

PERANCANGAN *FRAMEWORK* VERIFIKASI *QUALITY ASSURANCE* PROSES MANUFAKTUR MENGGUNAKAN KEMAMPUAN DETEKSI DAN TINDAKAN KONDISI *IRREGULAR*

Muhammad Miftahul Abid¹, Harun Indra Kusuma² dan Yessi Nasia Ulfia³

¹Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera

²Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Nusantara

³Manajemen Bisnis Industri Furnitur Kayu, Politeknik Industri Furnitur dan Pengolahan Kayu

¹Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

²Jl. Raya Pemda Pangkalan II No.66, Kedunghalang, Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16158

³Jalan Wanamarta Raya No. 20, Wonorejo, Kaliwungu, Kendal, Jawa Tengah 51371

email: ¹muhammad.abid@ti.itera.ac.id dan ²harunindrakusuma6@gmail.com

dan ³yessi.ulfia@poltek-furnitur.ac.id

Abstract

This research addresses quality issues in car Rail Roof Side production, where size specification variations occur due to suboptimal die tooling repairs and non-ideal stamping machine parameters, by developing a comprehensive quality assurance verification framework based on three fundamental variables: process stability, detection capability, and irregular action conditions. Process stability is measured using Cpk data with a target value of >1.33 indicating a stable process, while detection capability is assessed both during and after work operations, with specific scores assigned for different detection methods (during operations: 0.8 for visual detection, 1.0 for tool detection, 1.2 for warning systems, and 1.4 for interlock systems; post-operation: 1.1 for visual detection, 1.2 for tool detection, 1.3 for warning systems, and 1.4 for interlock systems), and irregular action capability is evaluated using a binary scoring system where workers receive a score of 1 for following Standard Operating Procedures during abnormal processes and 0 for non-compliance. These variables are combined to generate rank values at each inspection point, with quality assurance achievement categorized into four levels: fully achieved (rank value > 2.0), achieved (rank value 1.5-1.99), not achieved (rank value 1.2-1.49), and significantly not achieved (rank value 0.0-1.19). Unachieved process guarantees indicate process variations or instability requiring immediate attention, and the verification process is considered complete only when process guarantees meet the target ranks, with improvement actions implemented for inspection points that don't reach the target rank, ensuring effective prevention, detection, and control of production process variations through systematic quality assurance measures.

Keywords: Verification, Quality Assurance, Detection

1. Pendahuluan

Salah satu perusahaan yang berkembang pesat saat ini adalah industri manufaktur. PT. XYZ menjadi salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi *body* mobil yang terletak di Kawasan Industri Karawang. Material yang digunakan untuk membuat *body* mobil yaitu baja coil. Salah satu produk *body* mobil yang di produksi adalah *Rail Roof Side* yaitu rangka mobil yang posisinya berada diatas pintu mobil. Produksi *body* mobil ini menggunakan mesin yang dikontrol

secara otomatis, misalnya PLC. Tujuan dari penggunaan mesin pengendali berbasis otomatis adalah supaya mendapatkan spesifikasi yang presisi standar. Orientasi kualitas produk dengan memenuhi kepuasan pelanggan sehingga dengan begitu perusahaan dapat bersaing dengan competitor lain. Selain kualitas proses juga mempengaruhi kualitas produk karena proses yang stabil dapat memperkecil variasi produk.

Proses produksi *body* mobil menggunakan mesin stamping dan alat dies. Die merupakan alat

pembentukan logam yang terdiri dari sepasang alat press untuk memproses plat baja menjadi produk untuk mendapatkan hasil proses stamping yang ideal. terdapat parameter mesin stamping mulai dari tonase, tekanan udara, kesesuaian penentuan titik nol (Farioli et al., 2023). Parameter yang tidak ideal dapat menyebabkan produk *body* mobil mengalami *defect* pada WIP (*Work in Process*). *Defect* diartikan kondisi ukuran spesifikasi dan tampilan menyimpang dari yang diijinkan (Hailu & Tabuchi, 2018).

