

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK N19  
PADA PROSES PTED MENGGUNAKAN  
METODE SIX SIGMA DMAIC  
(Studi Kasus : PT. X, Bekasi)**

**SKRIPSI**

**Nandar Abdurahman**

**20200110011**



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN  
UNIVERSITAS NUSA PUTRA  
SUKABUMI  
2025**

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK N19  
PADA PROSES PTED MENGGUNAKAN  
METODE SIX SIGMA DMAIC  
(Studi Kasus : PT. X, Bekasi)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Dalam Menempuh Gelar Sarjana  
Program Studi Teknik Mesin*

**Nandar Abdurahman**  
**20200110011**



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN  
UNIVERSITAS NUSA PUTRA  
SUKABUMI  
2025**

## PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK N19 PADA  
PROSES PTED MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA  
DMAIC

NAMA : NANDAR ABDURAHMAN

NIM : 20200110011

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai bukti-bukti yang cukup maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar sarjana teknik mesin saya beserta hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”

Sukabumi, 24 Januari 2025



Nandar Abdurahman

Penulis

## PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK N19 PADA  
PROSES PTED MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA  
DMAIC

NAMA : NANDAR ABDURAHMAN

NIM : 20200110011

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui

Sukabumi, 24 Januari 2025

Dosen Pembimbing



Zaid Sulaiman S.T., M.T

NIDN: 0410109701

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Lazuardi Akmal Islami M.Si.

NIDN: 0415039402

## PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK N19 PADA  
PROSES PTED MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA  
DMAIC

NAMA : NANDAR ABDURAHMAN

NIM : 20200110011

Skripsi ini diajukan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi Tanggal 24 Januari 2025. Menurut pandangan kami, skripsi ini memadai dari segala kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik (S.T).

Sukabumi, 24 Januari 2025

Dosen Pembimbing



Zaid Sulaiman S.T., M.T.

NIDN: 0410109701

Ketua Penguji



Ir. Dani Mardiyana, S.Pd. MT.

NIDN: 0429038703

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Lazuardi Akmal Islami M.Si.

NIDN: 0415039402

PLH. Dekan Fakultas Teknik. Komputer dan Desain

Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM., ASEAN, Eng.

NIDN. 0402037401

## ABSTRAK

PT. X adalah perusahaan otomotif yang memproduksi kendaraan roda empat dengan proses pengecatan menggunakan metode *Electrodeposition Painting*. Pada produk N19, sering terjadi cacat pada area PTED, khususnya jenis cacat *stain* (47%), *dirt* (19%), *rough* (24%), dan *cissing* (11%), yang menyebabkan *downtime* dan kebutuhan perbaikan. Penelitian ini menerapkan metode *Six Sigma DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk mengidentifikasi dan mengatasi cacat. Selama Mei–Oktober 2023, terdapat 123 unit cacat dengan nilai DPMO 24.651,2 dan tingkat sigma 2,28. Fokus utama adalah mengatasi cacat *stain*, yang mencapai 58 unit. Analisis menunjukkan cacat disebabkan oleh faktor metode, yaitu ketiadaan prosedur pengecekan di area rawan potensi cacat *stain*. Perbaikan dilakukan dengan menutup celah menggunakan *sealer* dan merevisi metode kerja, termasuk menambahkan *jobdesk* pengecekan pada potensi terjadinya cacat *stain* tersebut. Hasilnya, cacat *stain* berhasil ditekan dari 58 unit menjadi 0, sehingga dapat mengurangi *downtime* dan meningkatkan kualitas proses produksi pada unit N19 di area PTED.

Kata kunci: Pengendalian Kualitas, *Six Sigma*, DMAIC.



## ABSTRACT

*PT. X is an automotive company that produces four-wheeled vehicles with a painting process using the Electrodeposition Painting method. In N19 products, there are often defects in the PTED area, especially stain (47%), dirt (19%), rough (24%), and cissing (11%) defects, which cause downtime and the need for repairs. This study applies the Six Sigma DMAIC method (Define, Measure, Analyze Improve, Control) to identify and overcome defects. During May–October 2023, there were 123 defective units with a DPMO value of 24,651.2 and a sigma level of 2,28. The main focus is on overcoming stain defects, which reaches 58 units. The analysis showed that the defect was caused by a method factor, namely the absence of a checking procedure in an area prone to potential stain defects. Repairs were made by closing the gap using a sealer and revising the work method, including adding a checking jobdesk to the potential for the stain defect. As a result, stain defects were successfully reduced from 58 units to 0, so that it could reduce downtime and improve the quality of the production process in the N19 unit in the PTED area.*

