

# Literature Review : Penerapan *Lean Six Sigma* Pada Manufaktur Industri

## *Application of Lean Six Sigma in Industrial Manufacturing : A Literature Review*

Setyawan Sony<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

<sup>1</sup>setyawansony88@gmail.com

### **Abstract**

*The purpose of this article is to explore the most common themes in Lean Six Sigma (LSS) in the manufacturing sector, and to identify gaps within those themes where users are likely to benefit most from their LSS strategy. A systematic literature review was conducted on the 15 most cited peer reviewed journal articles from 2017 to 2022. Through analysis and synthesis of the literature, this research reveals important themes that have been cited including Six Sigma Definition, benefits, tools and techniques, implementation, application, and Six Sigma supporting factors. The analysis of 10 case studies in the manufacturing sector has yielded significant results as cited in this article. It is important for practitioners to know the benefits, limitations and inhibiting factors of LSS before starting the LSS implementation process. Therefore, this article can provide valuable insights for practitioners. The systematic literature review used in this article allows emerging trends and issues in Six Sigma to be highlighted in a structured and thematic manner, enabling future work to progress as Six Sigma continues to develop and evolve. These findings also open up new opportunities to apply Six Sigma in areas that have not been explored much before, such as sustainability systems and product services.*

**Keywords:** *Lean Six Sigma, benefits, tools and techniques, Implementer, Supporter of Six Sigma.*

### **Abstrak**

Tujuan dari artikel ini adalah untuk mengeksplorasi tema yang paling umum dalam *Lean Six Sigma* (LSS) di sektor manufaktur, dan untuk mengidentifikasi kesenjangan dalam tema tersebut yang mungkin pengguna mendapatkan manfaat terbesar dari strategi LSS mereka. Tinjauan pustaka sistematis dilakukan terhadap 15 artikel jurnal peer review yang paling banyak disitasi dari tahun 2017 hingga 2022. Melalui analisis dan sintesis literatur, penelitian ini mengungkapkan tema-tema penting telah dikutip termasuk *Definisi Six Sigma*, manfaat, alat dan teknik, implementasi, penerapan, dan faktor pendukung *Six Sigma*. Analisis terhadap 10 studi kasus di sektor manufaktur telah menghasilkan manfaat yang signifikan seperti dikutip dalam artikel ini. Penting bagi praktisi untuk mengetahui manfaat, keterbatasan dan faktor penghambat LSS sebelum memulai proses implementasi LSS. Oleh karena itu, artikel ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi para praktisi. Tinjauan literatur sistematis yang digunakan dalam artikel ini memungkinkan tren dan masalah yang muncul di *Six Sigma* untuk disorot secara terstruktur dan tematik, memungkinkan pekerjaan di masa depan untuk maju karena *Six Sigma* terus berkembang dan berkembang. Temuan ini juga membuka peluang baru untuk menerapkan *Six Sigma* di bidang yang belum banyak dieksplorasi sebelumnya, misalnya sistem keberlanjutan dan layanan produk.

**Kata kunci:** *Lean Six Sigma, Manfaat, Alat dan Teknik, Penerapan, Pendukung Six Sigma*

## Pendahuluan

Perkembangan era globalisasi menuntut persaingan yang ketat dalam dunia perindustrian. Di persaingan ini akan menuntut setiap perusahaan manufaktur untuk menghasilkan produk yang berkualitas untuk memenuhi kebutuhan pasar. Melihat tujuan Visi (Menjadikan perusahaan kelas dunia dalam industri komponen Automotive) dan Misi (Peningkatan berkesinambungan dalam memenuhi semua persyaratan melalui kecermelangan dan proses transformasi) untuk menghasilkan produk yang bermutu [1]. Produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan dalam jangka panjang akan mempengaruhi kepercayaan konsumen. Pemenuhan produk yang berkualitas memerlukan peranan produksi dalam menjaga produksi sesuai dengan yang telah ditentukan [2].

Pengendalian kualitas produk merupakan upaya yang dilakukan untuk mengurangi produk cacat yang dihasilkan oleh suatu perusahaan. Tanpa adanya pengendalian kualitas produk, perusahaan akan mengalami kerugian yang disebabkan oleh penyimpangan yang tidak diketahui sehingga penyimpangan akan terus terjadi tanpa ada proses perbaikan yang akan dilakukan [3]. *Six Sigma* adalah salah satu inisiatif peningkatan kualitas terbaru yang telah mendapatkan popularitas dan penerimaan di banyak industri di seluruh dunia, dikatakan bahwa penerapan *Six Sigma* membawa hasil yang lebih menguntungkan bagi perusahaan dibandingkan dengan inisiatif kualitas tradisional dalam hal mengubah program peningkatan kualitas. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang baik dalam pelaksanaannya *Six Sigma* di perusahaan untuk mengelola kualitas suatu produk. Kualitas suatu produk menjadi penentu pilihan konsumen yang signifikan terhadap produk industri [4]. Perusahaan-perusahaan manufaktur yang memproduksi jenis produk yang sama akan saling bersaing untuk meraih hati para konsumen. Segala cara dilakukan agar kepuasan pelanggan dapat terjaga pada level yang ditargetkan, atau mungkin lebih. Kepuasan akan produk yang dihasilkan perusahaan akan dapat tercipta apabila konsumen mendapatkan produk dengan kualitas tinggi namun dengan harga yang relevan. Untuk itu perusahaan perlu memaksimalkan apa yang sering disebut dengan pengendalian kualitas dan *continuous improvement* dari produk-produk yang dihasilkannya [5].

Dengan dilakukannya pengendalian kualitas dan *continuous improvement* yang baik maka dapat dihasilkan produk-produk yang kualitasnya secara konstan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan. Pengendalian kualitas yang baik juga akan meminimasi terjadinya produk cacat [5]. *Six Sigma* adalah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan untuk mengurangi variasi proses (varian proses) sekaligus mengurangi cacat (produk/jasa yang tidak sesuai spesifikasi) dengan menggunakan statistik dan alat pemecahan masalah secara intensif [4]. Metode ini menggunakan alat statistik untuk mengurangi tingkat kecacatan, penghematan biaya, mengefektifkan proses dan meningkatkan kapasitas produksi. Penerapan metodologi Six Sigma memiliki pengaruh finansial yang signifikan terhadap profitabilitas perusahaan [2].

