

ANALISIS RISIKO PRODUKSI GULA KRISTAL PADA PG MADUKISMO DI PT MADUBARU

Cindy Caroline ¹⁾, Ibnu Abdul Rosid ²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Teknologi Informasi, Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta
Email : ibnu.arrasheed@gmail.com

Abstrak, PT Madubaru salah satu perusahaan yang memproduksi gula dan etanol di Indonesia yang berlokasi di Daerah Istimewa Yogyakarta. Sebagai salah satu produsen bahan pangan, maka PT Madubaru perlu untuk memperhatikan aspek kualitas pada produk yang dihasilkan. Kualitas menjadi salah satu strategi dalam persaingan pasar. Salah satu bagian dari PT Madubaru adalah PG Madukismo yang memproduksi gula kristal. Pada hasil pengamatan, ditemukan berbagai jenis kecacatan produk gula kristal di PT Madubaru. Adapun jenis kecacatan yang didapatkan paling tinggi yaitu merupakan jenis cacat gula basah, kemudian kecacatan berupa ukuran kristal, dan kecacatan warna kristal yang tidak sesuai standar, sehingga mitigasi risiko kegagalan perlu dilakukan untuk menangani permasalahan tersebut. Adapun upaya pada penelitian ini untuk mitigasi risiko menggunakan FMEA. Pada hasil analisis menggunakan FMEA didapatkan *failure mode*, *failure effect*, *failure causes* dan *control*. Nilai RPN yang tertinggi didapatkan failure mode berupa gula basah yang dapat menyebabkan HK tidak tercapai. Pada penelitian ini juga didapatkan usulan perbaikan untuk meminimalkan risiko kegagalan proses produksi, sehingga dapat tercapai kualitas yang diharapkan.

Kata Kunci : cacat, produksi, kualitas, mitigasi, risiko, gula

PENDAHULUAN

Revolusi industri 4.0 mendorong pengusaha untuk efektif, efisien, kreatif, inovatif, dan adaptif (Siregar & Elvira, 2020), serta memiliki kemampuan untuk pemilihan strategi yang tepat (Trimarjoko et al., 2020). Kualitas menjadi salah satu hal yang harus diperhatikan sebagai upaya dalam penyusunan strategi untuk bertahan dalam mempertahankan loyalitas pembeli atau konsumen. Adapun pengertian mengenai kualitas yaitu kesesuaian suatu produk terhadap keinginan atau harapan dari konsumen (Sulistiyowati et al., 2019). Berbagai aspek dapat digunakan untuk pengukuran dalam penilaian kualitas suatu produk diantaranya tidak ditemukannya *defect* atau *zero defect*, tidak terdapat kecelakaan dan tidak terdapatnya suatu kegagalan (Bakti & Kartika, 2020). Salah satu yang dapat mengganggu penjualan yaitu kualitas produk yang bermasalah dan menimbulkan penurunan produktivitas penjualan, kredibilitas, menurunnya *market*, disisi lain kualitas menjadi aspek yang berpengaruh terhadap kondisi penjualan produk dalam jangka panjang (Wang et al., 2017).

Setiap bisnis atau industri memerlukan kemampuan untuk memproduksi produk dengan proses yang memiliki keefektifan dan tingkat efisiensi yang tinggi. Pemborosan dapat menjadi salah satu indikator dalam suatu proses *quality control* (QC) atau pengendalian kualitas, hal tersebut disebabkan karena adanya ketidaksesuaian produk terhadap batas kualitas yang telah ditentukan. Kecacatan yang terjadi dengan jumlah yang melewati standar toleransi kecacatan dapat meningkatkan pemborosan dari berbagai bidang, diantaranya seperti bidang keuangan, bahan, tenaga kerja dan lainnya (Kurnianto & Setyanto, 2021). Upaya Pengendalian kualitas dapat meminimalkan terjadinya kecacatan (Chiarini & Kumar, 2020; Erdil et al., 2018).

