

Review Lean Manufacturing: Faktor Produksi 4M dan Aspek QCD

Qomarotun Nurlaila¹, Nilda Tri Putri², Elita Amrina³

^{1,2,3}Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia
E-mail: 2230932001_qomarotun@student.unand.ac.id, nildatp@eng.unand.ac.id, elita@eng.unand.ac.id

Abstrak

Lean Manufacturing (LM) terbukti bisa meningkatkan daya saing perusahaan. Perkembangan penelitian LM bisa dilihat dari tren penelitian tiap tahun pada *ScienceDirect*. Tujuan dari penelitian adalah menemukan celah penelitian dari 39 artikel. Metode yang digunakan adalah studi literatur yaitu dengan mereview artikel berdasarkan nama jurnal, nama negara, sektor industri, faktor produksi 4M, aspek QCD dan Lean Tools (LT). Penerapan LM pada industri manufaktur (95%) sedangkan UKM (5%), mayoritas diterapkan pada faktor *Method* dan minoritas pada faktor *Material*, semua membahas aspek Cost dan paling sedikit membahas aspek Delivery. LT yang paling sering digunakan adalah Kaizen, VSM, TPM, *Cause and effect analysis*, *Tack Time*. LT yang hanya digunakan sekali adalah DOE, QS, MCD, ERP. Ditemukan celah penelitian yaitu penelitian pada sektor industri UKM, faktor produksi *Material* serta aspek *Quality*.

Kata kunci: *Lean Manufacturing* (LM); Aspek QCD; Faktor Produksi 4M; *Lean Tools* (LT); Celah penelitian

Abstract

Lean Manufacturing (LM) has been proven to increase the competitiveness of the company. The development of LM research can be seen from research trends every year in *ScienceDirect*. The purpose of the study was to find research gaps from 39 articles. The method used is literature study, namely by reviewing articles based on journal name, country name, industrial sector, 4M production factor, QCD aspect, Lean Tools (LT). The application of LM in the manufacturing industry (95%) while SMEs (5%), the majority is applied to Method factors and the minority is to Material factors, all discussing the Cost aspects and lastly discussing the Delivery aspects. The most used Lean Tools (LT) are Kaizen, VSM, TPM, *Cause and effect analysis*, *Tack Time*. LT that is only used once is DOE, QS, MCD, ERP. Research gaps were found, namely research in the SME industry sector, Material production factors and Quality aspects.

Keywords: *Lean Manufacturing* (LM); QCD Aspect; Production Factor 4M; *Lean Tools* (LT); Research Gap

Daftar istilah:

4M	: Man, Machine, Method, Material	5WA	: 5-Why Analysis
QCD	: Quality, Cost, Delivery	CM	: Cell Management
CT	: Cycle Time	DOE	: Design of Experiments
ERP	: Enterprise Resource Planning	JIT	: Just-In Time
KPI	: Key Performance Indicator	LB	: Line Balancing
LM	: Lean Manufacturing	LP	: Leveling Product
LT	: Lead Time	LT	: Lean Tools
MCD	: Manufacturing Cost Deployment	MTO	: Make-To-Order
OPF	: One Piece Flow	PDCA	: Plan Do Check Action
PS	: Problem Solving	QS	: Quick Setup
SDM	: Sumber Daya Manusia	SLZ	: Small Lot Size
SMED	: Single Minute Exchange of Dies	SOP	: Standard Operational Procedure
TPM	: Total Productive Maintenance	TPS	: Toyota Production System
TQM	: Total Quality Management	TT	: Takt Time
VM	: Visual Management	VSM	: Visual Stream Mapping

PENDAHULUAN

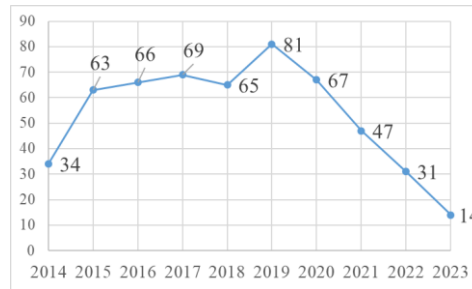
Perkembangan industri saat ini menuntut adanya strategi untuk bisa bersaing dipasar global. Industri dituntut untuk berkompetisi dengan didukung oleh proses produksi yang ramping, efisien, efektif dan tepat. Konsep yang mendukung proses produksi tersebut adalah konsep *Lean Manufacturing* (LM). LM mampu untuk menyederhanakan langkah-langkah suatu proses dengan menghilangkan langkah-langkah yang tidak memberikan nilai tambah (Kumar et al., 2018), sehingga akan tercapai hasil sesuai rencana (Schmidt et al., 2020). LM menyebar di setiap jenis industri, didorong oleh kebutuhan untuk terus meningkatkan proses dan sistemnya (Rossini, Audino, et al., 2019).