*Six Sigma* juga dapat digunakan sebagai ukuran kinerja sistem industri yang memungkinkan perusahaan melakukan perbaikan dengan strategi terobosan aktual dan dapat dilihat sebagai pengendalian proses industri yang berfokus pada pelanggan tentang kapabilitas proses. Semakin tinggi nilai sigma yang dicapai maka kinerja sistem industri akan semakin baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis penelitian meningkatkan kualitas produk cacat untuk mengidentifikasi penyebab cacat dan memberikan rekomendasi agar perusahaan dapat bersaing dengan pesaing lainnya [4].

## Tinjauan Literature

Bagian ini membahas literatur terkini terkait dengan manfaat adaptasi LSS. Memperkenalkan framework LSS baru yang terintegrasi dengan alat dan teknik baru. Untuk memberikan kajian menyeluruh dari literatur di sektor ini adalah mengidentifikasi penerapan LSS di berbagai bidang [26]. telah berhasil menerapkan LSS di pabrik perakitan mobil dan mengidentifikasi 12 cacat penting. Mereka telah mengurangi 19 menit waktu kerja tidak produktif dan rasio cacat 37,2% dengan menggunakan metodologi DMAIC. [7] menerapkan

dalam industri pembuatan gear. Mereka telah menggunakan teknik DMAIC dan FMEA untuk mengurangi *defect* dan meningkatkan level enam sigma dari 4,37 menjadi 4,81. (Endi & Bonivasius, 2019) menerapkan *Six Sigma* pada proses painting produk fuel tank. Dengan menggunakan metode DMAIC didapat hasil *sigma level* 4,94 yang sebelumnya adalah 3,88. [8] Menerapkan *Six Sigma* dengan metode DMAIC pada industri manufaktur automotive produk *Fuel Tank* pada proses welding menunjukkan peningkatan melalui pengukuran level sigma dari 2,98 menjadi 3,2 dan juga meningkatnya nilai kapabilitas proses dari 0,79 menjadi 0,84.

Melalui tinjauan literatur, telah ditemukan bahwa bahwa metode *Six Sigma* berpengaruh signifikan terhadap penurunan defect. Untuk mempertahankan hasil yang baik dan kesenjangan diperlukan data berkelanjutan dan untuk pengendalian kualitas diperlukan *continues improvement* dari produk-produk yang dihasilkannya. Dengan dilakukannya pengendalian kualitas dan *continues improvement* yang baik maka dapat dihasilkan produk-produk yang kualitasnya secara konstan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan [5].

### Alasan Penelitian

Karena pasar global yang kompetitif, semua industri manufaktur berusaha untuk menurunkan biaya produk dengan mengurangi biaya produksi. Hal ini mungkin dengan mengadopsi teknologi terbaru di bidang manufaktur tanpa tindakan pemotongan biaya yang drastis atau merumahkan pekerja. Sebagian besar industri kini memperlakukan operator, sebagai aset perusahaan. Peningkatan terus-menerus, pemantauan proses, dan penerapan alat kontrol kualitas memungkinkan pengurangan sumber daya energi, bahan habis pakai, dan penolakan produk.

Proses manufaktur dapat diperbaiki dengan menggunakan teknik statistik untuk memecahkan masalah pengerjaan ulang atau penolakan produk karena variasi proses. Semua industri manufaktur ingin mengoptimalkan biaya dengan mengurangi ukuran persediaan, dan periode pengisian persediaan dengan menerapkan teknik rantai pasokan [9].

### Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penulisan artikel ini adalah untuk memberikan kajian menyeluruh dari literatur *Six Sigma*. Untuk mengidentifikasi penerapan LSS di berbagai bidang, mengatasi kesenjangan dalam LSS yang paling penting dalam sektor manufaktur dan memungkinkan mereka untuk mencapai manfaat terbesar dari strategi ini, serta untuk mengidentifikasi kesenjangan dan memberikan rekomendasi untuk penelitian di masa mendatang.

### Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan studi literatur yang dilakukan dengan mencari beberapa referensi dari database terkemuka seperti *Emerald*, *ScienceDirect*, *Google scholar* yang andal digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan artikel terkait LSS menggunakan kata kunci *Lean Six Sigma*, *Six Sigma* dari tahun 2017 hingga 2022. Kerangka kerja yang menggambarkan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

### Hasil dan Pembahasan

Temuan literature review dilaporkan dalam tujuh bagian, yang masing-masing akan memajukan pemahaman tentang LSS. Pertama, untuk memahami perkembangan literatur LSS, analisis deskriptif dari 15 artikel

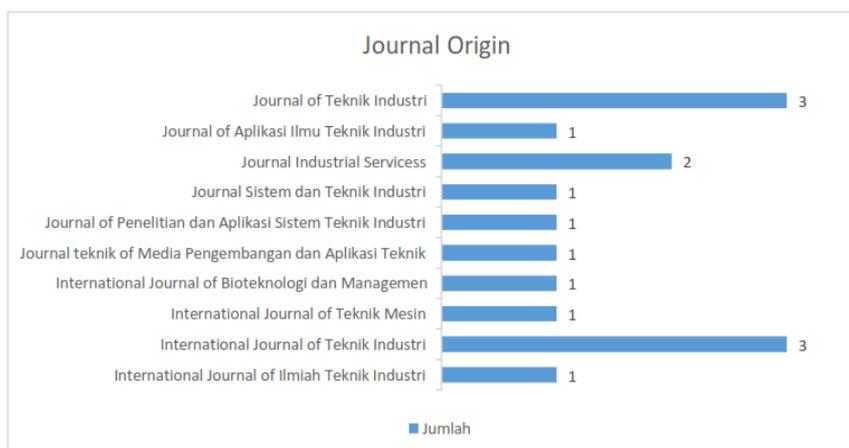
disajikan di bawah ini, merinci tahun publikasi, jurnal akademik yang relevan, dan pendekatan metodologis. Kedua, definisi LSS disajikan untuk setiap penulis, selanjutnya review dilakukan berdasarkan implementasi, alat dan teknik, manfaat, penerapan, dan Pendukung LSS.

### Analisis Deskriptif

Tinjauan pustaka terkait *Lean Six Sigma* menemukan beberapa artikel yang diklasifikasikan berdasarkan tahun terbit dan asal jurnal. Masing-masing dapat dilihat pada Gambar 2 & 3.