PT Madubaru menjadi perusahaan penghasil Gula Kristal yang didapatkan dari tebu. Adapun bagian di PT Madubaru yang memproduksi Gula Kristal adalah PG Madukismo. Produk berupa Gula Kristal yang dihasilkan harus memenuhi standar kualitas, sehingga dapat memenuhi kebutuhan pasar. Permasalahan dalam produksi Gula Kristal PG Madukismo PT Madubaru adalah munculnya kegagalan pada

proses produksi, hal tersebut menyebabkan standar kualitas produk tidak terpenuhi, sehingga pada penelitian ini dilakukan analisis mitigasi risiko untuk menangani permasalahan di PG Madukismo PT Madubaru. Adapun pendekatan yang digunakan untuk mitigasi risiko pada penelitian menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* atau FMEA yang kemudian dapat dipakai sebagai metode dalam *improvement* atau peningkatan dalam aspek perbaikan.

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu penggunaan Diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*), *Root Cause Analysis* (RCA), dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Diagram SIPOC dapat digunakan untuk mendefinisikan proses (Rosid & Amar, 2018). Hasil dari SIPOC diagram kemudian digunakan untuk memberikan input informasi tambahan pada proses identifikasi penyebab kegagalan proses dengan menggunakan RCA. RCA dapat digunakan untuk mendapatkan penyebab permasalahan yang terjadi (Dinata et al., 2022). Hasil analisis menggunakan RCA kemudian digunakan untuk input informasi pada tahap identifikasi risiko kegagalan. Pada identifikasi risiko kegagalan proses digunakan FMEA.

FMEA merupakan metode yang dapat digunakan untuk mitigasi risiko kegagalan proses (Dewi & Rosid, 2022), FMEA juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah potensial penyebab kecacatan (Rosid & Amar, 2018), serta perbaikan (*improvement*) yang dilakukan secara holistik dengan mempertimbangkan berbagai hal (Pratama & Suhartini, 2019). Analisis FMEA menggunakan studi deskriptif. Penggunaan FMEA bertujuan untuk mendapatkan hasil berupa gambaran secara akurat dan objektif pada kondisi nyata serta untuk mengetahui distribusi data (Kuncoro, 2018). FMEA menggunakan pendekatan berupa wawancara terhadap stakeholder produksi gula kristal di PT Madu Baru. Pengambilan sampel menggunakan pendekatan *purposive sampling technique*, pendekatan tersebut merupakan suatu metode dalam penentuan sampel yang didasarkan

pada pertimbangan mengenai sampel yang sesuai, bermanfaat, dan mendukung tujuan penelitian. *Purposive Sampling* dilakukan dengan menentukan objek khusus yang disesuaikan dengan tujuan penelitian (Lenaini, 2021). Metode observasi, wawancara dan kuesioner digunakan untuk memperoleh data penelitian. Pada tahap analisis menggunakan FMEA, dilakukan analisis mengenai efek *severity*, deteksi yang dilakukan dan *occurrence*. *Severity* (keparahan) merupakan tahap identifikasi tingkat *defect* yang terjadi akibat kegagalan dari semua sistem. (Tabel 1).

Tabel 1. Peringkat Nilai *Severity*

<i>Effect</i>	Tingkat <i>Severity</i>	<i>Rank.</i>
<i>None</i>	Tidak muncul atau tidak ada efek	1
<i>Very minor</i>	Tidak berakibat secara langsung	2
<i>Minor</i>	Efek berdampak secara terbatas	3
<i>Very Low</i>	Perlu sedikit pengerjaan ulang	4
<i>Low</i>	Membutuhkan cukup banyak pengerjaan ulang	5
<i>Moderate</i>	Produk tertolak atau <i>reject</i>	6
<i>High</i>	Menghasilkan gangguan pada peralatan/ fasilitas kerja	7
<i>Very High</i>	kinerja mesin terganggu	8
Berbahaya dengan peringatan	Kinerja mesin terganggu sehingga berdampak pada mesin yang berhenti	9
Berbahaya tanpa peringatan	Gangguan pada mesin serta mengancam pada keselamatan kerja	10

Sumber : Garpersz (2011)

Occurrence mengidentifikasi frekuensi potensi terjadinya kegagalan. Dalam arti lain, tahap ini mengidentifikasi kemungkinan adanya kegagalan lain yang timbul dari penggunaan produk (Tabel 2).