Industri dituntut untuk mengurangi biaya produksi dalam rangka menyikapi persaingan global karena kondisi pasar yang terus berubah. LM bisa digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan menentukan kombinasi sumber daya terbaik. LM menawarkan alat-alat dan prinsip-prinsip untuk meningkatkan produktivitas, mengurangi pemborosan proses dan mendapatkan efisiensi operasional. Untuk mendapatkan penerapan LM yang efektif perlu menerapkan dan mengkombinasikan beberapa *Lean Tools* (LT) antara lain VSM, penyeimbangan lini, SMED, manajemen visual, 5S, perataan produksi (Correia et al., 2018). LM terbukti memberikan kinerja kompetitif untuk perusahaan yang menerapkannya dengan pemikiran ramping yang umum, mencakup: rantai pasok, pengembangan produk dan keseluruhan perusahaan (Adlin et al., 2020). LM dapat menjaga hubungan baik dengan pelanggan, yaitu dengan produk yang berkualitas dan dikirim tepat waktu (Amrina & Lubis, 2017).

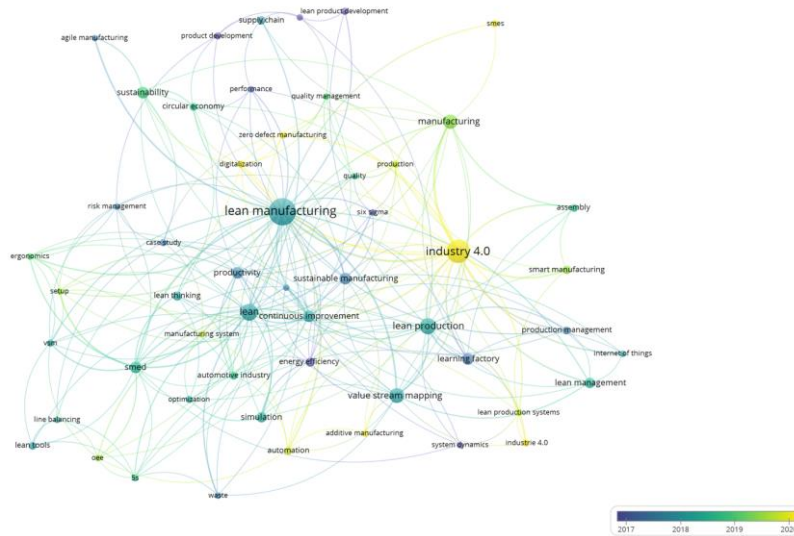
Perusahaan perlu meningkatkan daya saingnya dengan meningkatkan produktivitas secara hemat biaya dan tepat waktu (Zahraee et al., 2020). Penghematan biaya dilakukan dengan menghilangkan berbagai macam pemborosan dari lini produksi dengan VSM (Mudgal et al., 2020) (Zahraee et al., 2020) (Correia et al., 2018), mempersingkat waktu *setup* (Utiyama et al., 2021). Perusahaan menerapkan sistem LM ke proses manufaktur untuk menghilangkan pemborosan, mengurangi *lead time*, meningkatkan variasi produk, dan memenuhi permintaan (Narkhede et al., 2020). Pendekatan LM mengutamakan alur proses karena ketika alur proses sudah lancar dan efisien maka pelayanan terhadap pelanggan akan menjadi lebih bagus (Amrina et al., 2019).

Langkah-langkah atau kegiatan produksi yang tidak memberikan nilai tambah merupakan suatu pemborosan. Untuk mengetahui suatu kegiatan itu sebagai pemborosan atau tidak, maka perlu adanya perhitungan *Takt Time* dan pengidentifikasian *Bottlenecks* yang merupakan penyebab terjadinya kemacetan atau penyumbatan (Kumar et al., 2018). Praktek LM membantu keberlanjutan industri menjaga efektivitas dan profitabilitas dengan sumber daya yang lebih sedikit melalui penghilangan semua pemborosan atau kegiatan yang tidak bernilai tambah (Kafuku, 2019). Penghapusan pemborosan pada proses produksi untuk mempromosikan penggunaan modal paling sedikit atau menghasilkan keuntungan paling banyak (Putri et al., 2018).