**Gambar 2.** Jumlah jurnal tahun 2017 - 2022



**Gambar 3.** Publikasi Jurnal

### Definisi *Lean Six Sigma* (LSS)

Penerapan *Six Sigma* untuk meningkatkan kualitas produk, seperti penerapan Six Sigma dengan pendekatan diagram Pareto untuk menentukan prioritas jenis cacat yang harus diperbaiki. Pada saat yang sama, jumlah cacat adalah satu-satunya parameter yang dipertimbangkan [4]. Menerapkan prinsip lean yang didukung oleh pendekatan *six sigma* membuat perusahaan lebih produktif, menguntungkan, lebih baik dalam hal kualitas dan karenanya mencapai tingkat kepuasan pelanggan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, *Six Sigma* adalah alat pemecahan masalah yang efektif berdasarkan fakta bagi industri untuk menganalisis cacat proses dan produk secara sistematis dengan data [10]. Dan definisi LSS sendiri dari berbagai literatur ditemukan yang ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Definisi LSS

No	Penulis	Definisi LSS
1.	(Octa & Irwan, 2020)	Six Sigma adalah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan untuk mengurangi variasi proses (varian proses) sekaligus mengurangi cacat (produk/jasa yang tidak sesuai spesifikasi) dengan menggunakan statistik dan alat pemecahan masalah secara intensif.
2.	(Pranavi & Usmankar, 2021)	Six Sigma adalah alat pemecahan masalah yang efektif berdasarkan fakta bagi industri untuk menganalisis cacat proses dan produk secara sistematis dengan data. Pendekatan Lean Six Sigma menggunakan metodologi pemecahan masalah DMAIC.
3.	(Vikas et al., 2020)	Lean manufacturing adalah pendekatan yang membantu menghilangkan pemborosan dari proses manufaktur dan meningkatkan proses bottom line dengan mengurangi waktu siklus dan menghilangkan aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui alat dan teknik mereka dengan bantuan metodologi Six Sigma Define-Measure-Analyse-Improve-Control (DMAIC). Enam Sigma adalah strategi continuous improvement dengan tujuan untuk mencapai 3,4 defect per million opportunity (DPMO). Integrasi kedua pendekatan tersebut, Lean Six Sigma (LSS) adalah strategi gabungan yang meningkatkan kinerja proses secara keseluruhan dan mencapai tujuan.
4.	(Krishna et al., 2019)	Lean manufacturing adalah teknik yang tepat untuk mengurangi aktivitas boros di dalam bengkel perakitan tanpa mengorbankan efisiensi. Kedua, pengurangan rasio cacat penting terutama pada hari-hari penurunan, ketika setiap perusahaan berfokus pada produksi ekonomis untuk mengurangi kerugian akibat masalah kualitas.
5.	(Pratek et al., 2021)	Six Sigma adalah metodologi langkah rangkaian terstruktur bernama siklus DMAIC untuk meningkatkan proses dengan pendekatan pengurangan cacat hingga peluang 3,4/M. Metodologi LSS adalah proses berbasis data yang disiplin dan terstruktur yang berfokus pada peningkatan kinerja bisnis berdasarkan Voice of Customer (VOC) dan analisis statistic.
6.	(Pratek et al., 2021)	Metodologi Lean Six Sigma adalah analisis empiris mendemonstrasikan Teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi, menghitung, mengevaluasi, mengembangkan, dan memantau proses. Metode lean six-sigma diusulkan dalam bisnis untuk menentukan insentif untuk perubahan, tidak hanya dalam hal efisiensi kinerja, tetapi juga dalam hal penghematan waktu dan biaya.
7.	(Cucu & Agung, 2021)	Six sigma adalah metode yang sudah mapan dalam mengidentifikasi dan menghilangkan cacat, kesalahan atau kegagalan dalam proses atau sistem bisnis dengan berfokus pada karakteristik kinerja proses yang sangat penting bagi pelanggan. Pendekatan menggunakan Six Sigma yang meliputi tahap define, measure, analyse, improve, dan control.
8.	(Endi & Bonivasius, 2019)	Six Sigma dihitung dalam DMPO (defect per million oportunites). DMPO artinya banyaknya kemungkinan kesalahan dalam sepersejuta kemungkinan. Sebelum dan sesudah perbaikan dibandingkan dengan cara pengukuran ini. Menggunakan tabel, jumlah prosentase cacat tersebut bisa ditentukan level sigmanya.
9.	(Muhamad et al., 2021)	Metodologi Six Sigma untuk meningkatkan kualitas hasil proses dengan mengidentifikasi dan menghilangkan penyebab kesalahan dan

		meminimalkan ketidak konsistenan dalam proses manufaktur dan bisnis berdasarkan 5 tahapan (DMAIC) Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control.
10.	(Muhammad et al., 2021)	Six sigma merupakan suatu visi yang digunakan untuk mengendalikan kualitas agar cacat yang dihasilkan tidak lebih dari 3.4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap produksi produk (barang/jasa). Jadi Six sigma adalah sebuah sistem yang lengkap dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan kesuksesan bisnis.
11.	(Meriastuti & Elisa, 2017)	Istilah Six Sigma berasal dari kata Six artinya 6 (enam), dan Sigma ( $\sigma$ ) artinya standar deviasi. Six Sigma merupakan sebuah metodologi terstruktur dengan menggunakan konsep statistik untuk perbaikan proses yang berfokus untuk mengurangi variasi sekaligus jumlah cacat pada produk.
12.	(Deviani & Erry, 2020)	Six Sigma merupakan alat pengendali kualitas pada perusahaan agar lebih baik, dengan sistem continuous improvement agar target sigma level 6 dapat tercapai dengan jumlah 3,4 DPMO tidak ada claim customer. Nilai ini perlu untuk direduksi karena semakin banyaknya dihasilkan part defect maka semakin banyak pula kerugian yang harus ditanggung perusahaan untuk melakukan proses reparaire terhadap part NG maupun atas material yang terbuang percuma akibat part yang mengalami reject.
13.	(Edi et al., 2021)	Six Sigma merupakan konsep statistik yang mengukur suatu proses yang berkaitan dengan defect atau kerusakan. Pada hakikatnya, Six Sigma mengemukakan bahwa adanya korelasi yang erat antara cacat produk dengan produk yang dihasilkan. Apabila cacat produk mengalami peningkatan, maka jumlah sigma akan menurun. Sehingga dapat dikatakan, jika nilai sigma menunjukkan angka yang tinggi maka kualitas akan lebih baik.
14.	(Rena & Renty, 2022)	Six Sigma sebagai salah satu metode baru yang paling populer merupakan salah satu alternatif dalam prinsip-prinsip pengendalian kualitas yang merupakan terobosan dalam bidang manajemen kualitas. Metode Six Sigma dipilih karena adanya langkah-langkah terstruktur yang bertujuan untuk menghasilkan defect 3,4. Defect Per Million Opportunities (DPMO). Langkah langkah terstruktur menuju six sigma tersebut menggunakan metode DMAIC (Define : mendefinisikan masalah), (Measure : pengukuran), (Analyse : analisa), (Improve : pengembangan), (Control : pengendalian). Kualitas produk sebagai salah satu kunci untuk memenangkan persaingan bisnis.
15.	(Ikumapayi et al., 2020)	Six Sigma adalah teknik memaksimalkan keuntungan yang dicapai dengan memenuhi kepuasan konsumen. Ini pertama kali berhasil diimplementasikan oleh perusahaan seluler, 'Motorola' pada tahun 1986 dan sejak itu, perusahaan lain juga mengadopsinya. Teknik ini mengikuti pendekatan statistik dan dicapai dengan meminimalkan variasi dan penyediaan layanan berkualitas atau produk bebas cacat. Dengan mengurangi kekurangan, lebih sedikit bahan yang terbuang dan karenanya jumlah bahan baku yang optimal digunakan sepenuhnya.