Tabel 2. Peringkat *Occurence*

Kemungkinan Kegagalan	Failure Rates	Rank.
Terkontrol	1 in 1500000	1
Sangat rendah	1 in 150000	2
Rendah	1 in 15000	3
Sedang	1 in 2000	4
	1 in 400	5
Tinggi	1 in 80	6
	1 in 20	7
	1 in 8	8
Sangat tinggi	1 in 3	9
	1 in 2	10

Sumber : Garpersz (2011)

Detection mengidentifikasi probabilitas ditemukannya suatu kegagalan dari suatu proses, sebelum suatu produk dirilis (Tabel 3) (Kholil et al., 2020).

Tabel 3. Peringkat *Detection*

Efek	Kriteria deteksi	Rank.
Hampir pasti	Pengendalian <i>failure</i> hampir pasti dilakukan	1
Sangat tinggi	Pengendalian kegagalan sangat pasti	2
Tinggi	pengendalian terhadap kegagalan tinggi	3
Agak tinggi	Pengendalian kegagalan agak tinggi	4
Moderate	Kemampuan pengendalian kegagalan sedang	5
Low	Kemampuan pengendalian kegagalan rendah	6
Very Low	Pengendalian kegagalan sangat rendah	7
Jarang	Alat pengontrol sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	8
Sangat jarang	Alat pengontrol sulit dipahami	9
Hampir tidak mungkin	Tidak ada alat pengontrol	10

Sumber : Garpersz (2011)

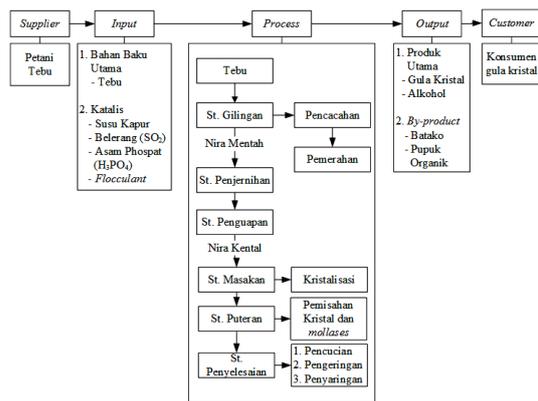
Hasil analisis berupa nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection*. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN). Nilai perhitungan berupa RPN memiliki arti bahwa nilai yang semakin tinggi klasifikasikan untuk ditangani.

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Pada tahap untuk mendapatkan usulan perbaikan, maka dilakukan pengambilan informasi dengan menggunakan pendekatan 5W+1H. Pendekatan tersebut merupakan metode untuk menganalisis suatu objek dengan memberikan pertanyaan, yaitu *What* (Apa), *Why* (Mengapa), *Where* (Dimana), *When* (Kapan), *Who* (Siapa), serta *How* (Bagaimana) (Nugraha & Herlina, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT Madubaru melakukan proses produksi berdasarkan beberapa tahap kegiatan (Gambar 1). *Input* pada proses produksi gula kristal berupa tebu, susu kapur, belerang, dan asam fosfat. Pasokan bahan baku berupa tebu didapatkan dari petani tebu. Bahan-bahan tersebut kemudian dilakukan proses produksi, proses produksi dimulai dengan proses pencacahan tebu. Proses selanjutnya dilakukan proses penggilingan (pemerahan) di Stasiun Penggilingan (St. Gilingan) untuk mendapatkan sari nira. Penambahan air ambibisi dilakukan pada tahap tersebut, kemudian diperah sebanyak lima kali proses penggilingan, sehingga menghasilkan nira mentah. Sisa berupa ampas dari proses tersebut dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada ketel perebus (*boiler*) dan digunakan untuk menggerakkan turbin, turbin digunakan untuk menyediakan energi pada fasilitas penggilingan dan pada fasilitas puteran. Tahap selanjutnya, nira mentah diproses di Stasiun Pemurnian, pada tahap tersebut dilakukan penjernihan nira mentah.