Penelitian LM pada tingkat nasional dan internasional dapat dirujuk pada Google Scholar, untuk tahun 2022 terdapat 983 artikel. Penelitian LM pada tingkat internasional dapat dirujuk pada ScienceDirect, untuk tahun 2014 – 15 April 2023 terdapat 537 artikel. Gambar 1 menunjukkan tren penelitian untuk tiap tahun dan gambar 2 menunjukkan pemetaan dengan VOSviewer. Secara internasional penelitian LM mengalami penurunan sejak 2020 dan diprediksi akan naik kembali pada tahun 2023, dimana sampai tanggal 15 April 2023 penelitian LM sudah terbit 14 artikel, sekitar 45% dari total artikel tahun 2022. Berdasarkan gambar 2, perkembangan penelitian LM mengarah ke Industri 4.0 (otomasi, digitalisasi).



Gambar 1. Tren Penelitian LM pada ScienceDirect Tahun 2014 – 15 April 2023



Gambar 2. Pemetaan Artikel LM dari ScienceDirect Tahun 2014 – 15 April 2023

Strategi LM bisa menjawab tuntutan pasar global terhadap industri untuk bisa meningkatkan daya saingnya. Keberhasilan penerapan LM tergantung pada partisipasi karyawan, keterampilan dan pelatihan yang tepat serta komitmen manajemen puncak (Kumar et al., 2018). Dalam penerapan LM perlu memperhatikan faktor produksi 4M, aspek QCD dan LT yang efektif. Penelitian LM masih mempunyai banyak peluang, peminat dan berkembang dari tahun ke tahun. Peluang penelitian untuk mengembangkan atau menciptakan LT yang sesuai dengan lokasi penelitian. Untuk memahami peluang penelitian, perlu dilakukan kajian pustaka. Sehingga hasil penelitian akan memberikan kontribusi ke perkembangan ilmu pengetahuan dan sektor industri.

Dalam studi ini akan dilakukan kajian terhadap artikel-artikel dari Jurnal Internasional Bereputasi yang terindeks Scopus dan WoS, yaitu dari ScienceDirect dan Springer dalam kurun 5 tahun terakhir (2018 - 2022). Dalam penelitian ini akan dikaji 3 variabel yaitu faktor produksi 4M, Aspek QCD (kinerja operasional) dan Lean Tools. Literature review yang membahas 3 variabel tersebut sekaligus belum pernah dilakukan peneliti-peneliti sebelumnya. Berikut beberapa pertanyaan penelitian yang akan dicarikan jawabannya:

RQ1: Top 3 nama Jurnal?

RQ2: Top 5 negara asal penulis?

RQ3: Sektor industri yang mendominasi penelitian?

RQ4: Faktor produksi 4M yang paling banyak dan paling sedikit diteliti?

RQ5: Aspek QCD yang paling banyak dan paling sedikit diteliti?

RQ6: Berapa LT yang digunakan dalam suatu penelitian (artikel)?

RQ7: Top 5 LT yang digunakan dalam suatu penelitian?

RQ8: LT yang digunakan ≤ 3 kali (jarang digunakan) dalam penelitian?

Dengan terjawabnya 8 pertanyaan diatas, diharapkan tujuan dilakukan tinjauan pustaka penelitian yang bertema LM dapat tercapai. Tujuan dari penelitian ini antara lain menemukan celah penelitian dari penelitian-penelitian sebelumnya dan menentukan arah penelitian berikutnya untuk topik LM.

TINJAUAN PUSTAKA

Sejarah Kesuksesan dan Keberhasilan Lean

Lean merupakan salah satu topik penelitian yang menarik, terkait dengan kesuksesan dan keberhasilan Lean dalam meningkatkan kinerja perusahaan. Berikut beberapa perusahaan pelopor yang berhasil menerapkan LM:

1. Ford Motor Company ((Bayou & de Korvin, 2008);(Ellis, 2020)). Henry Ford sebagai pendiri Ford Motor Company mulai memperkenalkan LM antara tahun 1913 (Duque & Cadavid, 2007)(Duque & Cadavid, 2007). Penerapan continues flow pada lini perakitan berhasil mengurangi biaya produksi, meskipun masih ditemukan pemborosan persediaan dan masalah motivasi tenaga kerja.
2. Toyota ((Ellis, 2020); (Pattiapon et al., 2020); (Batubara & Halimuddin, 2016)). Taiichi Ohno dan Dr Sheigo mengembangkan TPS, sehingga mengurangi pemborosan, dan meningkatkan nilai produk di mata pelanggan. Salah satu konsep LM adalah JIT, dimana produk akan dikirimkan sesuai dengan permintaan secara jumlah dan jadwal pengiriman. LM dalam TPS merupakan sistem holistik yang memandang secara menyeluruh dan keseluruhan antara manusia, peralatan dan proses, sehingga bisnis lebih mempunyai daya saing.
3. General Electric (GE) (Ellis, 2020). Perusahaan dapat memangkas waktu kerja karyawan untuk membuat Kulkas yaitu 4 jam (\$60 untuk setiap unit kulkas).
4. Herman Miller (Azarchehr-Sehat, 2010). Perusahaan dapat meningkatkan produktivitas 4 kali lipat.

