menggumpal lolos pemeriksaan, beda jumlah karung es	7	5	6
4	Mengembalikan produk cacat	Proses pengembalian produk yang dinyatakan cacat tidak dilaksanakan sesuai waktu yang diperlukan.	Kerugian produk meningkat	5	3	4
5	Memuat produk ke Armada	Penempatan produk dengan armada tujuan tidak dilakukan secara tepat sebelum keberangkatan.	Karung es naik ke truk rute yang salah (misal: Rute Utara ke Selatan).	6	3	4
6	Mengirimkan Produk	Pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman tidak dilakukan sesuai ketentuan yang seharusnya.	Es mencair banyak di jalan (berat berkurang > 10% per karung).	8	6	7
7	Menerima konfirmasi produk	Penerimaan dan pencatatan konfirmasi dari pelanggan tidak dilakukan sesuai waktu yang dibutuhkan perusahaan.	Kesalahan mendapat konfirmasi data produk	4	4	5
8	Menerima produk es retur dari pelanggan	Produk retur tiba dalam kondisi tidak layak seperti es mencair, es keruh, kemasan rusak	Produk tidak dapat dimanfaatkan kembali	4	5	6
9	Mencatat data es retur	Pencatatan informasi produk retur tidak dilakukan segera dan secara lengkap setelah proses retur diterima.	Informasi retur terlambat tersedia	5	4	4
10	Melakukan verifikasi pesanan retur	Pencocokan jumlah dan kondisi produk retur dengan data pengembalian tidak dilakukan secara tepat.	Beda hitungan ganti rugi atau pemotongan nota dengan pelanggan.	4	5	6
11	Memperbaiki pesanan retur	Pemenuhan pesanan pengganti tidak dilakukan sesuai hasil verifikasi produk yang diretur.	Pelanggan retur produk kembali, kedua belah pihak mengalami	4	6	6
12	Menerima produk di lokasi customer	Pelaksanaan serah terima produk oleh *driver* tidak dilakukan sesuai standar pelayanan yang ditentukan perusahaan.	Sopir tidak ramah, acuh, atau menolak membantu menata karung es.	6	6	5
13	Melakukan serah terima & TTD bukti penerimaan produk	Bukti penerimaan tidak lengkap	Kertas bukti terima basah/rusak, atau sopir lupa minta tanda tangan.	5	4	5
14	Memeriksa kualitas dan kuantitas produk	Pelanggan menemukan produk tidak sesuai harapannya	Pelanggan mendapati es mencair, berat berkurang, atau keruh.	7	5	6
15	Mengirim konfirmasi produk	Konfirmasi penerimaan terlambat	Pelanggan tidak bisa mendapatkan retur atau konfirmasi terakhir dari perusahaan	5	4	5
16	Menerima perbaikan retur	Produk masih tidak sesuai yang diinginkan	Pelanggan mendapati es mencair atau kemasan rusak	5	2	5