Penyebab utama ketidakstabilan proses adalah hasil perbaikan *repair tooling* die yang belum optimal. Sedangkan idealnya tooling die harus mampu memproduksi *part body* sesuai spesifikasi produk. *Improvement* yang sudah dilakukan adalah proses *repair die* menggunakan simulasi 3D untuk perbaikan desain *die* dengan menganalisis titik pengecekan yang belum memenuhi standar pengukuran, atau yang sering disebut *Critical to Quality* (CTQ). Tujuan dari simulasi perbaikan desain *die* menggunakan 3D berfungsi untuk mengembangkan desain dies yang memadai dan meningkatkan parameter proses (Sumarno et al., 2023). Selain itu meningkatkan kualitas produk *die* dan kompleksitas profil *die* namun tetap dapat mengurangi biaya manufaktur.

Proses verifikasi diperlukan untuk memastikan kemampuan penjamin mutu proses melalui pengukuran kestabilan proses produksi. Saat ini proses verifikasi kestabilan menggunakan metode Cpk dimana proses stabil jika nilai Cpk > 1,33. Aktualnya terdapat variasi proses produksi *body* mobil karena proses *stamping* tidak stabil yang ditunjukkan dengan nilai Cp dan CPk < 1,33 (Abid, 2023). Proses verifikasi dilakukan pada saat proses produksi selesai sehingga kestabilan proses tidak dapat di deteksi sejak awal proses. Deteksi *defect* saat proses mampu mengurangi potensi terjadi *defect* dan dampaknya jika solusi yang diterapkan benar (Pratikno et al., 2022)

Penelitian ini fokus pada perancangan *Framework* verifikasi *quality assurance* proses manufaktur *Automotive*. Tujuan perancangan *framework* verifikasi ini untuk memastikan *quality assurance* yang digunakan mampu mencegah, mendeteksi dan mengontrol setiap aktivitas proses produksi. Pengembangan *framework* verifikasi QA menggunakan variabel nilai kestabilan proses (Cpk), kemampuan deteksi perangkat di mesin dan operator (kemampuan deteksi) serta variabel tingkat kontrol saat terjadi kondisi abnormal (kontrol *irregular*).

2. Landasan Teori

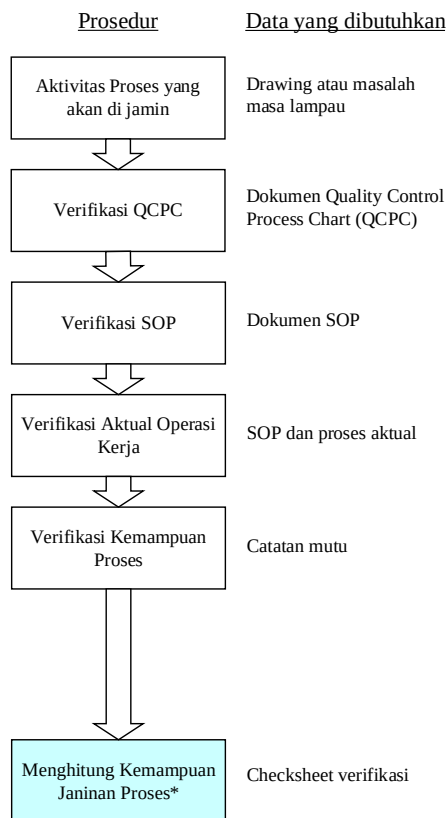
Beberapa kajian pustaka yang terkait dengan *quality assurance* pada industri manufaktur antara lain implementasi sistem ERP untuk menjamin *quality assurance* dari *raw material* hingga distribusi produk, mengintegrasikan data dan kontrol proses (Rathnayake et al., 2023). Verifikasi ERP dilakukan oleh ahli ERP untuk membantu mengidentifikasi potensi kegagalan sistem ERP dan memberikan solusi kepada tim. Namun kontrol proses menggunakan ERP tidak menjelaskan item proses yang dapat diukur. Selain itu penggunaan *Visual Quality assurance* (VQA) berbasis *Artificial Intelligence* (AI) digunakan untuk industri manufaktur yang memiliki karakteristik yaitu proses *automation* tinggi, volume produksi besar dan produk kompleks. Penggunaan AI untuk *quality assurance* lebih mahal dan fokus pada aspek visual dalam mendeteksi *defect* (Hoffmann & Reich, 2023).