Tabel 1 dari definisi di atas, jelaslah bahwa LSS diklasifikasikan oleh berbagai penulis dalam berbagai tema seperti pendekatan, metodologi, model, filosofi, strategi program, system. menunjukkan keragaman definisi.

LSS dalam studi terpilih dari literatur yang ditinjau berdasarkan kontribusi mereka untuk memajukan pengetahuan LSS untuk dapat diterapkan dengan baik dilini manufaktur industri.

### **Implementasi *Six Sigma***

Implementasi *Six Sigma* memerlukan komitmen dari pimpinan perusahaan, dan sumber daya yang terlibat dalam proyek *Six Sigma* agar mampu berjalan konsisten dan berhasil mencapai target yang telah ditetapkan. *Six Sigma* merupakan standar pengukuran kualitas produk atau proses untuk peningkatan efisiensi dan kesempurnaan proses [11]. Budaya *Six Sigma* merupakan budaya proses perbaikan secara sistematis dengan pendekatan pemecahan masalah kualitas secara terstruktur untuk peningkatan kepuasan pelanggan melalui perbaikan tingkat kualitas produk [2]. Pengembangan rencana tindakan merupakan salah satu kegiatan utama dari program pentingnya kualitas Six sigma. Artinya pada tahap ini, tim peningkatan kualitas Six sigma perlu memutuskan apa yang harus dicapai terkait dengan target yang akan ditetapkan, apa alasan rencana tindakan itu harus dilakukan, di mana rencana tindakan itu akan diterapkan atau dilakukan, apabila rencana tindakan itu akan dilakukan bagaimana melaksanakan rencana tindakan itu, dan berapa besar biaya untuk melaksanakan rencana tindakan itu, serta manfaat positif apa yang diterima dari implementasi rencana tindakan [3].

*Six Sigma* berfokus terutama pada peningkatan proses produksi yang mengarah pada pertumbuhan profitabilitas perusahaan. Untuk Mencapai tingkat Six Sigma organisasi, memerlukan pemahaman tentang alasan variabilitas proses, melakukan analisis sebab dan akibat dan penilaian anggaran mereka [12]. Diperlukan standarisasi dan dokumentasi, sehingga usulan perbaikan yang digunakan dijadikan pedoman kerja baik bagi pekerja lama maupun baru, sehingga mereka tetap dapat mengetahui cara mengatasi produk cacat, sehingga kemungkinan terjadinya cacat akan berkurang [4]. Implementasi pendekatan LSS dengan alat dan teknik gabungan mereka di organisasi mana pun memungkinkan lingkungan bebas cacat dan pemborosan. Keberhasilan adaptasi LSS juga akan membantu mengubah budaya organisasi. LSS telah berhasil diterapkan di berbagai sektor manufaktur dan jasa. Sektor-sektor ini telah secara efektif meningkatkan kinerja industry [12].

Untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma* pengembangan rencana tindakan merupakan salah satu aktivitas yang penting dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang berarti bahwa dalam tahap ini harus diputuskan apa yang harus dicapai melalui 5W-1H serta manfaat positif yang diterima dari implementasi rencana tindakan itu. Tahap ini merupakan tahapan untuk menyempurnakan kinerja proses yang ada saat ini, dengan melakukan perbaikan secara terus – menerus [13]. [5] Menyarankan agar lebih meningkatkan kualitas dengan cara melakukan perbaikan berkelanjutan (continuous improvement) terhadap masalah-masalah terkait kualitas.

Melakukan tahapan analisis tabel 5W+1H dan selanjutnya akan dilakukan tahap implementasi yang mencakup Implementasi perbaikan faktor manusia, Implementasi faktor material, Implementasi perbaikan faktor mesin, mplementasi faktor lingkungan [8]. Pendekatan Six Sigma akan diterapkan menggunakan metode DMAIC untuk mengevaluasi dan meningkatkan kualitas produk, kemudian penyebab cacat produk dapat diselesaikan. Mode dan efek kegagalan analisis (FMEA) dilakukan untuk mendapatkan penyebab utama cacat produk dengan penilaian risiko [4].

### **Alat dan Teknik *Six Sigma***

*Six Sigma* adalah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan untuk mengurangi variasi proses (varian proses) sekaligus mengurangi cacat (produk/jasa yang tidak sesuai spesifikasi) dengan menggunakan statistik dan alat pemecahan masalah secara intensif [14]. Dalam penerapannya DMAIC memiliki tahapan yaitu: define yang merupakan fase penentuan masalah, measure yaitu fase mengukur