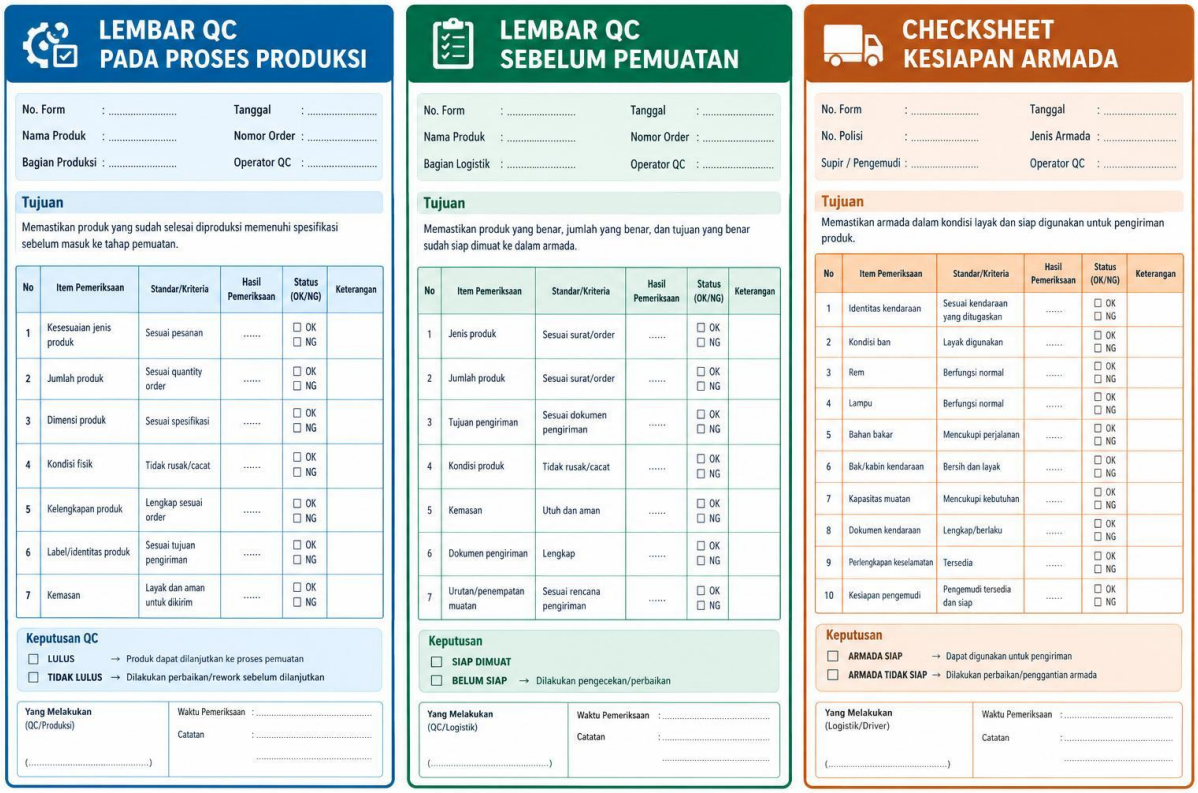
Tabel pengisian SOD dari 3 Narasumber (Pak Guntur – Manajer Sales & Administrasi) (Lanjutan)