Pada industri manufaktur salah satu alat yang digunakan untuk verifikasi penjamin kualitas proses produksi adalah *Quality Assurance Matrix* (QAM). Metode verifikasi QA ini menghasilkan peringkat potensi *defect* dan batas keandalan sistem kontrol proses produksi sehingga menentukan tahapan perbaikan kualitas (Luminița et al., 2012). Penelitian Pratikno et al (2022) memodifikasi model QAM atau model verifikasi jaminan mutu proses berdasarkan tingkat dampak *defect* dan tingkat kemampuan jaminan mutu (QA). Pengukuran jenis *defect* dan tingkat dampak kritis diukur dengan skala 1 – 5. Sedangkan kontrol jaminan proses menggunakan alat kontrol di mesin dan kontrol pekerja dengan skala 1 – 5.

Berdasarkan kajian pustaka maka penelitian ini merancang *framework* verifikasi *quality assurance* proses manufaktur menggunakan variabel kestabilan proses, kemampuan deteksi dan tindakan kondisi *irregular*.

3. Metodologi Penelitian

Perancangan *Framework* verifikasi QA proses terdiri dari 6 tahap yaitu, (1) Menentukan item proses yang akan diverifikasi dan menetapkan target rank, (2) Verifikasi *Quality Control Process Chart* (3) Verifikasi Standar Operasional Prosedur, (4) Verifikasi actual proses (5) Verifikasi kemampuan deteksi dengan menghitung kestabilan proses, (6) Menghitung kemampuan jaminan proses. Secara detail tersaji dalam Gambar 1.



*Skema tambahan yang dikembangkan pada penelitian ini

Gambar 1. Alur Perancangan Verifikasi Framework Quality Assurance Proses

a. Menentukan Item Proses yang Akan di Verifikasi

Tahap pertama menentukan proses yang akan diverifikasi untuk memastikan semua proses sudah ada dan tidak ada yang terlewat. Proses produksi meliputi urutan proses dari awal hingga akhir. Selain itu, jumlah mesin yang dibutuhkan, teknologi yang digunakan, *cycle time* per unit dan *Pokayoke*. Data yang diperlukan untuk memastikan urutan proses adalah *drawing*, proses kritis (*critical process*), *final inspection item*, *history problem* data dan *work instruction*.

b. Verifikasi Quality Control Process Chart

QCPC atau *Quality Control Process Chart* merupakan model proses produksi yang bertujuan untuk mencegah produk defect (Hailu & Tabuchi, 2018). QCPC dirancang bersama merancang proses bisnis dari *raw material* hingga produk di berbentuk instrumen yang mengontrol kualitas produk dan kualitas proses dimana terdapat poin kontrol (parameter), nilai standar, petugas

pengecekan, metode pengecekan, bentuk data dan frekuensi pengecekan.

Verifikasi QCPC perlu dilakukan untuk mengendalikan proses produksi agar mampu mempertahankan kualitas produk atau meningkatkan kualitas (Fadhlullah et al., 2024). Proses verifikasi QCPC berupa pencocokan antara proses aktual dengan yang tertuang di dokumen QCPC. Saat proses produksi ini berjalan QCPC digunakan sebagai panduan untuk memverifikasi proses apakah setiap proses sama atau tidak dengan QCPC terutama poin kontrol (parameter), nilai standar, petugas pengecekan, metode pengecekan, bentuk data dan frekuensi pengecekan. Jika terdapat perubahan proses aktual atau *improvement process* maka point – point di QCPC akan dirubah dan disesuaikan. Verifikasi QCPC dilakukan oleh Departemen *Quality assurance*.

c. Verifikasi Standar Operasional Prosedur (SOP)