tingkat kecacatan, analyze yaitu fase menganalisis penyebab masalah pada proses, improve yaitu fase memperbaiki proses dan menghilangkan penyebab cacat, dan kontrol yang merupakan tahap pengawasan kinerja proses dan memastikan cacat tidak muncul kembali [4]. Mendefinisikan : Pengurangan/eliminasi pemborosan lean (gerakan yang tidak diinginkan, proses & cacat yang tidak diinginkan) dengan mengidentifikasi aktivitas yang tidak bernilai tambah dan RCA (analisis akar penyebab) dari cacat berulang yang dicatat selama audit produk. Pada bagian ini, fase Analisis dan Tingkatkan DMAIC diuraikan di mana rencana tindakan aktivitas non-nilai tambah dan analisis akar penyebab cacat dibahas secara rinci. (1) *Define* yaitu langkah awal penelitian dengan mendefinisikan proses produksi, membuat diagram SIPOC dan mendefinisikan CTQ pelanggan. (2) *Measure* adalah pengukuran data yang sudah didapatkan seperti mengukur kapabilitas proses dengan menentukan nilai DPMO dan level sigma serta pengukuran peta kendali dan nilai Cp. (3) *Analyze* untuk menganalisis masalah yang terjadi dan menentukan masalah yang diprioritaskan untuk diselesaikan dengan membuat tabel brainstorming dan analisa diagram fishbone. (4) *Improve* yaitu rencana tindakan perbaikan untuk menghilangkan akar penyebab defect pada produk dengan menggunakan tabel 5W+1H berdasarkan diagram fishbone dan membuat implementasi perbaikan. [8]. (5) *Control* yaitu Tahap controlling terhadap hasil *improvement*, tahap ini dibantu dengan check sheet sebagai alat untuk merecord dan mengontrol hasil *improvement*, dimonitoring terus menerus [5].

Pendekatan konsistensi berbasis data yang digunakan untuk meningkatkan proses. Ini adalah bagian penting dari inisiatif *Six Sigma* tetapi biasanya dapat diperkenalkan sebagai prosedur jaminan kualitas yang berdiri sendiri atau sebagai bagian dari program perbaikan proses lainnya seperti *leaning*. DMAIC adalah akronim yang merupakan singkatan dari *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*. Ini adalah lima langkah yang membentuk operasi. Tetapkan tantangan, kegiatan pengembangan, dan prospek peningkatan, prioritas proyek, dan ekspektasi konsumen (internal dan eksternal). Mengukur efisiensi operasi. Analisis mekanisme untuk mengidentifikasi akar penyebab heterogenitas, hasil buruk (cacat). Meningkatkan efisiensi proses dengan mengatasi dan menghilangkan akar penyebab. Pengendalian peningkatan efisiensi proses dan kinerja proses di masa depan. Pendekatan DMAIC telah diterapkan di mana berbagai alat telah digunakan dalam fase yang berbeda. Pada fase tertentu piagam proyek dibuat untuk pekerjaan dan semua detail dari akhir akuisisi hingga akhir pelanggan dinilai melalui diagram SIPOC. Pada fase *measure* Pareto chart dibuat untuk mengidentifikasi cacat pada komponen setelah itu uji MSA digunakan untuk memverifikasi keterulangan dan reproduktifitas sehingga dilakukan review potensial. Kontrol proses statistik (SPC) dilakukan untuk mengontrol proses. Pada tahap analisis, Analisis Akar Penyebab dari sistem dianalisis, yang menentukan masalah yang tepat untuk variasi proses. Pengujian hipotesis dilakukan dan korelasi antar proses dilakukan. Pada fase perbaikan pendekatan *kaizen* dilakukan dan setelah itu FMEA ditentukan untuk proses aktual dan pada fase kontrol proses dibandingkan sebelum dan sesudah perubahan dan rencana kontrol diberikan ke *kaizen* serupa. Perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah Minitab [7]

Siklus DMAIC adalah alat LSS terkenal yang diidentifikasi pemborosan karena variasi proses. Karena industri manufaktur ini menghadapi masalah penolakan, maka siklus DMAIC enam sigma telah dipilih untuk perbaikan proses. Siklus DMAIC memiliki lima langkah yaitu, Tentukan, Ukur, Analisis, Tingkatkan, dan Kontrol. Setiap langkah memiliki alat yang dapat digunakan sesuai kebutuhan [7]. *Six Sigma* menggunakan alat statistik yang digunakan untuk mengidentifikasi beberapa faktor kunci, siklus DMAIC adalah proses utama untuk peningkatan berkelanjutan menuju target six sigma. DMAIC secara sistematis didasari oleh ilmu pengetahuan dan fakta [3]. DMAIC merupakan proses untuk peningkatan terus menerus menuju target Six Sigma. DMAIC dilakukan secara sistematis, berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta. Secara statistik, *Six Sigma* ditandai dengan nilai 3,4 DPMO. Apabila produk (barang/jasa) diproses pada tingkat kualitas *Six Sigma*, perusahaan mengharapkan hanya akan ada 3, 4 kegagalan dalam sejuta kesempatan (DPMO) [13].

### Manfaat Six Sigma

Pendekatan Six Sigma membuat perusahaan lebih produktif, menguntungkan, lebih baik dalam hal kualitas dan karenanya mencapai tingkat kepuasan pelanggan yang lebih tinggi [10]. Menurut [12] Lean manufacturing membantu menghilangkan pemborosan dari proses manufaktur dan meningkatkan proses bottom line dengan mengurangi waktu siklus dan menghilangkan aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui alat dan teknik mereka. *Six Sigma* merupakan suatu visi yang digunakan untuk mengendalikan kualitas agar cacat yang dihasilkan tidak lebih dari 3.4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap produksi produk (barang/jasa). Jadi Six sigma adalah sebuah sistem yang lengkap dan fleksibel untuk mencapai, mempertahankan, dan memaksimalkan kesuksesan bisnis [3]. Ada banyak manfaat yang bisa didapat dari penerapan Six Sigma. Itu dapat meningkatkan siklus pengembangan produk dan desain proses, mempersingkat waktu tunggu produk dengan mengurangi waktu siklus dari keseluruhan proses manufaktur.

Six Sigma dapat digunakan untuk menemukan dan menghilangkan akar penyebab masalah, sehingga mengurangi variabilitas dalam proses untuk mencegah cacat. *Six Sigma* sebagai alat pemecahan masalah yang efektif berdasarkan fakta bagi industri untuk menganalisis cacat proses dan produk secara sistematis dengan data. Dan dapat mengurangi kerugian First Time Through (FTT) akibat pemrosesan lebih dari *defect* [10]. Alat ini menghilangkan tujuh jenis pemborosan seperti transportasi, persediaan berlebih, pergerakan, waktu tunggu, produksi berlebih, proses berlebih, dan cacat. Pemborosan ini dapat dibagi menjadi kategori yang terlihat dan tidak terlihat (waktu & usaha). Transportasi, inventaris (bahan mentah, WIP, barang jadi), dan cacat adalah pemborosan yang terlihat sedangkan gerak, waktu tunggu, proses berlebih adalah pemborosan yang tidak terlihat [9]. Oleh karena itu, dari studi kasus ini sangat jelas bahwa pelaksanaan alat & teknik lean mengurangi pemborosan dan menyelesaikan cacat secara sistematis yang meningkatkan kualitas produk, proses, dan mencegah terulangnya cacat di sektor manufaktur [6].