Gambar 1. SIPOC diagram

Sumber : Pengolahan Data

Proses sulfitasi dilakukan untuk menjernihkan nira yang menggunakan beberapa material atau bahan, yaitu susu kapur, sulfur atau belerang, flocculant, serta asam fosfat. Nira mentah dari St. Gilingan dilakukan penambahan Asam Fosfat dan dipanaskan pada suhu 75°C . Nira mentah dicampur dengan susu kapur dan dialirkan ke Pre-Contractor, serta diproses dalam mesin yang disebut dengan Defecator I dan Defactor II hingga tingkat keasamaan nira mencapai 8.5, kemudian dilakukan penetralan kelebihan susu kapur, penurunan tingkat keasamaan dan kadar warna nira dengan menggunakan gas SO_2 . Kemudian Nira mentah diberikan perlakuan berupa pemberian suhu tinggi, yaitu pada temperatur sebesar 100°C kemudian ditambahkan flocculant, penambahan tersebut bertujuan untuk melepaskan gas sisa reaksi, zat yang dimaksud adalah zat yang ikut terlarut.

Tahap selanjutnya dilakukan pengaliran nira pada *vacuum filter* untuk dilakukan penyaringan, kemudian dilakukan *reprocess* dengan nira mentah. Sisa ampas atau *blotong* dapat digunakan sebagai bahan penyubur tanaman atau pupuk. Tahap selanjutnya dilakukan pemanasan nira hingga pada *temperature*, kemudian nira ditransfer menuju *evaporator*. Pada *evaporator* dilakukan penambahan air, hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan proses penguapan dengan target kadar air maksimal sebesar 10%. Pada hasil dari proses penguapan akan dihasilkan kekentalan nila sebesar 60% hingga 65 %.

Pada tahap selanjutnya dilakukan proses pengkristalan, tahap tersebut dilakukan di St. Masakan. Proses pengkristalan dilakukan dengan 2 tingkat yaitu Pan A dan Pan B. Proses selanjutnya dilakukan pemisahan kristal dengan molases yang dilakukan di St. Puteran (Gambar 1). Tahap selanjutnya gula kristal diproses di Stasiun Penyelesaian, pada tahap ini dilakukan proses pembersian, proses tersebut dilakukan dengan memasukkan gula kristal pada mesin kemudian dilakukan penyemprotan air panas.

Kemudian dilakukan proses pengeringan. Tahap selanjutnya dilakukan proses *filter* (penyaringan). Pada proses penyaringan dilakukan proses tambahan yaitu dengan meniupkan udara, udara tersebut memiliki temperatur sebesar $\pm 70^{\circ}\text{C}$. Proses tersebut bertujuan untuk mengurangi kadar air. Gula yang memenuhi standar dilewatkan pada saringan kemudian ditransfer ke wadah penampungan, tahap selanjutnya dilakukan pengemasan. Gula yang lebih halus dikirim ke stasiun masakan untuk diolah kembali.

Analisis Penyebab Kecacatan

Standar yang digunakan PT Madubaru didasarkan pada ICUMSA atau (*International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*). Standar tersebut berupa standar warna, ukuran kristal atau Besar Jenis Butiran (BJB), tingkat kadar air atau kekeringan, serta cemaran.

Pada Nilai BJB memiliki nilai satuan berupa milimeter yang berada pada rentang ukuran sebesar 0,80 mm hingga 1,20 mm. Ukuran butiran yang semakin seragam maka memiliki kualitas yang semakin baik. Nilai berdasarkan ICUMSA menunjukkan beberapa standar, diantaranya nilai ICUMSA yang kecil maka menunjukkan warna gula yang semakin putih. Pada standar kekeringan ditentukan standar kandungan kadar air maksimal 0,10 %. Sedangkan cemaran adalah pengotor pada gula kristal (Tabel 4).

Tabel 4. Jenis Kecacatan pada Gula Kristal

Standar	Keterangan
Gula basah	Kandungan kadar > 0,1%
Warna terlalu pekat	Nilai ICUMSA lebih dari 400 (Standar warna kemurnian gula), Nilai yang melebihi standar tersebut membuat warna gula cenderung lebih gelap (coklat)
Ukuran Kristal	Ukuran kristal < 0,80 mm, ukuran tersebut disebut dengan 'Debuan', adapun jika ukuran kristal > 1,20 mm disebut dengan 'krikilan'