Pembuatan SOP diturunkan dari QCPC untuk menjelaskan lebih detail proses. SOP dibuat untuk setiap proses kerja dimana harus detail tercantum identitas produk, spesifikasi material, *critical point quality*, parameter mesin, langkah kerja operator serta prosedur kondisi tidak normal. Tujuan dilakukan verifikasi SOP untuk menjamin aktivitas yang ada di SOP sesuai dengan langkah kerja yang sedang berjalan (Ratmananda et al., 2024). Tahapan verifikasi dilakukan oleh di periksa oleh semua Pimpinan Departemen dengan memastikan alur proses, pelaksana dan kesesuaian aktivitas.

d. Verifikasi Aktual Proses

Verifikasi actual proses pada tahapan verifikasi QA bertujuan untuk memastikan bahwa operasi kerja dapat dilakukan sesuai dengan SOP yang berlaku serta tindakan yang diambil saat terjadi kondisi *irregular* Prosedur ini mencakup pengecekan apakah setiap langkah operasional telah berjalan sesuai standar dan bagaimana respon terhadap kondisi di luar normal dilaksanakan. Pengecekan ini dilakukan dengan mengacu pada form SOP dan actual operasi untuk membandingkan kesesuaian pelaksanaan di lapangan (Galindo-Salcedo et al., 2022). Hasil verifikasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa seluruh proses berjalan sesuai prosedur dan mampu menghadapi situasi *irregular* secara tepat.

e. Verifikasi Kemampuan Proses

Pada tahap ini aktivitas yang dilakukan adalah menghitung kemampuan jaminan proses dilihat dari tingkat kestabilan proses. Indeks kestabilan proses mengukur performa proses untuk mendeteksi potensi adanya variasi pada proses (Chen et al., 2014). Proses dikatakan stabil jika nilai $Cpk > 1,33$ seperti yang tersaji pada Gambar 4. Penentuan nilai Cp 1,33 sebagai batas minimum proses stabil karena 1,33 di gunakan untuk mengontrol performa mesin selama beroperasi (Abid, 2023). Selain itu nilai Cpk digunakan untuk mengukur kestabilan proses. Sedangkan untuk proses yang tidak dapat diukur penentuan nilai *process assessment* berdasarkan hasil verifikasi proses yang berjalan sudah sesuai SOP tau belum.

$$Cpk = \min \left[\frac{\mu - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \mu}{3\sigma} \right] \quad (1)$$

$$USL = X_{obar} + TE_a \quad (2)$$

$$LSL = X_{obar} - TE_a \quad (3)$$

$$Cpk = \min \left[\frac{TE_a + \mu - X_{obar}}{3\sigma}, \frac{X_{obar} + TE_a - \mu}{3\sigma} \right] \quad (4)$$

4. Pembahasan

Penelitian ini mengembangkan *framework* verifikasi QA dengan menambahkan variabel kemampuan deteksi dan kontrol kondisi *irregular*.

a. Kemampuan Deteksi

Tahap ini diawali dengan menentukan nilai kemampuan deteksi suatu problem deteksi untuk mencegah kelolosan dengan inspeksi alat, secara visual ataupun otomatis di proses selanjutnya. Proses deteksi pada saat operasi kerja berlangsung dan hasil cek operasi kerja. Skema penentuan skor kemampuan deteksi tersaji pada Tabel 1.

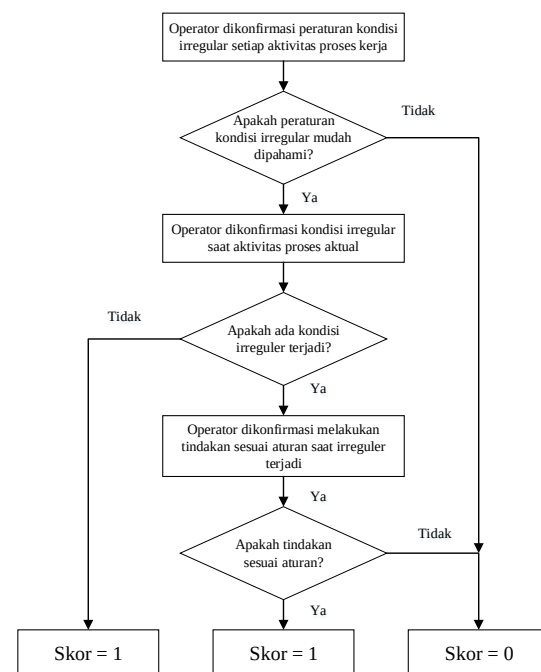
Tabel 1. Matriks Penentuan Skor Kemampuan Deteksi