Metodologi *Six Sigma* memberikan pedoman yang dapat membantu pekerja memahami bagaimana melaksanakan pekerjaan dan melatih mereka untuk memecahkan masalah potensial. Akibatnya, mereka menjadi lebih sadar akan proses produksi sehingga meningkatkan moral mereka dan mengurangi cacat. Sehubungan dengan peran *Six Sigma* dalam mengurangi cacat, telah dibuktikan dalam beberapa penelitian bahwa tingkat cacat per unit berkurang setelah penerapannya dalam sistem manufaktur [13]. Penerapan pendekatan *Six Sigma* memungkinkan mendapat standar kualitas produk dan layanan kelas dunia dengan menghilangkan semua cacat internal maupun eksternal dengan biaya serendah mungkin [2]. Six Sigma berfokus terutama pada peningkatan proses produksi yang mengarah pada pertumbuhan profitabilitas perusahaan. Untuk Mencapai tingkat Six Sigma organisasi, memerlukan pemahaman tentang alasan variabilitas proses, melakukan analisis sebab dan akibat dan penilaian anggaran mereka [10].

*Six Sigma* mampu melakukan perbaikan dengan perubahan yang signifikan. Sumber-sumber masalah bisa diidentifikasi dan dilakukan dalam pemecahan masalah [1]. Menurut [5] *Six Sigma* berpengaruh signifikan terhadap penurunan *defect*. Berikut contoh hasil dari penerapan LSS di berbagai manufaktur. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Penerapan LSS

No	Penulis	Manufaktur	Hasil Penerapan LSS
1.	(Pranavi & Usmanakar, 2021)	Industri Manufaktur automotive yang berlokasi di India. Menerapkan LSS penuruanan defect pengelupasan cat.	Pendekatan Lean Sigma yang berhasil untuk mencapai efek nol dalam rantai pasokan. Pendekatan sistematis telah mengurangi 85% cacat di Original Equipment Manufacturer (OEM)
2.	(Krishna et al., 2019)	Industri manufaktur perakitan mobil yang berlokasi di Oragadam, Chennai (Tamil	Teknik Lean Six Sigma berhasil dilaksanakan di divisi perakitan

	Nadu). Menerapkan LSS di lini perakitan mobil.	otomotif di mana tiga aktivitas yang tidak bernilai tambah dan 12 cacat krusial diidentifikasi dan solusi potensial diberikan. Penerapan solusi yang diusulkan telah menghasilkan pengurangan drastis aktivitas tidak produktif yang menghabiskan waktu kerja 19 menit dan rasio cacat 37,2% masing-masing dengan menggunakan strategi seperti DMAIC Six Sigma.
3.	(Pratek et al., 2021) Industri manufaktur berlokasi di India. Menerapkan LSS penurunan defect pembuatan Filter.	Tingkat Defect berkurang secara drastis dari sekitar 12% menjadi 4%. Siklus pengiriman juga berkurang dari 12 hari menjadi 11 hari. Sekarang industri memasok filter bahan bakar ke pelanggan setiap 11 hari.
4.	(Pratek et al., 2021) Industri manufaktur berlokasi di India. Menerapkan LSS pembuatan Roda Gigi kendaraan.	Penelitian ini mengalami penurunan kadar PPM dari 10641,08 menjadi 3193,21. Variasi MOT dan PCD menjadi pertimbangan untuk perbaikan. Dua pendekatan Kaizen diterapkan, satu di mesin bubut CNC dan lainnya di mesin cukur. Level sigma meningkat dari 4,37 menjadi 4,81 setelah studi seles.
5.	(Cucu & Agung, 2021) Industri manufaktur yang memproduksi alat peraga pendidikan berlokasi di Indonesia. Menerapkan pada supporting meminimalkan Kombinasi.	Berdasarkan perhitungan level sigma selama eksperimen produk Cermin Kombinasi, diperoleh nilai LSS berfokus level sigma sebesar 4,13. Nilai level sigma industri dan menunjukkan bahwa terdapat peluang terjadinya cacat pada Cermin produk cacat sebesar 4.333,33 DPMO. Hasil eksperimen juga menunjukkan kenaikan nilai sigma dengan selisih sebesar 0,41 dari sebelumnya.
6.	(Endi & 2019) Bonivasius, Industri manufaktur otomotif berlokasi di Tangerang, Indonesia. Menerapkan LSS pada proses painting produk Fuel Tank.	Hasil dari perbaikan adalah meningkatnya, Setelah melakukan usaha perbaikan kualitas dengan menggunakan tahapan DMAIC maka pada penelitian ini didapat hasil sebelum dan sesudah perbaikan dengan nilai Sigma Level menjadi 4,94 yang sebelumnya adalah 3,88.
7.	(Muhammad et al., 2021) Industri baja yang mengolah baja batangan menjadi flat bar dan round bar berlokasi di Indonesia. Menerapkan LSS untuk analisa pengan dalian kualitas produk Flat Bar.	Dalam penelitian ini nilai DPMO diketahui sebesar 16188 dengan nilai sigma menjadi sebesar 3,64 dari yang sebelumnya 3,60. Dan mengetahui pemborosan yang tidak penting.