Sumber : Pengolahan Data

Hasil dari RCA didapatkan beberapa penyebab kecacatan terjadi, diantaranya adalah faktor pada manusia, faktor fasilitas atau mesin, material, faktor lingkungan kerja dan faktor metode kerja yang digunakan. Penyebab yang dianalisis menggunakan RCA diantaranya adalah kecacatan berupa Gula Basah, Ukuran Kristal dan kecacatan berupa warna yang tidak sesuai standar. Pada kecacatan Gula Basah didapatkan penyebab permasalahan, diantaranya pada faktor material berupa usia tebu yang tidak sesuai dari standar, kandungan nira yang tidak sesuai standar (terlalu rendah), dan proses penggilingan tebu yang melebihi dari kapasitas yang telah ditentukan. Pada faktor mesin didapatkan penyebab berupa pengaturan atau *setting* mesin yang tidak sesuai standar dan tekanan uap yang terlalu rendah. Pada faktor manusia disebabkan karena kurangnya perhitungan dari pekerja. Pada faktor lingkungan didapatkan penyebab berupa lingkungan kerja yang tidak ergonomis. Sedangkan pada faktor metode disebabkan karena SOP belum tersosialisasi secara komprehensif kepada pekerja.

Kecacatan berupa Ukuran Kristal didapatkan faktor penyebab dari segi material adalah penyimpanan tebu terlalu lama (melebihi standar waktu penyimpanan) dan usia tebu yang tidak sesuai standar. Pada faktor mesin didapatkan penyebab permasalahan berupa *overload* penggunaan

mesin saat musim giling dan *supply* daya penggerak mesin kurang dari standar. Pada faktor manusia permasalahan disebabkan karena operator tidak disiplin. Pada faktor lingkungan, disebabkan karena lingkungan kerja tidak ergonomis. Pada permasalahan berupa warna yang tidak sesuai standar, pada faktor material, permasalahan disebabkan karena kandungan nira yang terlalu rendah dan usia tebu dibawah standar. Pada faktor mesin disebabkan karena kurangnya pelaksanaan *preventive maintenance* dan *supply* tenaga penggerak mesin kurang yang menyebabkan kinerja *vacuum* tidak sesuai standar. Pada faktor manusia disebabkan karena operator tidak paham terhadap standar yang menyebabkan waktu pembukaan *evaporator* tidak tepat. Pada faktor lingkungan disebabkan karena lingkungan kerja yang tidak ergonomis. Pada faktor metode permasalahan disebabkan karena standar penambahan SO₂ tidak sesuai dengan standar.

FMEA

Analisis FMEA digunakan sebagai dasar mitigasi kegagalan proses yang menyebabkan kecacatan pada produk. Proses pengambilan data dilaksanakan dengan metode wawancara dan pemberian kuesioner kepada stakeholder proses produksi Gula Kristal di PT Madu Baru. Pengisi kuesioner berjumlah 9 orang yang terdiri dari divisi Masakan, Puteran dan Penyelesaian (Tabel 5).

Tabel 5. Data responden

Responden	Divisi	Lama Kerja (Th)	Pend. Akhir
I	Masakan	26	D3
II		11	SMK
III		5	SMK
IV	Puteran	7	S1
V		5	SMA
VI		10	SMK
VII	Penyelesaian	15	S1
VIII		35	SMK
IX		25	SMP

Sumber : Pengolahan Data

Pada hasil perhitungan FMEA didapatkan nilai RPN tertinggi yaitu pada *failure mode* warna tidak sesuai dengan ICUMSA, sehingga pengatur keluaran pipa evaporator dibuka pada kondisi yang tidak tepat.

Tabel 6. Nilai RPN tertinggi

<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Cause</i>	RPN
Gula basah	Usia tebu dibawah standar.	115,10
Warna tidak sesuai standar	<i>Valve</i> pipa evaporator dibuka pada waktu yang tidak tepat.	102,30
Gula basah	Putaran mesin evaporator saat penguapan dibawah standar.	87,80