PAK GUNTUR (MANAJER SALES & ADMINISTRASI)						
No	Task/ activity	Jenis Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D
1	Memproduksi Es Kristal	Pelaksanaan proses produksi tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter produksi yang	Mesin es macet, es tidak terpotong seragam, atau hasil < 100 ton.	7	5	6
2	Mengemas Produk	Proses pengemasan tidak menghasilkan kemasan yang tertutup dan terlindungi dengan	Plastik bocor pada saat pengemasan, atau karung robek saat ditumpuk.	7	4	5
3	Memeriksa kuantitas dan kualitas produk	Pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas produk tidak dilakukan secara menyeluruh sebelum produk dikirim.	Es yang keruh, berbau, atau menggumpal lolos pemeriksaan, beda jumlah karung es	8	6	7
4	Mengembalikan produk cacat	Proses pengembalian produk yang dinyatakan cacat tidak dilaksanakan sesuai waktu yang	Kerugian produk meningkat	6	4	7
5	Memuat produk ke Armada	Penempatan produk dengan armada tujuan tidak dilakukan secara tepat sebelum	Karung es naik ke truk rute yang salah (misal: Rute Utara ke Selatan).	6	3	6
6	Mengirimkan Produk	Pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman tidak dilakukan sesuai ketentuan yang	Es mencair banyak di jalan (berat berkurang > 10% per karung).	8	7	7
7	Menerima konfirmasi produk	Penerimaan dan pencatatan konfirmasi dari pelanggan tidak dilakukan sesuai waktu yang dibutuhkan perusahaan.	Kesalahan mendapat konfirmasi data produk	6	4	4
8	Menerima produk es retur dari pelanggan	Produk retur tiba dalam kondisi tidak layak seperti es mencair, es keruh, kemasan rusak	Produk tidak dapat dimanfaatkan kembali	5	5	6
9	Mencatat data es retur	Pencatatan informasi produk retur tidak dilakukan segera dan secara lengkap setelah proses retur diterima.	Informasi retur terlambat tersedia	5	4	7
10	Melakukan verifikasi pesanan retur	Pencocokan jumlah dan kondisi produk retur dengan data pengembalian tidak dilakukan secara tepat.	Beda hitungan ganti rugi atau pemotongan nota dengan pelanggan.	3	5	7
11	Memperbaiki pesanan retur	Pemenuhan pesanan pengganti tidak dilakukan sesuai hasil verifikasi produk yang diretur.	Pelanggan retur produk kembali, kedua belah pihak mengalami kerugian	3	4	6
12	Menerima produk di lokasi customer	Pelaksanaan serah terima produk oleh *driver* tidak dilakukan sesuai standar pelayanan yang ditentukan perusahaan.	Sopir tidak ramah, acuh, atau menolak membantu menata karung es.	4	7	7
13	Melakukan serah terima & TTD bukti penerimaan produk	Bukti penerimaan tidak lengkap	Kertas bukti terima basah/rusak, atau sopir lupa minta tanda tangan.	5	4	5
14	Memeriksa kualitas dan kuantitas produk	Pelanggan menemukan produk tidak sesuai harapannya	Pelanggan mendapati es mencair, berat berkurang, atau keruh.	7	5	5
15	Mengirim konfirmasi produk	Konfirmasi penerimaan terlambat	Pelanggan tidak bisa mendapatkan retur atau konfirmasi terakhir dari perusahaan	6	4	5
16	Menerima perbaikan retur	Produk masih tidak sesuai yang diinginkan	Pelanggan mendapati es mencair atau kemasan rusak	5	4	3

Tabel pengisian SOD dari 3 Narasumber (Pak Widodo – Junior Manager Produksi) (Lanjutan)