8.	(Meriastuti & Elisa, 2017)	Industri manufaktur yang bergerak bidang produksi spare part otomotif berlokasi di Tangerang, Indonesia. Menerapkan LSS pada divisi painting.	Mengurangi cacat produk dapat meningkatkan level sigma dari 5,095 menjadi 5,29. Kemampuan proses (Cp) meningkat dari 0,99929 menjadi 0,999544. COPQ menurun dari Rp Rp 617.600,- menjadi Rp 518.784,- Target cacat yang diharapkan sebesar 0,05% pun tercapai setelah dilakukan perbaikan.
9.	(Deviani & Erry, 2020)	Industri manufaktur yang memproduksi sub assembly kendaraan roda dua dan roda empat berlokasi di Cikarang, Indonesia. Menerapkan LSS pada produk Bracket Comp Jack.	Hasil dari perbaikan meningkatnya kualitas dengan menggunakan tahapan DMAIC maka pada penelitian ini didapat hasil PPM sebesar 32.325,27 setara dengan nilai sigma 3,3 menjadi PPM 7.500 setara dengan sigma level 4.00 maka dapat disimpulkan bahwa metode Six Sigma berpengaruh signifikan terhadap penurunan defect.
10.	(Edi et al., 2021)	Industri manufaktur yang bergerak bidang spare part otomotif berlokasi di Cikarang, Indonesia. Objek penelitian pada proses welding produk Pipe Exhaust.	Dengan menerapkan Six Sigma mendapat hasil yang signifikan dalam penurunan defect dan cost. Di dapat hasil menurunkan defect dengan presentasi dari 55.12% menjadi 35.26% dari hasil tersebut berpengaruh terhadap cost yang menguntungkan dari Rp. 2.473.450 menjadi Rp. 791.504 selisih Rp. 1.681.946.
11.	(Rena & Renty, 2022)	Industri manufaktur yang bergerak bidang otomotif berlokasi Karawang, Indonesia. Menerapkan six Sigma Produk Fuel Tank pada proses Welding.	Hasil dari usulan perbaikan menunjukkan peningkatan melalui pengukuran level sigma dari 2,98 menjadi 3,2 dan juga meningkatnya nilai kapabilitas proses dari 0,79 menjadi 0,84.

Dapat dilihat dari tabel tersebut menunjukkan bahwa LSS berpengaruh signifikan terhadap penurunan *defect*. Perusahaan yang tidak memperhatikan kualitas produk yang dihasilkan, maka perusahaan tersebut akan menghadapi banyak kendala dalam pemasaran produknya, sehingga produk tersebut kurang laku dan mengalami penurunan penjualan. Perusahaan yang mengalami peningkatan volume penjualan akan menaikkan tingkat profitabilitas yang diterima oleh perusahaan [3]. Hal ini berpengaruh terhadap nama baik perusahaan. Konsep yang berkembang saat ini, untuk mencapai kepuasan pelanggan dengan perbaikan yang terus-menerus, khususnya dalam hal pengurangan jumlah produk cacat [13].

### Penerapan *Six Sigma*

*Six Sigma* merupakan teknik pengendalian dan peningkatan kualitas yang diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak 1986 di Amerika Serikat. Aplikasi Six Sigma ini bertujuan melakukan peningkatan kualitas menuju tingkat kegagalan nol (zero defect). Sebagian besar sistem manajemen kualitas hanya menekankan pada upaya peningkatan terus – menerus berdasarkan kesadaran manajemen mandiri, tanpa memberikan solusi dalam hal terobosan yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas menuju kegagalan nol.

Namun, prinsip – prinsip Six Sigma Motorola mampu menjawab tantangan ini selama kurang lebih 10 tahun setelah implementasi dan mencapai 3,4 DPMO (defects per million opportunities) [13]. Dari sejak itu, perusahaan lain juga mengadopsinya. Teknik ini mengikuti pendekatan statistik dan dicapai dengan meminimalkan variasi dan penyediaan layanan berkualitas atau produk bebas cacat. Dengan mengurangi kekurangan, lebih sedikit bahan yang terbuang dan karenanya jumlah bahan baku yang optimal digunakan sepenuhnya [15].

Telah banyak penelitian penerapan *Six Sigma* untuk meningkatkan kualitas produk, seperti penerapan *Six Sigma* dengan pendekatan diagram Pareto untuk menentukan prioritas jenis cacat yang harus diperbaiki. Pada saat yang sama, jumlah cacat adalah satu-satunya parameter yang dipertimbangkan. Sementara itu, Gupta et al. (2018) menerapkan metode *Six Sigma* untuk mengidentifikasi risiko pada industri ban dan menggunakan metode VOC (*Voice of Customer*) berdasarkan data keluhan pelanggan untuk memprioritaskan jenis cacat (Octa & Irwan, 2020). Oleh karena itu, bagian yang akan datang berfokus pada penghapusan aktivitas dan analisis yang tidak bernilai tambah untuk akar penyebab cacat dan mencapai penerapan teknik lean [6]

Penerapan *Lean Six Sigma* dimulai dengan perusahaan manufaktur dan teknik besar. Metodologi *Lean Six Sigma* adalah analisis empiris mendemonstrasikan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi, menghitung, mengevaluasi, mengembangkan, dan memantau proses. Metode *Lean Six Sigma* diusulkan dalam bisnis untuk menentukan insentif untuk perubahan, tidak hanya dalam hal efisiensi kinerja, tetapi juga dalam hal penghematan waktu dan biaya [9]. Penerapan metodologi *Six Sigma* memiliki pengaruh finansial yang signifikan terhadap profitabilitas perusahaan. Perkiraan penghematan sebesar US \$ 70.000 per tahun, yang merupakan tambahan dari manfaat peningkatan kualitas. Penerapan metode Six Sigma mampu membantu perusahaan dalam meningkatkan kualitas produknya melalui peningkatan nilai sigma perusahaan [2].

### **Pendukung *Six Sigma***

Implementasi six sigma memerlukan komitmen dari pimpinan perusahaan, dan sumber daya yang terlibat dalam proyek sig sigma agar mampu berjalan konsisten dan berhasil mencapai target yang telah ditetapkan. Keterlibatan dan komitmen dari manajemen merupakan puncak utama dalam meningkatkan level implementasi program *Six Sigma*. Selanjutnya, untuk memfasilitasi komunikasi dalam organisasi dan untuk mendukung proses implementasi, teknologi informasi (TI) dan infrastruktur sistem informasi yang canggih sangat penting. Mereka secara terus-menerus memungkinkan integrasi tugas-tugas kompleks dalam memperoleh solusi peningkatan kualitas yang layak dalam kerangka waktu yang singkat. Berkat pendekatan yang terorganisir dan sistematis, peran *Six Sigma* sebagai “alat manajerial” untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas dapat diperluas menjadi “alat sistemik” untuk kontrol kualitas dan proses.