**Keywords:** *Quality Control, Six Sigma, DMAIC*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis panjatkan puji syukur kepada tuhan yang maha Esa atas rahmat dan kuasa-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir skripsi ini yang berjudul “ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK N19 PADA PROSES PTED MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DMAIC”. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik, Desain dan Komputer Universitas Nusa Putra Sukabumi. Peneliti menyadari jika selama proses pengerjaan proposal penelitian ini, banyak pihak telah memberikan bantuan dan dukungannya. Oleh karena itu, peneliti menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Zaid Sulaiman, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan di setiap tahapan pengerjaan proposal hingga selesai.
2. Pihak PT X yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu memberi doa dan dukungan baik berupa moril maupun materi.
4. Teman-teman Teknik Mesin yang saling memberikan bantuan informasi, dan selalu memberikan dukungan maupun motivasi selama proses pengerjaan proposal.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu Teknik Mesin dan pihak-pihak lainnya.

Sukabumi, 24 Januari 2025

Penulis

Nandar Abdurahman

NIM. 20200110011

## HALAMAN PERNYATAAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI

Sebagai civitas akademika Universitas Nusa Putra yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : NANDAR ABDURAHMAN  
NIM : 20200110011  
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN  
JENIS KARYA : SKRIPSI

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah yang berjudul “ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK N19 PADA PROSES PTED MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DMAIC” Beserta perangkat yang ada (jika di perlukan), dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Sukabumi, 24 Januari 2025

Penulis



Nandar Abdurahman

NIM. 20200110011

## DAFTAR ISI

|                                                       |             |
|-------------------------------------------------------|-------------|
| <b>PERNYATAAN PENULIS.....</b>                        | <b>I</b>    |
| <b>PERSETUJUAN SKRIPSI.....</b>                       | <b>II</b>   |
| <b>PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>                       | <b>III</b>  |
| <b>ABSTRAK.....</b>                                   | <b>IV</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                 | <b>V</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                           | <b>VI</b>   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b> | <b>VII</b>  |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                               | <b>VIII</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                             | <b>X</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                            | <b>X</b>    |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                        | <b>1</b>    |
| 1.1    Latar Belakang .....                           | 1           |
| 1.2    Rumusan Masalah.....                           | 2           |
| 1.3    Tujuan Penelitian.....                         | 2           |
| 1.4    Manfaat Penelitian .....                       | 3           |
| 1.5    Batasan Penelitian.....                        | 3           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                   | <b>4</b>    |
| 2.1    Penelitian Terdahulu .....                     | 4           |
| 2.2    Kualitas .....                                 | 5           |
| 2.3    Pengendalian Kualitas.....                     | 6           |
| 2.4    Cacat.....                                     | 7           |
| 2.5    Pengecatan .....                               | 7           |
| 2.5.1    Cacat Pengecatan.....                        | 8           |
| 2.5.2 <i>Electro Deposition Painting (EDP)</i> .....  | 9           |
| 2.6 <i>Six Sigma</i> .....                            | 10          |
| 2.7    Alat Pengendalian Kualitas .....               | 12          |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>             | <b>15</b>   |
| 3.1    Diagram Alir .....                             | 15          |
| 3.2    Lokasi Penelitian.....                         | 17          |
| 3.3    Objek Penelitian.....                          | 17          |
| 3.4    Metode Pengumpulan Data.....                   | 17          |
| 3.5    Metode Pengolahan dan Analisa Data.....        | 18          |

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| <b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b> | <b>19</b> |
| 4.1 Pengumpulan Data .....                         | 19        |
| 4.2 Pengolahan Data .....                          | 23        |
| 4.2.1 <i>Define</i> .....                          | 23        |
| 4.2.2 <i>Measure</i> .....                         | 24        |
| 4.2.3 <i>Analyze</i> .....                         | 29        |
| 4.2.4 <i>Improvement</i> .....                     | 35        |
| 4.2.5 <i>Controlling</i> .....                     | 37        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>             | <b>38</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                               | 38        |
| 5.2 Saran .....                                    | 39        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                         | <b>40</b> |