Lean Tools (LT)

LM didukung oleh LT untuk menjadikan proses produksi menjadi lebih ramping. Alat-alat LM berfokus pada berbagai aspek sistem produksi yaitu pemikiran jangka panjang, standarisasi proses, manajemen visual, tingkat produksi. Pilar-pilar dari alat-alat LM dikaitkan dengan antara lain (Díaz-Reza et al., 2022) : Aliran material (JIT, *Takt Time*, Sistem Tarik, Kanban), Jaminan kualitas (TQM, Genba, Kaizen), Mesin (TPM, OEE, Poka-yoke, Sistem Andon, Jidoka), Faktor manusia (pendidikan, pelatihan, pemilihan personil, pekerja multifungsi, pengembangan pemasok).

Kaizen

Praktek di industri, semua perbaikan dari yang sederhana sampai yang kompleks disebut sebagai kaizen (perbaikan berkelanjutan). Tujuan utama dari kaizen adalah memperbaiki operasional, dengan mengkombinasikan berbagai alat dan teknik untuk mengurangi pemborosan secara mudah dan efektif dimana dengan melakukan proses pemetaan pemborosan-pemborosan secara visual (Kumar et al., 2018).

VSM

Praktek di industri, dari level operator sampai management puncak akan lebih mudah memahami permasalahan pada proses produksi ketika diberikan gambaran menyeluruh kondisi saat ini dan pengajuan perbaikan dengan menggunakan gambar. Gambaran kondisi saat ini dan rencana perbaikan ditempatkan secara berdampingan serta dijelaskan

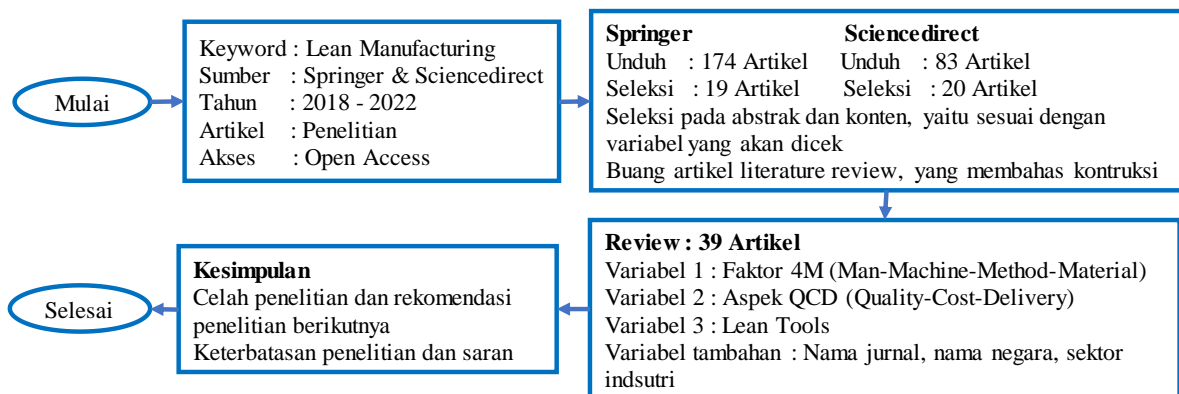
perbedaannya. VSM adalah alat LM yang dominan membantu organisasi dalam meningkatkan pemahaman akan proses produksi, dengan menggambarkan peta proses untuk kondisi saat ini dan masa depan. VSM efektif dalam mengidentifikasi pemborosan-pemborosan pada manufaktur (Afy-Shararah & Salonitis, 2022). Penerapan VSM untuk mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan dalam semua sistem, meminimalkan sumber daya dan mengoptimalkan tingkat performa organisasi (Kumar et al., 2018). Dengan VSM maka kinerja proses dapat disajikan secara objektif dan kuantitatif dengan ukuran kerampingan (Huang et al., 2022). VSM terbukti dapat menciptakan lingkungan manufaktur yang membuat produk sesuai dengan pesanan dan berhasil pada produksi masal (Mudgal et al., 2020).