Pengecekan Operasi kerja	Operasi Kerja	Hasil Cek Operasi Kerja
Inspeksi Visual	0,8	1,1
Inspeksi dengan alat pengecekan	1,0	1,2
Deteksi mesin QA (warning)	1,0	1,3
Deteksi mesin QA (interlock)	1,4	1,4

Pada jaminan kualitas (QA) untuk proses deteksi operasi kerja berpotensi terjadi kelolosan yang disebabkan operator kemungkinannya dari 1,000 terjadi 3 kali (0.3%) meskipun menggunakan pengecekan jaminan tingkat tinggi seperti *Device A (Interlock)*. Oleh karena resiko kelolosan inspeksi harus dievaluasi hasil operasi kinerja. Metode inspeksi setelah operasi kerja dipilih berdasarkan tingkat risiko proses. Misalnya jika untuk inspeksi jumlah part yang terpasang atau posisi part maka dapat menggunakan device A interlock karena resiko tinggi. Sebaliknya jika potensi resikonya kecil seperti pemasangan label atau inspeksi jumlah titik pengelasan maka dapat pengecekan visual dengan marker (dermato) sebagai bukti telah dilakukan operasi kerja dan pengecekan secara visual

b. Kondisi Kontrol Irregular

Tahap ini diawali dengan menentukan nilai kemampuan deteksi suatu problem deteksi untuk mencegah kelolosan dengan inspeksi alat, secara visual ataupun otomatis di proses selanjutnya. Proses deteksi pada saat operasi kerja berlangsung dan hasil cek operasi kerja. Standar penentuan skor deteksi tersaji pada Gambar 2.



Gambar 3. Skema Menentukan Skor Kondisi Irregular

c. Menghitung Kemampuan Jaminan Proses

Tujuan perancangan *framework* verifikasi QA yaitu aktivitas peningkatan mutu yang dilakukan untuk memverifikasi kemampuan

jaminan mutu dengan mengukur kestabilan proses produksi. Pelaksanaan verifikasi QA tidak hanya ingin mencapai target rank tetapi juga untuk menentukan kemungkinan yang ada. Sehingga dapat diambil keputusan perlu dilakukan peningkatan rank dari mutu yang tidak tercapai serta pertimbangan dalam menetapkan tindakan untuk menjaga resiko mutu.

Model pengukuran mutu kestabilan proses produksi *part body* melalui nilai Cpk 1,33 yang dilakukan Abid (2023) memiliki keterbatasan tidak ada proses deteksi atau pengecekan saat proses sehingga kestabilan proses dapat diketahui saat proses produksi selesai. Penelitian ini memasukkan variabel proses deteksi dan kondisi *irregular* sehingga menghasilkan sebuah persamaan rumus untuk menghitung rank dimana rank tersebut menunjukkan mutu kestabilan proses produksi. Perhitungan besarnya nilai Cpk yaitu :

Sebelum menghitung nilai rank untuk dapat memastikan seluruh proses actual sudah diverifikasi terhadap dokumen QA yang ada di langkah 1 – 5. Selanjutnya tahap 6, proses pengukuran nilai rank menggunakan nilai kestabilan proses yang dapat diukur atau tidak dapat diukur, nilai kemampuan deteksi saat proses maupun selesai proses dan nilai kontrol kondisi *irregular*. Berdasarkan model matematis nilai CPK, maka didapatkan besarnya ranking dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai Rank} = \text{Cpk} \times \text{K1a} \times \text{K1b} \times \text{K2} \quad (5)$$