## DAFTAR TABEL

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....                                 | 4  |
| Tabel 2.2 <i>level sigma</i> .....                                   | 10 |
| Tabel 4.1 Jumlah cacat produk N19 bulan Mei sampai Oktober 2023..... | 23 |
| Tabel 4.2 Tabel data kumulatif diagram pareto .....                  | 24 |
| Tabel 4.3 Tabel perhitungan peta kendali .....                       | 26 |
| Tabel 4.4 Tabel perhitungan DPMO dan tingkat sigma .....             | 29 |
| Tabel 4.6 Tabel data cacat stain setelah improvement.....            | 37 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Cacat stain.....                                 | 8  |
| Gambar 2.2 Cacat dirt.....                                  | 8  |
| Gambar 2.3 Cacat rough.....                                 | 9  |
| Gambar 2.4 Cacat cissing .....                              | 9  |
| Gambar 2.5 Proses electro deposition painting (EDP) .....   | 10 |
| Gambar 2.6 Gambar diagram pareto .....                      | 12 |
| Gambar 2.7 Control chart.....                               | 13 |
| Gambar 2.8 Diagram fishbone .....                           | 14 |
| Gambar 3.1 Diagram alir.....                                | 15 |
| Gambar 3.2 Proses PTED.....                                 | 19 |
| Gambar 4.1 Cacat stain.....                                 | 21 |
| Gambar 4.2 Cacat dirt.....                                  | 22 |
| Gambar 4.3 Cacat rough.....                                 | 22 |
| Gambar 4.4 Cacat cissing .....                              | 23 |
| Gambar 4.5 Diagram pareto .....                             | 24 |
| Gambar 4.6 Peta kendali .....                               | 27 |
| Gambar 4.7 Diagram fishbone .....                           | 30 |
| Gambar 4.8 Checksheet pengecekan nozzle .....               | 30 |
| Gambar 4.9 Flex chart .....                                 | 31 |
| Gambar 4.10 Bag filter .....                                | 32 |
| Gambar 4.11 Instruksi kerja area preparation.....           | 33 |
| Gambar 4.12 Checksheet pengecekan arah nozzle.....          | 33 |
| Gambar 4.13 Checksheet pengecekan aliran nozzle .....       | 34 |
| Gambar 4.14 Checksheet pengecekan dan cleaning filter ..... | 34 |
| Gambar 4.15 Posisi celah kap mesin pada unit N19 .....      | 35 |
| Gambar 4.17 Penambahan jobdesk pemasangan sealer .....      | 36 |
| Gambar 4.16 Pemasangan sealer.....                          | 36 |

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perusahaan-perusahaan industri otomotif yang bergerak pada manufaktur kendaraan roda empat bersaing untuk bisa menjual produk yang berkualitas dan mempunyai daya tahan terhadap korosi [1]. Karena hampir seluruh bagian kendaraan berbahan besi rentan terhadap korosi yang dapat menyebabkan kerusakan pada logam akibat reaksi kimia antara logam dengan lingkungan di sekitarnya [2]. Sehingga perlu *treatment* khusus agar kendaraan bisa bertahan dari korosi. Pemberian pelapis cat pada permukaan besi di kendaraan selain mempercantik dengan memberi warna, juga memberi proteksi agar tidak terjadi proses oksidasi sehingga korosi pun tidak terjadi [3].

Pemberian pelapis cat dilakukan setelah melalui proses pembentukan dan perakitan bagian-bagian rangka yang telah dibentuk menjadi suatu rangka kendaraan yang utuh dan siap untuk diberi pelapis cat [4]. Proses pelapisan cat pada penelitian ini meliputi proses *Pretreatment* dan *Electrodeposition* (PTED). Pada proses *Pretreatment* (PT) merupakan perlakuan awal untuk mengkondisikan rangka sebelum proses pengecatan [5]. Terdiri dari proses pembersihan dan pelapisan rangka dengan kristal *Zinc Phosphate* sebagai pelindung rangka dari korosi dan sebagai lapisan yang memperkuat daya rekat pada proses pelapisan cat tersebut [6]. Setelah proses *Pretreatment* selanjutnya yaitu proses *Electrodeposition* (ED). Merupakan proses pelapisan cat menggunakan arus listrik untuk menempelkan lapisan cat berupa resin, pigmen beserta aditifnya ke permukaan rangka yang tersuspensi dalam bak cairan [7]. Permukaan rangka yang sudah terlapisi cat dimasukkan ke dalam mesin *oven* untuk mengeringkan cat yang sudah menempel di permukaan rangka tersebut [8]. Kemudian keluaran dari proses *oven* akan dilakukan pengecekan di area *Elposand* untuk mengetahui hasil dari proses pengecatan PTED [9].