PAK WIDODO (JUNIOR MANAJER PRODUKSI)						
No	Task/ activity	Jenis Kegagalan	Efek Kegagalan	S	O	D
1	Memproduksi Es Kristal	Pelaksanaan proses produksi tidak berjalan sesuai kapasitas dan parameter produksi yang ditetapkan.	Mesin es macet, es tidak terpotong seragam, atau hasil < 100 ton.	6	5	6
2	Mengemas Produk	Proses pengemasan tidak menghasilkan kemasan yang tertutup dan terlindungi dengan baik.	Plastik bocor pada saat pengemasan, atau karung robek saat ditumpuk.	5	4	5
3	Memeriksa kuantitas dan kualitas produk	Pemeriksaan kualitas fisik dan kuantitas produk tidak dilakukan secara menyeluruh sebelum produk dikirim.	Es yang keruh, berbau, atau menggumpal lolos pemeriksaan, beda jumlah karung es	9	7	5
4	Mengembalikan produk cacat	Proses pengembalian produk yang dinyatakan cacat tidak dilaksanakan sesuai waktu yang diperlukan.	Kerugian produk meningkat	7	5	4
5	Memuat produk ke Armada	Penempatan produk dengan armada tujuan tidak dilakukan secara tepat sebelum keberangkatan.	Karung es naik ke truk rute yang salah (misal: Rute Utara ke Selatan).	6	6	5
6	Mengirimkan Produk	Pengendalian kondisi produk selama proses pengiriman tidak dilakukan sesuai ketentuan yang seharusnya.	Es mencair banyak di jalan (berat berkurang > 10% per karung).	8	5	7
7	Menerima konfirmasi produk	Penerimaan dan pencatatan konfirmasi dari pelanggan tidak dilakukan sesuai waktu yang dibutuhkan perusahaan.	Kesalahan mendapat konfirmasi data produk	5	4	6
8	Menerima produk es retur dari pelanggan	Produk retur tiba dalam kondisi tidak layak seperti es mencair, es keruh, kemasan rusak	Produk tidak dapat dimanfaatkan kembali	3	5	6
9	Mencatat data es retur	Pencatatan informasi produk retur tidak dilakukan segera dan secara lengkap setelah proses retur diterima.	Informasi retur terlambat tersedia	5	4	4
10	Melakukan verifikasi pesanan retur	Pencocokan jumlah dan kondisi produk retur dengan data pengembalian tidak dilakukan secara tepat.	Beda hitungan ganti rugi atau pemotongan nota dengan pelanggan.	5	5	5
11	Memperbaiki pesanan retur	Pemenuhan pesanan pengganti tidak dilakukan sesuai hasil verifikasi produk yang diretur.	Pelanggan retur produk kembali, kedua belah pihak mengalami kerugian	5	5	6
12	Menerima produk di lokasi customer	Pelaksanaan serah terima produk oleh *driver* tidak dilakukan sesuai standar pelayanan yang ditentukan perusahaan.	Sopir tidak ramah, acuh, atau menolak membantu menata karung es.	5	5	6
13	Melakukan serah terima & TTD bukti penerimaan produk	Bukti penerimaan tidak lengkap	Kertas bukti terima basah/rusak, atau sopir lupa minta tanda tangan.	5	4	5
14	Memeriksa kualitas dan kuantitas produk	Pelanggan menemukan produk tidak sesuai harapannya	Pelanggan mendapati es mencair, berat berkurang, atau keruh.	7	5	7
15	Mengirim konfirmasi produk	Konfirmasi penerimaan terlambat	Pelanggan tidak bisa mendapatkan retur atau konfirmasi terakhir dari perusahaan	4	4	5
16	Menerima perbaikan retur	Produk masih tidak sesuai yang diinginkan	Pelanggan mendapati es mencair atau kemasan rusak	5	3	4

Contoh *checksheet* dari solusi yang dipilih



LEMBAR QC PADA PROSES PRODUKSI

No. Form : ..... Tanggal : .....
Nama Produk : ..... Nomor Order : .....
Bagian Produksi : ..... Operator QC : .....

Tujuan

Memastikan produk yang sudah selesai diproduksi memenuhi spesifikasi sebelum masuk ke tahap pemuatan.

No	Item Pemeriksaan	Standar/Kriteria	Hasil Pemeriksaan	Status (OK/NG)	Keterangan
1	Kesesuaian jenis produk	Sesuai pesanan	.....	☐ OK ☐ NG	
2	Jumlah produk	Sesuai quantity order	.....	☐ OK ☐ NG	
3	Dimensi produk	Sesuai spesifikasi	.....	☐ OK ☐ NG	
4	Kondisi fisik	Tidak rusak/cacat	.....	☐ OK ☐ NG	
5	Kelengkapan produk	Lengkap sesuai order	.....	☐ OK ☐ NG	
6	Label/identitas produk	Sesuai tujuan pengiriman	.....	☐ OK ☐ NG	
7	Kemasan	Layak dan aman untuk dikirim	.....	☐ OK ☐ NG	

Keputusan QC

☐ **LULUS** → Produk dapat dilanjutkan ke proses pemuatan
☐ **TIDAK LULUS** → Dilakukan perbaikan/rework sebelum dilanjutkan

Yang Melakukan (QC/Produksi)
(.....)

Waktu Pemeriksaan : .....
Catatan : .....

LEMBAR QC SEBELUM PEMUATAN

No. Form : ..... Tanggal : .....
Nama Produk : ..... Nomor Order : .....
Bagian Logistik : ..... Operator QC : .....

Tujuan

Memastikan produk yang benar, jumlah yang benar, dan tujuan yang benar sudah siap dimuat ke dalam armada.