### **Penutup**

#### **Kesimpulan**

Dalam beberapa tahun terakhir telah banyak minat dalam penerapan prinsip *Six Sigma*. Banyak artikel telah disajikan mengenai hal ini yang membuktikan pentingnya mengadopsi *Six Sigma* untuk meningkatkan kinerja proses. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi tren terkini, berbagai pendekatan, alat dan teknik, manfaat dan kombinasi *Six Sigma* dengan konsep lain dengan melakukan tinjauan literatur tematik yang sistematis. Ada sejumlah besar alat dan teknik dalam Six Sigma. Keragaman alat, sering menyebabkan kebingungan alat mana yang paling cocok untuk keadaan bisnis apa. Cara yang sistematis untuk memandu pemilihan alat-alat ini sangat diharapkan. Masalah lain seperti yang disebutkan sebelumnya, adalah untuk mengklarifikasi penggunaan alat statistik dan memahami bagaimana simulasi dapat membantu dalam analisis proaktif dari sistem. Teknik simulasi telah diidentifikasi sebagai salah satu yang menjanjikan. Temuan ini mendukung pandangan bahwa meskipun *Six Sigma* dianggap sebagai metodologi yang dikembangkan

sepenuhnya, penelitian diperlukan lebih lanjut untuk menetapkan pendekatan yang lebih sistematis untuk membantu perusahaan dalam mengembangkan kualitas. Meskipun pendekatan umum cukup terkenal dan sebagian besar diterapkan di organisasi manufaktur besar, pekerjaan lebih lanjut diperlukan untuk menyelidiki penerapan *Six Sigma*. Dari hasil penelitian terlihat bahwa penerapan metode *Six Sigma* mampu melakukan perbaikan dengan perubahan yang signifikan. Sumber-sumber masalah bisa diidentifikasi dan dilakukan pemecahan masalah.

### **Keterbatasan dan Rekomendasi Untuk Penelitian Selanjutnya**

Penelitian ini memiliki keterbatasan tertentu. Pertama, bersifat eksploratif dan berdasarkan literatur yang relevan selama 5 tahun terakhir yang tersedia di berbagai database. Kedua, artikel yang dipilih dalam proses review terbatas pada artikel jurnal peer-review, sehingga reviewnya tidak lengkap. Meskipun jurnal peer-review memiliki kualitas yang lebih tinggi, sumber lain seperti artikel konferensi, dan buku juga merupakan sumber pengetahuan penting tentang topik ini.

### **Daftar Pustaka**

- [1] E. Haryanto and B. P. Ichtiarto “Analisa Penurunan Cacat (Defect) Cat Bintik Debu Dengan Metodologi Six Sigma Pada Proses Painting Produk Fuel Tank di PT. SSO TANGERANG”. doi: <http://dx.doi.org/10.22441/pasti.2019.v13i3.009>.
- [2] M. Subana, P. Studi Teknik Industri, F. Teknik, and U. Serang Raya, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Coil Dengan Pendekatan Metode Six Sigma” *JITEKH*, vol. 9, no. 1, pp. 46–51, 2021. doi: <https://doi.org/10.35447/jitekh.v9i1.333>.
- [3] M. Fatikhul Ikhsan, P. Pusporini, and A. W. Rizqi, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk Flat Bar Dengan Metode Six Sigma pada PT. JATIM TAMAN STEEL,” vol. 2, no. 3, 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.30587/justicb.v2i3.3897>.
- [4] O. B. Untoro and I. Iftadi, “Six Sigma as a Method for Controlling and Improving the Quality of Bed Series Products,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 19, no. 2, pp. 131–141, Dec. 2020, doi: 10.23917/jiti.v19i2.11623.
- [5] D. Armandhika Utomo and E. Rimawan, “Penurunan Ng Flow Out & NG Ratio pada Part Bracket Comp Jack Menggunakan Metode Lean Six Sigma” 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.36055/jiss.v5i2.8006>.
- [6] S. Krishna Priya, V. Jayakumar, and S. Suresh Kumar, “Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line,” in *Materials Today: Proceedings*, 2020, vol. 22, pp. 948–958. doi: 10.1016/j.matpr.2019.11.139.
- [7] P. Guleria, A. Pathania, R. K. Shukla, and S. Sharma, “Lean six-sigma: Panacea to reduce rejection in gear manufacturing industry,” in *Materials Today: Proceedings*, 2020, vol. 46, pp. 4040–4046. doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.559.
- [8] R. Ferlina Indraswari, R. Anugerah, and M. Puteri, “Jurnal Teknik Industri Page 14 | Jurnal Teknik Industri Peningkatan Kualitas Produk Fuel tank Pada Proses Welding Dengan Metode Six Sigma Pada Industri Manufaktur,” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 3, no. 2, pp. 14–20. doi: <https://doi.org/10.37366/JUTIN0302.1420>.
- [9] P. Guleria, A. Pathania, H. Bhatti, K. Rojhe, and D. Mahto, “Leveraging Lean Six Sigma: Reducing defects and rejections in filter manufacturing industry,” in *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 46, pp. 8532–8539. doi: 10.1016/j.matpr.2021.03.535.
- [10] V. Pranavi and V. Umasankar, “Application of Six Sigma approach on hood outer panel to reduce the defect in painting peel off,” in *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 46, pp. 1269–1276. doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.125.

- [11] E. Sukirno, J. Prasetyo, R. Rosma, and M. Hayu Raras Sita Rukmika Sari, "Implementasi Metode Six Sigma DMAIC Untuk Mengurangi Decfect Pipe Exhaust XE611," *JAPTI: Jurnal Aplikasi Ilmu Teknik Industri*, vol. 2, no. 2, pp. 10–18, 2021. doi: <https://doi.org/10.32585/japti.v2i2.1492>.
- [12] V. Swarnakar, A. R. Singh, and A. K. Tiwari, "Effect of lean six sigma on firm performance: A case of Indian automotive component manufacturing organization," in *Materials Today: Proceedings*, 2019, vol. 46, pp. 9617–9622. doi: 10.1016/j.matpr.2020.07.115.
- [13] M. Ginting and E. Chandra, "Penerapan Metode Six Sigma untuk Menurunkan Jumlah Cacat pada Divisi Painting PT Roda Prima Lancar Tangerang." doi: <https://www.researchgate.net/profile/Meriastuti-Ginting/publication/259577592>.
- [14] C. Wahyudin and A. Apriliandi, "Penerapan Metode Six Sigma pada IKM Manufaktur Industri Pendukung (Supporting Industry) untuk Meminimalkan Jumlah Produk Cacat," vol. 20, no. 02, pp. 104–113, 2021. doi: <https://doi.org/10.26874/jt.vol20no2.208>.
- [15] O. M. Ikumapayi, E. T. Akinlabi, F. M. Mwema, and O. S. Ogbonna, "Six sigma versus lean manufacturing - An overview," in *Materials Today: Proceedings*, 2019, vol. 26, pp. 3275–3281. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.986.