Dari hasil pengecekan di area *Elposand* ditemukan kecacatan pada cat hasil proses pengecatan PTED yang dapat menghambat proses selanjutnya karena harus dilakukan perbaikan terlebih dahulu pada unit yang mengalami kecacatan tersebut, sehingga proses serta waktu produksi menjadi terganggu [10]. Pada bulan Mei

sampai Oktober 2023, di proses PTED memproduksi sebanyak 1322 Unit N19 dan terdapat kecacatan sebanyak 123 Unit berupa cacat *stain* 58, cacat *dirt* 23, cacat *rough* 29 dan cacat *cissing* 13 unit. Oleh karena itu penting sekali untuk menjaga kualitas dari setiap proses pengecatan agar unit yang diproses memiliki kualitas dan proses produksi yang baik dengan cara melakukan perbaikan, peningkatan kualitas produk untuk meminimalisir dan menghilangkan masalah cacat tersebut [11].

Untuk mengatasi masalah-masalah cacat tersebut akan dilakukan usulan perbaikan menggunakan sistem *Six Sigma* dengan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) [12], dan dengan rancangan usulan alat bantu (*tools Six Sigma*) untuk mengurangi jumlah cacat pada lini produksi PTED [13]. *Six Sigma* DMAIC sebagai alat perbaikan berkelanjutan untuk mengurangi tingkat kegagalan atau kecacatan [14]. Metode ini telah berhasil diterapkan di berbagai industri manufaktur. Sehingga *Six Sigma* diharapkan bisa mengurangi cacat, meningkatkan kinerja proses, meningkatkan kualitas produk dan membantu menjaga konsistensi dalam kualitas [15].

## 1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa jenis-jenis cacat dan cacat tertinggi yang terjadi pada produk N19 di proses PTED?
2. Faktor apa yang menyebabkan cacat tertinggi pada produk N19 di proses PTED?
3. Bagaimana usulan perbaikan yang tepat untuk mengurangi cacat tertinggi pada produk N19 di proses PTED?
4. Bagaimana implementasi perbaikan metode pengerjaan dan penambahan *sealer* pada kap mesin dapat meminimalkan cacat *stain* pada unit N19 di proses PTED?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis cacat dan cacat tertinggi pada produk N19 di proses PTED.
2. Mengetahui faktor penyebab cacat tertinggi pada produk N19 di proses PTED
3. Membuat usulan perbaikan pada cacat tertinggi produk N19 di proses PTED.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat meminimalisir terjadinya cacat agar tidak terjadi pengulangan kerja dan biaya yang dikeluarkan perusahaan lebih terkendali.
2. Memberi rekomendasi perbaikan bagi perusahaan untuk meningkatkan kualitas produk.
3. Menambah ilmu pengetahuan dan teknologi bagi penulis maupun pembaca.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Agar penulisan penelitian ini dapat fokus dan terarah maka perlu ditentukan ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan terhadap produk unit N19 dan pengendalian pada jenis cacat tertinggi.
2. Data-data diperoleh dari *Engineering Department Paint Shop* PT. X. berupa data-data cacat dan hubungan sebab akibat terjadinya cacat di area PTED.
3. Metode dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini melingkup metode *Six Sigma DMAIC*.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada proses pengecatan unit N19 di jalur PTED PT X, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada tahap pendefinisian masalah dengan metode *Six Sigma* terdapat 4 jenis produk cacat yaitu *stain* sebanyak 47%, *dirt* sebanyak 19%, *rough* sebanyak 24%, *cissing* sebanyak 11%. Berdasarkan diagram pareto dapat diketahui bahwa terdapat 1 jenis cacat paling dominan yang mempengaruhi kualitas produk yaitu jenis cacat *stain* yang memiliki persentase sebesar 47%. Maka dari itu cacat dari *stain* merupakan akar permasalahan yang utama dan harus segera dilakukan perbaikan pada masalah tersebut.
2. Berdasarkan diagram *fishbone* didapat 4 faktor yang berpotensi menyebabkan adanya cacat *stain* yaitu faktor manusia, mesin, metode dan material. Dari keempat faktor potensi penyebab terjadinya cacat *stain*. Berdasarkan hasil aktual pengecekan yang dilakukan dapat diketahui faktor “metode” memiliki inti permasalahan yang benar-benar dapat menimbulkan terjadinya cacat *stain* pada unit N19 di proses PTED ini, yang mana metode pengecekan di area *preparation* sebelum masuk ke PTED celah pada rangka tidak terdeteksi karena tidak adanya metode pengecekan yang dilakukan pada area celah rangka tersebut. Sehingga cairan ED dapat berpotensi masuk dan mengendap pada celah rangka tersebut.
3. Pada tahap *improvement* didapat beberapa usulan perbaikan untuk memperbaiki cacat tersebut, usulan pertama dengan cara menutup celah pada kap mesin bagian dalam menggunakan *sealer* supaya tidak ada cairan material ED yang masuk dan mengendap pada celah tersebut sehingga tidak berpotensi menetes dan tidak menimbulkan cacat *stain*. Usulan selanjutnya dengan merevisi metode kerja pada area *preparation* dengan penambahan *jobdesk* pemasangan *sealer* pada bagian dalam kap mesin yang bertujuan untuk mencegah masuknya cairan material ke dalam kap mesin tersebut.