Pada hasil analisis pada FMEA didapatkan *failure mode*, *failure effect*, *failure causes* dan *control* (Tabel 6). Nilai RPN yang tertinggi didapatkan *failure mode* berupa gula basah yang dapat menyebabkan HK tidak tercapai. Hal tersebut disebabkan karena usia tebu di bawah standar, sedangkan tidak ada proses pengendalian (*control*) terhadap penyebab permasalahan tersebut, hanya dilakukan penghentian proses ketika terjadi *overload* pada mesin. Adapun pada *failure mode* untuk nilai RPN tertinggi kedua disebabkan karena terjadinya momen pembukaan pipa evaporator yang tidak tepat sehingga menyebabkan tekanan evaporator tidak sesuai standar, sedangkan proses kontrol yang dilakukan saat ini yaitu dilakukan pengecekan dengan menghentikan pengoperasian mesin. Pada *failure mode* tertinggi ketiga adalah Gula Basah, hal tersebut menyebabkan kadar air > 0,1 %. Hal tersebut disebabkan karena putaran pada mesin saat proses penguapan tidak sesuai standar atau terlalu rendah. Sedangkan proses kontrol saat ini dilakukan pengecekan *supply* air panas sebelum produksi dilakukan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada hasil penelitian didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya penyebab

permasalahan terdapat pada berbagai bagian dari proses produksi dari *input* hingga *output*. Adapun pada aspek faktor penyebab kecacatan Gula Basah, Ukuran Kristal dan ketidaksesuaian warna disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya faktor manusia, mesin atau fasilitas, lingkungan kerja, metode kerja dan material yang digunakan. Sedangkan pada hasil analisis menggunakan FMEA didapatkan nilai RPN tertinggi yaitu mode kegagalan berupa Gula Basah dengan penyebab kegagalan usia tebu di bawah standar, adapun nilai RPN yang lebih rendah terdiri dari mode kegagalan warna tidak sesuai standar, Gula Basah dan ukuran kristal yang tidak sesuai standar. Pada nilai RPN kedua tertinggi didapatkan mode kegagalan berupa warna tidak sesuai, hal tersebut disebabkan karena proses pembukaan *valve* tidak tepat. Pada nilai RPN tertinggi ketiga didapatkan mode kegagalan berupa Gula Basah, hal tersebut disebabkan karena putaran evaporator saat penguapan dibawah standar.

Usulan perbaikan yang didapatkan beberapa pada penelitian ini yaitu perlunya *preventive maintenance* pada mesin. Adanya kinerja mesin yang tidak sesuai standard dapat menyebabkan gangguan pada produksi sehingga menurunkan mutu dari produk. Pada proses perawatan mesin dapat dilakukan penjadwalan perawatan, proses pengecekan yang dilakukan pada periode tertentu serta penggunaan *check sheet*. *Check sheet* didasarkan pada pola kondisi dan jam operasional mesin. Terkait dengan Sumber Daya Manusia dapat dilakukan motivasi dan penekanan pada rasa tanggung jawab. Selain hal tersebut juga dapat diberikan deskripsi pekerja yang jelas dengan membuat *check sheet* (CS), sehingga mempermudah proses analisis mengenai penyebab terjadinya kecacatan. Hal tersebut dapat meminimalkan kesalahan yang dapat menyebabkan kecacatan pada produk. Selain itu dapat dilakukan *briefing* yang berkaitan dengan pekerjaan sebelum pekerjaan dimulai.

Pada aspek metode, didapatkan usulan perbaikan berupa penerapan metode kerja

yang didasarkan dan disesuaikan dengan *Standard Operating Procedure* atau SOP. Penerapan SOP dan Working Instructions atau Instruksi Kerja. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat dilakukan *briefing* rutin ataupun training. Pada faktor material, diperlukan perbaikan pada penetapan standar bahan baku berupa tebu, seperti pengelompokan bahan yang diklasifikasikan berdasarkan waktu kedatangan, sehingga dapat meminimalkan terjadinya penyimpanan tebu terlalu lama, kemudian dilakukan pengecekan pada bahan baku yang dilakukan pada periode tertentu, sehingga kualitas bahan baku terjaga.