Nilai rank : jaminan kualitas

Cpk : Skor kestabilan proses

K1a : Skor deteksi saat operasi kerja

K1b : Skor deteksi saat selesai operasi kerja

K2 : Skor tindakan kondisi irregular

Hasil dari perhitungan berupa nilai rank dan kategori prioritas penanganan. Berdasarkan nilai kestabilan proses, kemampuan deteksi dan kemampuan mengontrol kondisi *irregular* maka penelitian ini menentukan target rank sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Rank Jaminan Kualitas Proses

Target Rank	Nilai Rank	Jaminan QA
S	> 2,00	Tercapai
A	1,50 – 1,99	Tercapai
B	1,20 – 1,49	Tidak tercapai
C	0,00 – 1,19	Tidak tercapai

Jumlah sampel yang digunakan untuk verifikasi proses yaitu 30 unit. Nilai jaminan kualitas tercapai jika target rank S dengan nilai rank > 2,00 dan target rank A dengan nilai rank 1,50 – 1,99. Rank S menunjukkan proses sangat stabil yaitu ukuran spesifikasi produk mendekati ukuran standar. Sedangkan rank A menunjukkan proses stabil namun terdapat beberapa sampel produk yang variasi ukuran tidak sama. Sedangkan rank B dan C jaminan proses tidak tercapai karena proses tidak stabil dan terdapat produk yang tidak sesuai spesifikasi. Oleh karena itu pada rang ini tingkat variasi lebih besar.

Selanjutnya hasil verifikasi jaminan mutu dapat dibuat sebuah laporan dengan format seperti Gambar 4. Pada format laporan hasil verifikasi terdapat titik inspeksi yaitu jumlah titik kritis yang di cek ukuran terhadap standar ukuran. Sampel produk yang di inspeksi sebanyak 30 unit. Nilai rank dihitung menggunakan persamaan rumus yang telah dibuat yang outputnya dari 0,00 hingga > 2,00. Kemudian jaminan QA terisi Rank S,A,B,C.

Laporan Verifikasi *Quality Assurance* Proses

No	Titik Inspeksi	Standar ukuran	Sampel Inspeksi					Nilai Rank	Jaminan QA
			1	2	3		30		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Gambar 4. Format Laporan Hasil Verifikasi QA Proses

5. Diskusi dan Kajian Baru

Tujuan *framework* verifikasi QA proses yaitu mengoptimalkan aktivitas peningkatan mutu yang dilakukan untuk memverifikasi kemampuan jaminan mutu dengan mengukur kestabilan proses produksi. Fungsi verifikasi *quality assurance* di proses manufaktur untuk memenuhi kualitas produk yang diharapkan konsumen (Panitsettakorn et al., 2023). Cara kerja *framework* verifikasi QA proses ini adalah mengukur tingkat kestabilan proses dengan meninjau variasi pada produk. Kestabilan proses menjadi unsur utama yang digunakan verifikasi penjamin mutu *framework* ini di representasikan dengan *capability index* atau nilai Cpk. Unsur kestabilan proses perlu diperhatikan karena ukuran kesalahan analisis tergantung pada kemampuan proses stabil

atau tidak (Chesher & Burnett, 1997). Selain itu nilai Cpk dapat mewakili indeks yang utama untuk mengukur tingkat kualitas (Ireson & Juran, 1952). Pengukuran Cpk ini untuk melihat kinerja mesin dalam melakukan proses produksi.

Kinerja mesin yang bagus juga masih berpotensi terjadi kelolosan produk yang *defect*. Kemampuan deteksi sangat diperlukan untuk menurunkan adanya potensi variasi produk pada saat proses produksi berlangsung. Ketika deteksi dilakukan saat proses dapat menghindari defect pada produk jadi sehingga produk yang diterima konsumen sesuai spesifikasi. Hal ini untuk menjaga kepercayaan dan kepuasan konsumen.

Penelitian Pratikno et al (2022) juga menggunakan kemampuan deteksi manusia dan mesin dengan skala sensitivitas 1/2/3/4/5 yang dilakukan saat operasi kerja. Sedangkan penelitian ini menggunakan kemampuan deteksi pada saat operasi kerja dengan tingkat sensitivitas 0,8/1/1,2/1,4. Artinya tingkat sensitivitasnya lebih telitian. Kemudian setelah proses selesai dilakukan inspeksi hasil operasi kerja dengan sensitivitas 1,1/1,2/1,3/1,4. Artinya inspeksi hasil kerja menunjukkan ketelitian lebih tinggi daripada saat operasi kerja yaitu 0,1. Hal ini bertujuan memastikan proses selanjutnya potensi timbul *defect* lebih kecil.