No	Item Pemeriksaan	Standar/Kriteria	Hasil Pemeriksaan	Status (OK/NG)	Keterangan
1	Jenis produk	Sesuai surat/order	.....	☐ OK ☐ NG	
2	Jumlah produk	Sesuai surat/order	.....	☐ OK ☐ NG	
3	Tujuan pengiriman	Sesuai dokumen pengiriman	.....	☐ OK ☐ NG	
4	Kondisi produk	Tidak rusak/cacat	.....	☐ OK ☐ NG	
5	Kemasan	Utuh dan aman	.....	☐ OK ☐ NG	
6	Dokumen pengiriman	Lengkap	.....	☐ OK ☐ NG	
7	Urutan/penempatan muatan	Sesuai rencana pengiriman	.....	☐ OK ☐ NG	

Keputusan

☐ **SIAP DIMUAT**
☐ **BELUM SIAP** → Dilakukan pengecekan/perbaikan

Yang Melakukan (QC/Logistik)
(.....)

Waktu Pemeriksaan : .....
Catatan : .....

CHECKSHEET KESIAPAN ARMADA

No. Form : ..... Tanggal : .....
No. Polisi : ..... Jenis Armada : .....
Supir / Pengemudi : ..... Operator QC : .....

Tujuan

Memastikan armada dalam kondisi layak dan siap digunakan untuk pengiriman produk.

No	Item Pemeriksaan	Standar/Kriteria	Hasil Pemeriksaan	Status (OK/NG)	Keterangan
1	Identitas kendaraan	Sesuai kendaraan yang ditugaskan	.....	☐ OK ☐ NG	
2	Kondisi ban	Layak digunakan	.....	☐ OK ☐ NG	
3	Rem	Berfungsi normal	.....	☐ OK ☐ NG	
4	Lampu	Berfungsi normal	.....	☐ OK ☐ NG	
5	Bahan bakar	Mencukupi perjalanan	.....	☐ OK ☐ NG	
6	Bak/kabin kendaraan	Bersih dan layak	.....	☐ OK ☐ NG	
7	Kapasitas muatan	Mencukupi kebutuhan	.....	☐ OK ☐ NG	
8	Dokumen kendaraan	Lengkap/berlaku	.....	☐ OK ☐ NG	
9	Perlengkapan keselamatan	Tersedia	.....	☐ OK ☐ NG	
10	Kesiapan pengemudi	Pengemudi tersedia dan siap	.....	☐ OK ☐ NG	