## 5.2 Saran

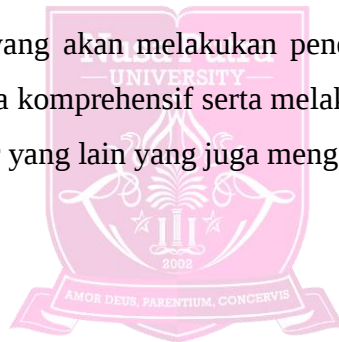
Beberapa saran yang dapat peneliti berikan terkait dengan hasil penelitian, yaitu sebagai berikut :

### 1. Bagi Perusahaan

Berdasarkan hasil penelitian pengendalian kualitas dengan metode *Six Sigma* DMAIC, perusahaan dapat menerapkan perbaikan dengan menutup celah di bagian dalam kap mesin menggunakan *sealer* untuk mencegah cairan material ED masuk dan mengendap, sehingga menghindari potensi cacat *stain*. Selain itu, dilakukan revisi metode kerja di area *preparation* dengan menambahkan *jobdesk* pemasangan *sealer* pada bagian dalam kap mesin. Perusahaan juga disarankan untuk rutin melakukan pengendalian kualitas secara berkelanjutan, meningkatkan kualitas mesin, kemampuan karyawan, serta menyeimbangkan kuantitas produksi dengan kualitas..

### 2. Bagi Peneliti

Bagi peneliti lain yang akan melakukan penelitian yang serupa diharapkan lebih meneliti secara komprehensif serta melakukan pembelajaran lebih lanjut dari sumber-sumber yang lain yang juga menggunakan metode ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Rísquez Ramos and M. E. Ruiz-Gálvez, “The transformation of the automotive industry toward electrification and its impact on global value chains: Inter-plant competition, employment, and supply chains,” *Eur. Res. Manag. Bus. Econ.*, vol. 30, no. 1, 2024, doi: 10.1016/j.iedeen.2024.100242.
- [2] M. Pathirana, M. Laleh, A. Somers, B. Hinton, and M. Y. Tan, “The critical effect of rust layers on localised corrosion of steel exposed to waterline environments,” *Corros. Sci.*, vol. 221, no. February, p. 111333, 2023, doi: 10.1016/j.corsci.2023.111333.
- [3] M. Forsyth and N. Marinova, “Highly Corrosive Environments,” 2024.
- [4] S. Bysko, J. Krystek, and S. Bysko, “Automotive Paint Shop 4.0,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 139, no. xxxx, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1016/j.cie.2018.11.056.
- [5] N. C. Debnath, “Importance of Surface Preparation for Corrosion Protection of Automobiles,” *J. Surf. Eng. Mater. Adv. Technol.*, vol. 03, no. 01, pp. 94–105, 2013, doi: 10.4236/jsemat.2013.31a014.
- [6] M. Doerre, L. Hibbitts, G. Patrick, and N. K. Akafuah, “Advances in automotive conversion coatings during pretreatment of the body structure: A review,” *Coatings*, vol. 8, no. 11, 2018, doi: 10.3390/COATINGS8110405.
- [7] M. S.M, V. Mayur A, M. Pratiksha N, and P. Sneha V, “Review on Automotive Body Coating Process,” *Int. J. Eng. Manag. Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 103–106, 2019, doi: 10.31033/ijemr.9.2.11.
- [8] P. Rao and S. Teeparthi, “A semi-computational method to predict body temperatures in an automotive paint bake oven,” *ASME 2011 Int. Mech. Eng. Congr. Expo. IMECE 2011*, vol. 3, no. January 2011, pp. 85–95, 2011, doi: 10.1115/imece2011-63388.
- [9] M. M. L. Elahi, K. Rajpurohit, J. M. Rosenberger, G. Zaruba, and J. Priest, “Optimizing real-time vehicle sequencing of a paint shop conveyor system,” *Omega (United Kingdom)*, vol. 55, pp. 61–72, 2015, doi: 10.1016/j.omega.2015.02.003.