Proses manufaktur Sebagian besar menggunakan teknologi *automation*. Pekerja memastikan operasi kerja sesuai dengan SOP dan mengambil tindakan saat terjadi operasi kerja tidak normal. Perancangan verifikasi jaminan mutu proses sebelumnya berdasarkan tingkat dampak *defect* dan tingkat kemampuan jaminan mutu dan tidak mempertimbangkan kemampuan pekerja menghadapi kondisi *irregular* (Arham Pratikno et al., 2022). Sedangkan penilaian tindakan atau keputusan pekerja saat kondisi *irregular* dan proses berjalan tidak normal berguna untuk perbaikan yang tepat selama produksi massal berjalan. Melatih kognisi manusia dalam pekerjaan yang kompleks dapat membantu mencegah kegagalan pekerja dalam mengambil tindakan diluar kendali (Levine et al., 2024). *Framework* verifikasi QA proses pada penelitian ini mempertimbangkan kemampuan pekerja saat kondisi operasi tidak normal. Jika pekerja mampu mengambil tindakan sesuai SOP maka skor 1. Sebaliknya pekerja tidak mampu mengambil tindakan sesuai SOP maka nilai 0.

Verifikasi QA proses ini mengkombinasikan nilai Cpk, nilai kemampuan deteksi dan nilai kemampuan tindakan kondisi *irregular* yang menghasilkan rank S,A,B,C yaitu rank S kualitas

tercapai sekali dan rank C kualitas tidak tercapai sekali. Target rank berguna untuk mengidentifikasi secara detail titik inspeksi yang sudah tercapai spesifikasi dan yang belum tercapai spesifikasi. Proses verifikasi dianggap selesai jika Kepala Departemen memeriksa dan menyetujui hasil verifikasi terhadap jaminan proses yang mencapai target serta melakukan perbaikan terhadap jaminan kualitas yang tidak mencapai target rank.

6. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang *framework* verifikasi *quality assurance* proses manufaktur dengan menambahkan variabel kestabilan proses (Cpk), tingkat kemampuan deteksi dan tingkat kemampuan tindakan *irregular*. Hasil perancangan untuk ketelitian *framework* verifikasi QA yang penelitian sebelumnya menggunakan variabel dampak *defect* dan kemampuan deteksi dengan skala nilai 1 – 5. Peningkatan tingkat ketelitian verifikasi QA ini dilakukan dengan pengukuran kestabilan proses berdasarkan standar Cpk > 1,33 ditambah kemampuan deteksi pada operasi kerja skala 0,8/1/1,2/1,4 dan tingkat kemampuan deteksi pasca operasi kerja skala 1,1/1,2/1,3/1,4. Kemudian faktor kemampuan pekerja mengambil tindakan saat kondisi operasi tidak normal juga dipertimbangkan dalam *framework* verifikasi ini dengan tingkat 1 dan 0. Hasil dari perhitungan verifikasi QA proses berupa target rank S jaminan kualitas tercapai, rank A jaminan kualitas tercapai, rank B jaminan kualitas tidak tercapai, rank C jaminan kualitas tidak tercapai. Verifikasi dianggap selesai jika hasil verifikasi terhadap jaminan proses yang mencapai target serta melakukan perbaikan terhadap jaminan kualitas yang tidak mencapai target rank.