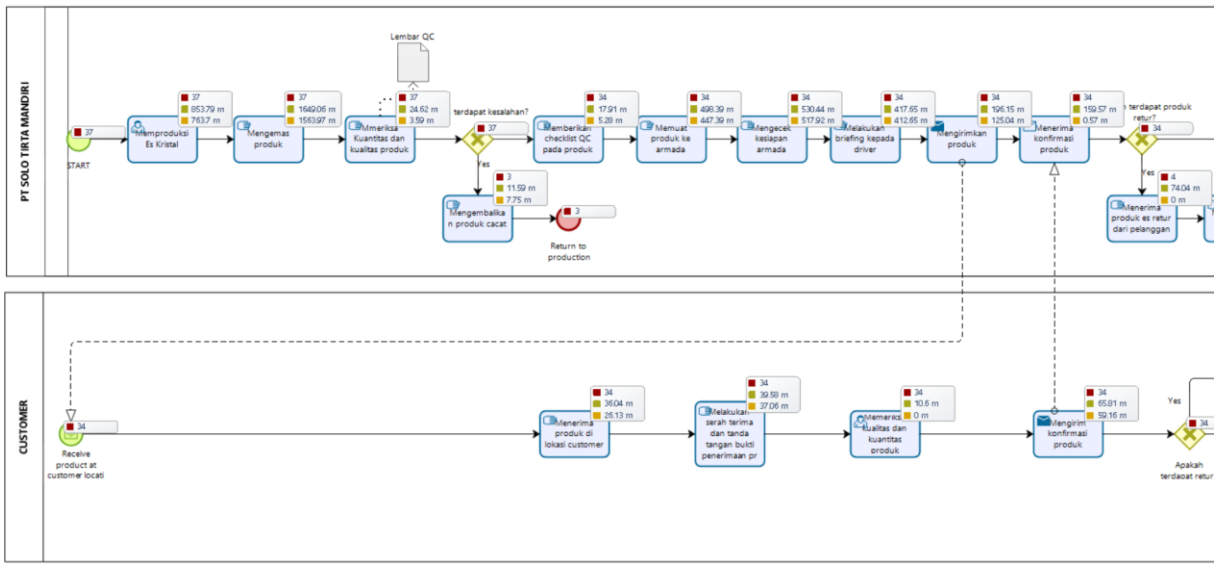
Keputusan

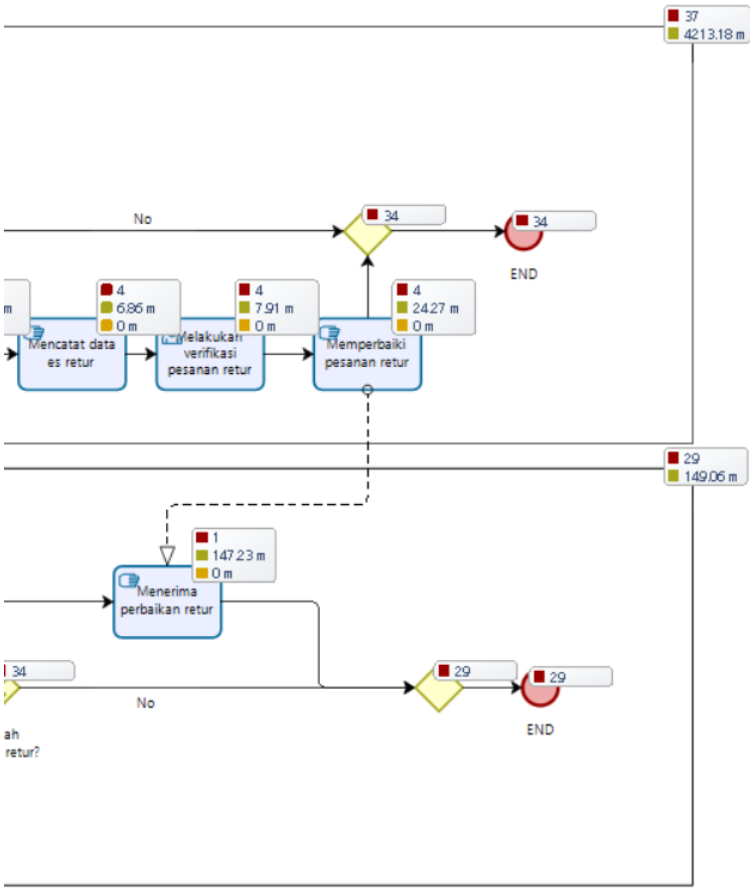
☐ **ARMADA SIAP** → Dapat digunakan untuk pengiriman
☐ **ARMADA TIDAK SIAP** → Dilakukan perbaikan/penggantian armada

Yang Melakukan (Logistik/Driver)
(.....)

Waktu Pemeriksaan : .....
Catatan : .....

Hasil simulasi proses To-Be PT. Solo Tirta Mandiri





Bukti produk cacat es batu terjatuh dari mesin



Bukti produk cacat es batu kotor



Bukti produk cacat es batu terjatuh dari mesin



Bukti FGD awal Bersama Junior manager produksi dan manager sales & administrasi





Bukti FGD awal bersama Direktur Utama



Bukti FGD akhir