- [10] M. Rana, X. Zhang, and S. A. Akher, "Determination of Factors and Quality Control of Car Painting Based on FMEA and SPC.V2," *Mod. Mech. Eng.*, vol. 08, no. 02, pp. 158–177, 2018, doi: 10.4236/mme.2018.82011.
- [11] J. Salcedo-Hernandez, J. Garcia-Barruetabena, I. Pastor-Lopez, and B. Sanz-Urquijo, "Predicting Enamel Layer Defects in an Automotive Paint Shop," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 22748–22757, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2969816.
- [12] D. Oliveira, L. Teixeira, and H. Alvelos, "Integration of Process Modeling and Six Sigma for defect reduction: A case study in a wind blade factory," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 232, pp. 3151–3160, 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.02.131.
- [13] K. Kawitu and P. Chutima, "Electro-deposition painting process improvement of cab truck by Six Sigma concept," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 215, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/215/1/012007.
- [14] V. Pranavi and V. Umasankar, "Application of Six Sigma approach on hood outer panel to reduce the defect in painting peel off," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, no. xxxx, pp. 1269–1276, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.125.
- [15] A. Mittal, P. Gupta, V. Kumar, A. Al Owad, S. Mahlawat, and S. Singh, "The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, p. e14625, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14625.
- [16] N. Elberta and N. Christianto, "Pengurangan Jumlah Cacat Produk Y9J ( FD ) di PT Suzuki Indomobil Motor dengan Menggunakan Metode Six Sigma DMAIC," pp. 113–123, 2019.
- [17] D. Cesaron and Tandianto, "Penerapan Metode Six Sigma Dengan Pendekatan Dmaic Pada Proses Handling Painted Body Bmw X3 (Studi Kasus: Pt. Tjahja Sakti Motor)," *J. PASTI*, vol. IX, no. 3, pp. 248–256, 2015.
- [18] D. Caesaron, "Penerapan Metode Six Sigma Dengan Pendekatan Dmaic Pada Proses Handling Painted Body Bmw X3 (Studi Kasus: Pt. Tjahja

- Sakti Motor),” *J. PASTI*, vol. IX, no. 3, pp. 248–256, 2016.
- [19] R. A. Lone and M. A. Bhat, “Impact of Product Quality on Customer Satisfaction: Evidence from Selected Consumer Durables,” *Int. J. Res. Trends Innov.*, vol. 8, no. 4, pp. 1014–1024, 2023.
- [20] R. A. Lone and M. A. Bhat, “Product Quality and Customer Loyalty: A Review of literature,” *Int. J. Mark. Technol.*, vol. 12, no. 06, pp. 1–21, 2022.
- [21] I. Ahmad, “Implementation of Quality Control,” *Qual. Control Lab.*, 2018, doi: 10.5772/intechopen.77060.
- [22] M. Potkány, J. Závadsky, R. Hlawiczka, P. Gejdoš, and J. Schmidtová, “Quality Management Practices in Manufacturing Enterprises in the Context of Their Performance,” *J. Compet.*, vol. 14, no. 2, pp. 97–115, 2022, doi: 10.7441/joc.2022.02.06.
- [23] P. O. Douglas, E. O. Isaac, and B. Nkoi, “Reducing Production Cost through Quality Control Study in an Aluminium Manufacturing Industry,” *World J. Innov. Res.*, vol. 5, no. 5, pp. 16–27, 2018.
- [24] B. Mrugalska and E. Tytyk, “Quality Control Methods for Product Reliability and Safety,” *Procedia Manuf.*, vol. 3, no. Ahfe, pp. 2730–2737, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.683.
- [25] F. J. Blanco-Encomienda, E. Rosillo-Díaz, and J. F. Muñoz-Rosas, “Importance of Quality Control Implementation in the Production Process of a Company,” *Eur. J. Econ. Bus. Stud.*, vol. 10, no. 1, p. 248, 2018, doi: 10.26417/ejes.v10i1.p248-252.
- [26] X. Lin, B. Chen, and H. Xie, “Study on principle of product defect identification,” *Procedia Eng.*, vol. 43, pp. 393–398, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.08.068.
- [27] S. R. Agnihothri and R. S. Kenett, “The impact of defects on a process with rework,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 80, no. 2, pp. 308–327, 1995, doi: 10.1016/0377-2217(94)00173-A.
- [28] S. K. Prajapati, G. Mishra, A. Malaiya, P. Kesharwani, N. Mody, and A. Jain, “Application of Coatings with Smart Functions,” *Mini. Rev. Org. Chem.*, vol. 18, no. 7, pp. 943–960, 2021, doi:

- 10.2174/1570193X18666210225122813.
- [29] O. Lebedev, M. Menzilova, and E. Burmistrov, "Analysis of the use of paint coatings to protect the hull from corrosion," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2131, no. 4, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2131/4/042048.
- [30] M. S. Khanahmadi, "Coating defect and how to prevention," no. January, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/322666154>
- [31] W. S. Annisa Mulia Rani, "Menganalisis Defect Sanding Mark Unit Pick Up Tmc," *JISI (Jurnal Integr. Sist. Ind.)*, vol. 3, no. 1, pp. 15–22, 2016.
- [32] J. a Fernandes, H. a Lepikson, and C. b . Leite, "Dirt in Automotive Painting: an Approach Supported Bycyber-Physical Systems for Process Automation," no. December 2020, pp. 551–557, 2020, doi: 10.5151/siintec2020-dirtin.
- [33] HMG Paint Ltd, "Dirt," HMG Paint Ltd. [Online]. Available: <https://www.hmgpaint.com/knowledge/troubleshooting/353/dirt>
- [34] A. Tiwari, N. Sharma, F. Jahan, and S. Mahto, "A Critical Review of Paint Defects and Parameters in Automotive Manufacturing Industry," *Int. Conf. Qual. Product. Reliab. Optim. Model.*, pp. 179–187, 2017.
- [35] Reddit, "How can I date this texture? : r/drywall," Reddit. [Online]. Available: [https://www.google.com/imgres?imgurl=https://preview.redd.it/3quisja2zb881.jpg?auto%3Dwebp%26s%3De0195f46a22d1871db62d5ef939208cf5ce0d2a4&tbid=kivyoRLFF2RkKM&vet=1&imgrefurl=https://www.reddit.com/r/drywall/comments/rqmvjl/how\\_can\\_i\\_get\\_this\\_texture/&doc](https://www.google.com/imgres?imgurl=https://preview.redd.it/3quisja2zb881.jpg?auto%3Dwebp%26s%3De0195f46a22d1871db62d5ef939208cf5ce0d2a4&tbid=kivyoRLFF2RkKM&vet=1&imgrefurl=https://www.reddit.com/r/drywall/comments/rqmvjl/how_can_i_get_this_texture/&doc)
- [36] G. Rodrigues Guimarães, J. Gomes da Silva, and M. Sarmanho de Oliveira Lima, "How to reduce craters in the painting process of a PIM company?," *Int. J. Innov. Educ. Res.*, vol. 7, no. 12, pp. 562–576, 2019, doi: 10.31686/ijier.vol7.iss12.2108.
- [37] SINNEK ACADEMY, "HOW TO FIX CRATERING IN CAR PAINT," SINNEK ACADEMY. [Online]. Available: <https://academy.sinnek.com/en/how-to-fix-cratering-paint-defect/>
- [38] V. Aggarwal, T. Patil, V. Patil, and I. Lockley, "Air Bleed and Paint Drain