Daftar Referensi

- Abid, M. M. (2023). Analisis Kestabilan Proses Manufaktur Part Body Mobil. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 464–473. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.2034>
- Arham Pratikno, F., Anestesia Purba, A., Gesan Prabawa Anwar, P., Studi Teknik Logistik, P., Teknologi Industri dan Proses, J., Teknologi Kalimantan Jalan Soekarno Hatta, I. K., Joang, K., Timur, K., & Studi Teknik Industri, P. (2022). *Pengembangan Metode Quality Assurance Matrix untuk Meningkatkan Sensitivitas Penilaian Defect pada Proses Manufaktur*. 20(1), 388–392.
- Chen, M. S., Wu, M. H., & Lin, C. M. (2014). Application of indices Cp and Cpk to

- improve quality control capability in clinical biochemistry laboratories. *Chinese Journal of Physiology*, 57(2), 63–68. <https://doi.org/10.4077/CJP.2014.BAB170>
- Chesher, D., & Burnett, L. (1997). Equivalence of Critical Error Calculations and Process Capability Index Cpk. *Clinical Chemistry*, 43(6), 1100–1101. <https://doi.org/10.1093/clinchem/43.6.1100>
- Fadhullah, F., Noya, S., & Putrianto, N. K. (2024). Analysis of Pipe Water Inlet EW010 Quality Control Using Six Sigma and Failure Mode and Effect Analysis. *Jurnal Sains Dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*, 4(1), 01–16. <https://doi.org/10.33479/sakti.v4i1.87>
- Farioli, D., Kaya, E., Fumagalli, A., Cattaneo, P., & Strano, M. (2023). A Data-Based Tool Failure Prevention Approach in Progressive Die Stamping. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/jmmp7030092>
- Galindo-Salcedo, M., Pertúz-Moreno, A., Guzmán-Castillo, S., Gómez-Charris, Y., & Romero-Conrado, A. R. (2022). Smart manufacturing applications for inspection and quality assurance processes. *Procedia Computer Science*, 198(2020), 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.282>
- Hailu, H., & Tabuchi, H. (2018). *Minimization of Long Delivery Time of Shoe By Integration of 7 Qc Tools and Qc Story Formula: the Case of Sheba Leather Plc.* <http://www.journalcra.com>
- Hoffmann, R., & Reich, C. (2023). A Systematic Literature Review on Artificial Intelligence and Explainable Artificial Intelligence for Visual Quality Assurance in Manufacturing. *Electronics (Switzerland)*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/electronics12224572>
- Ireson, W. G., & Juran, J. M. (1952). Quality-Control Handbook. In *Journal of the American Statistical Association* (Vol. 47, Issue 258). <https://doi.org/10.2307/2280757>
- Levine, C. S., Al-Douri, A., Paglioni, V. P., Bensi, M., & Groth, K. M. (2024). Identifying human failure events for human reliability analysis: A review of gaps and research opportunities. *Reliability Engineering and System Safety*, 245(December 2023), 109967. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.109967>
- Luminița, Ș., Nadia, B., & Daniela, B. M. (2012). Quality Assurance Matrix in Automotive Industry. *ANNALS OF THE ORADEA UNIVERSITY. Fascicle of Management and Technological Engineering*, XXI (XI),(2). <https://doi.org/10.15660/auofmte.2012-2.2674>
- Panitsettakorn, W., Ongkunaruk, P., & Leingpibul, T. (2023). The present state of the cosmetics supply chain in Thailand and the prospective role of Independent Quality Assurance Verifiers (IQAVs) within the supply chain. *Heliyon*, 9(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20892>
- Rathnayake, C., Management, F. :, & Perera, H. M. (n.d.). *Implementing Enterprise Systems in GMP Areas to Ensure Defect-Free Production and Quality Assurance.*
- Ratmananda, D., Wiranti, Y. T., & Fitratunnany Insanittaqwa, V. (2024). Perancangan Model Proses Bisnis dan Standar Operasional Prosedur Pada PT XYZ Bagian Operations Department. *EQUIVA Journal of Mathematics & Information Technology*, 2(1).
- Sumarno, D. I., Zaid Sulaiman, & Maman Suryaman. (2023). Simulasi Perbaikan Desain Proses Pembentukan Tempa Dingin (Cold Forming) Mur M14. *Jurnal Permadi : Perancangan, Manufaktur, Material Dan Energi*, 5(2), 78–87. <https://doi.org/10.52005/permadi.v5i2.122>