Pada faktor lingkungan, didapatkan bahwa lingkungan kerja yang tidak sesuai dengan kaidah ergonomi dapat menyebabkan terjadinya penurunan kinerja pekerja utamanya operator. Adanya temperatur udara yang terlalu tinggi dapat berdampak pada penurunan konsentrasi operator. Pada aspek kebisingan, didapatkan bahwa kebisingan yang dihasilkan dari mesin dapat menyebabkan gangguan pada proses komunikasi serta konsentrasi operator, sehingga hal tersebut dapat menyebabkan kesalahan *transfer* informasi yang terjadi pada saat proses produksi, sehingga dapat menyebabkan hasil produksi tidak sesuai standar yang diakibatkan proses produksi yang salah karena kesalahan informasi yang didapatkan oleh operator mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakti, C. S., & Kartika, H. (2020). Analisa pengendalian kualitas produk ice cream dengan metode six sigma. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 1(1), 63–69.
- Chiarini, A., & Kumar, M. (2020). The Management of Operations Lean Six Sigma and Industry 4 . 0 integration for Operational Excellence : evidence from Italian manufacturing companies. *Production Planning & Control*, 0(0), 1–18.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1784485>
- Dewi, G. S., & Rosid, I. A. (2022). Analisis Risiko Pada Sistem Rantai Pasok Darah Saat Pandemi Covid-19. *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 10(1), 169–180.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37971/radial.v10i1.281> 27/07/2022
- Dinata, M. H. C., Andesta, D., & Hidayat, H. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Tangga Besi PT. AJG Untuk Mengurangi Kecacatan Produk Menggunakan Metode Statistik Quality Control (SQC). *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, 5(1), 27–36.
<https://doi.org/10.31602/jieom.v5i1.7181>
- Erdil, N. O., Aktas, C. B., & Arani, O. M. (2018). Embedding sustainability in lean six sigma efforts. *Journal of Cleaner Production*.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.048>
- Gaspersz, V. (2011). *Total Quality Management untuk Praktisi Bisnis dan Industri*. Vinchristo Publication.
- Kholil, M., Oktaandhini, D. S., & Suparno, A. (2020). Lean Six Sigma Untuk Mengurangi Waste Pada Produksi Tablet Coating A. *PASTI*, 14(3).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22441/pasti.2020.v14i3.004>
- Kuncoro, M. (2018). *Metode Kuantitatif Teori dan Aplikasi untuk Bisnis dan Ekonomi*. Unit Penerbit dan Percetakan Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN.
- Kurnianto, D. K., & Setyanto, H. (2021). Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode Six Sigma di PT. ZYX. *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*, 1–12.
- Lenaini, I. (2021). Teknik Pengambilan Sampel Purposive dan Snowball Sampling. *Jurnal Kajian, Penelitian & Pengembangan Pendidikan Sejarah*, 6(1), 33–39. p-ISSN 2549-7332 %7C e-ISSN 2614-1167%0D
- Nugraha, K. A., & Herlina, H. (2021). Klasifikasi Pertanyaan Bidang Akademik Berdasarkan 5W1H menggunakan K-Nearest Neighbors. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 7(1), 44–51.
<https://doi.org/10.26418/jp.v7i1.45322>
- Pratama, F. S., & Suhartini. (2019). Analisis

- Kecacatan Produk dengan Metode Seven Tools dan FTA dengan Mempertimbangkan Nilai Risiko berdasarkan Metode FMEA. *Jurnal SENOPATI*, 1(1), 41–49.
- Rosid, I. A., & Amar, K. (2018). Peningkatan Kualitas Kain Tekstil Solid Dengan Menggunakan Pendekatan Six Sigma Pada Unit Finishing and Printing Di PT. Dan Liris Sukoharjo. *Seminar Nasional Teknik Industri, October*.
- Siregar, K., & Elvira. (2020). Quality control analysis to reduce defect product and increase production speed using lean six sigma method Quality control analysis to reduce defect product and increase production speed using lean six sigma method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering PAPER*, 801(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/801/1/012104>
- Sulistiyowati, W., Adamy, M., & Jakariya, R. (2019). Product quality control based on lean manufacturing and root cause analysis methods Product quality control based on lean manufacturing and root cause analysis methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/2/022038>
- Trimarjoko, A., Purba, H. H., & Nindiani, A. (2020). Consistency Of DMAIC Phases Implementation On Six Sigma Method In Manufacturing And Service Industry: A Literature Review. *Management and Production Engineering Review*, 11(4), 34–45. <https://doi.org/10.24425/mper.2020.136118>
- Wang, T., Chen, Y., Qiao, M., & Snoussi, H. (2017). A fast and robust convolutional neural network-based defect detection model in product quality control. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9), 3465–3471. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0882-0>