- Analysis for an Automotive E-Dip Process using Volume-of-Fluid Model with Hybrid Time Advancement Scheme,” *J. Fluid Flow, Heat Mass Transf.*, vol. 9, pp. 49–57, 2022, doi: 10.11159/jffhmt.2022.007.
- [39] A. Giampieri, J. Ling-Chin, Z. Ma, A. Smallbone, and A. P. Roskilly, “A review of the current automotive manufacturing practice from an energy perspective,” *Appl. Energy*, vol. 261, no. December 2019, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114074.
- [40] N. K. Akafuah, S. Poozesh, A. Salaimah, G. Patrick, K. Lawler, and K. Saito, “Evolution of the automotive body coating process-A review,” *Coatings*, vol. 6, no. 2, 2016, doi: 10.3390/coatings6020024.
- [41] TOYOTA VIRTUAL PLANT TOUR, “Painting Through the Power of Electricity,” TOYOTA. [Online]. Available: <https://global.toyota/en/company/plant-tours/painting/#sec05>
- [42] Arunesh Patel and Chintan Chudgar, “Understanding basics of Six Sigma,” *Int. J. Eng. Res.*, vol. V9, no. 05, pp. 1204–1210, 2020, doi: 10.17577/ijertv9is050866.
- [43] A. M. H. Pereira, M. R. Silva, M. A. G. Domingues, and J. C. Sá, “Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study,” *Qual. Innov. Prosper.*, vol. 23, no. 3, pp. 103–121, 2019, doi: 10.12776/QIP.V23I3.1334.
- [44] R. Hassan, M. Marimuthu, and M. Mahinderjit-Singh, “Application of Six-Sigma for process improvement in manufacturing industries: A case study,” *Int. Bus. Manag.*, vol. 10, no. 5, pp. 676–691, 2016, doi: 10.3923/ibm.2016.676.691.
- [45] B. Radha Krishnan and K. A. Prasath, “Six sigma concept and DMAIC implementation,” *Int. J. Bus. Manag. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 111–114, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/324029060>
- [46] W. Q. Pl and F. Demirkaya, “ARCHIVES OF ENGINEERING KNOWLEDGE The Quality Control Tools used for Sustainability of Quality,” *Arch. Eng. Knowl.*, vol. 7, no. 1, pp. 21–26, 2022, [Online]. Available: [www.qpij.pl](http://www.qpij.pl)
- [47] J. George, A. Singh, and A. Kumar Bhaisare, “A Study of Basic 7 Quality

- Control Tools & Techniques for Continuous Improvement A Study of Basic 7 Quality Control Tools and Techniques for Continuous Improvement,” *J. Eng. Technol. TIT*, no. March 2018, p. 1, 2018, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/334056570>
- [48] B. Stojčetočić, Ž. Šarkoćević, D. Lazarević, and D. Marjanović, “Application of the Pareto Analysis in,” *9th Int. Qual. Conf.*, no. June 2015, pp. 655–658, 2016, [Online]. Available: [http://www.cqm.rs/2015/cd1/pdf/papers/focus\\_2/103.pdf](http://www.cqm.rs/2015/cd1/pdf/papers/focus_2/103.pdf)
- [49] M. Alkiayat, “A Practical Guide to Creating a Pareto Chart as a Quality Improvement Tool,” *Glob. J. Qual. Saf. Healthc.*, vol. 4, no. 2, pp. 83–84, 2021, doi: 10.36401/jqsh-21-x1.
- [50] D. Waldow, “How to boost your efficiency with a Pareto chart,” monday blog. [Online]. Available: <https://monday.com/blog/project-management/pareto-chart/>
- [51] N. G. Şengöz, *Control Charts to Enhance Quality*. 2018. doi: 10.5772/intechopen.73237.
- [52] A. M. Saadoon, “Seminar of control charts for attributes,” *Semin. Control Chart*, no. May, pp. 2–23, 2012, doi: 10.13140/RG.2.2.24271.07841.
- [53] American Society for Quality (ASQ), “Control Chart,” ASQ - Excellence Through Quality. [Online]. Available: <https://asq.org/quality-resources/control-chart>
- [54] S. Muhammad, I. M. Dawood, A. Arsalan, S. Abdul, R. Muhammad, and J. Atif, “Reduction of non-conforming through statistical process control charts in textile industry,” *Ind. Textila*, vol. 73, no. 5, pp. 537–543, 2022, doi: 10.35530/IT.073.05.202166.
- [55] A. Kumah *et al.*, “Cause-and-Effect (Fishbone) Diagram: A Tool for Generating and Organizing Quality Improvement Ideas,” *Glob. J. Qual. Saf. Healthc.*, vol. 7, no. 2, pp. 85–87, 2024, doi: 10.36401/JQSH-23-42.
- [56] N. A. Jasim, “Diagnosing the Causes of Poor Quality Management in Iraqi Construction Projects Using Technique of Root Cause Analysis,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1076, no. 1, p. 012116, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1076/1/012116.

- [57] T. Luo, C. Wu, and L. Duan, “Fishbone diagram and risk matrix analysis method and its application in safety assessment of natural gas spherical tank,” *J. Clean. Prod.*, vol. 174, pp. 296–304, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.334.
- [58] A. I. R, “7 QC Tools,” Logam Ceper. [Online]. Available: <https://logamceper.com/7-qc-tools/>