TPM

Praktek di industri, secara umum semua perbaikan yang dilakukan pada mesin produksi disebut sebagai TPM. TPM adalah filosofi LM yang bertujuan menghilangkan semua kerugian terkait dengan peralatan (mesin) dalam rangka mengikatkan efektivitas sistem manufaktur. Ada beberapa indikator untuk memantau dan mengevaluasi efektivitas proses (Sonmez et al., 2018). TPM dapat meningkatkan produktivitas (Huang et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan mereview artikel dengan topik “Lean Manufacturing”. Metode bisa dilihat pada gambar 3.

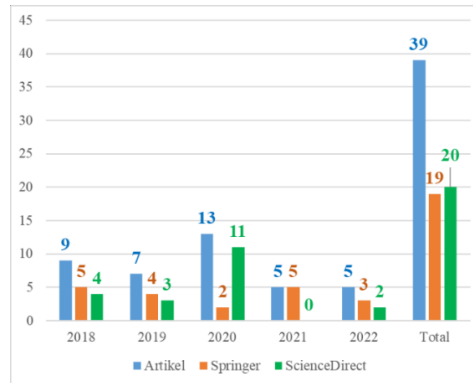


Gambar 3. Metode penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan sejarah kesuksesan LM dalam meningkatkan kinerja dan daya saing perusahaan, maka kajian pustaka bertema LM dilakukan. Dengan kajian pustaka ini diharapkan akan didapatkan penemuan yang akan menambah kasanah keilmuan di bidang Teknik Industri dan sebagai wacana untuk sektor industri untuk meningkatkan kinerja dan daya saing. Untuk melihat perkembangan LM di industri global (Internasional), maka artikel yang digunakan sebagai referensi dalam melakukan kajian pustaka adalah artikel dari jurnal-jurnal Internasional yang bereputasi.

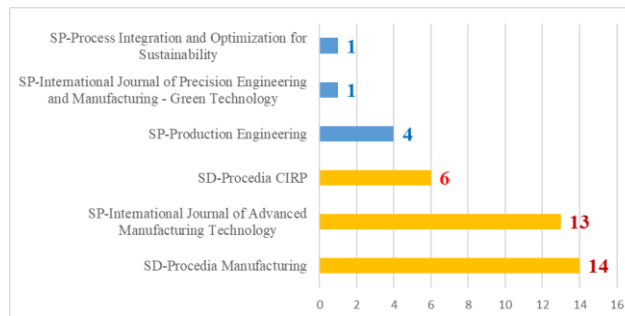
Total artikel yang digunakan sebagai bahan kajian pustaka adalah 39 artikel, dimana semuanya terindex Scopus dan 85% terindex WoS. Artikel yang berasal dari Springer 19 artikel, sedangkan yang dari ScienceDirect 20 artikel. Gambar 4 menunjukkan jumlah artikel yang terbit setiap tahun.



Gambar 4. Jumlah Artikel Terbit Tiap Tahun

RQ1: Top 3 nama Jurnal?

Gambar 5 menunjukkan jumlah artikel dari tiap jurnal, jurnal yang masuk top 3 yaitu: Procedia Manufacturing terbit 14 artikel, International Journal of Advanced Manufacturing Technology terbit 13 artikel dan Procedia CIRP terbit 6 artikel.



Gambar 5. Jumlah artikel tiap Jurnal

RQ2: Top 5 negara asal penulis?

Gambar 6 menunjukkan top 5 nama negara asal penulis yang paling produktif menulis artikel bertema LM antara lain Portugal, Germany, India, UK, Italy. Total negara asal penulis terdeteksi 19 negara, dimana 4 negara masing-masing mempunyai 2 peneliti yaitu Australia, Brazil, Malaysia dan Turkey. Sedangkan ada 10 negara yang masing-masing mempunyai seorang peneliti yaitu Bangladesh, Canada, China, Denmark, Finland, Indonesia, Meksiko, South Korea, Tanzania, USA.

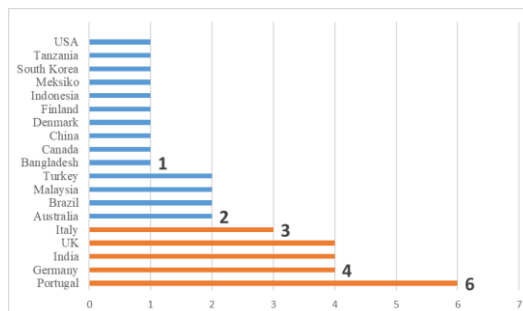
RQ3: Sektor industri yang mendominasi penelitian?

Sektor industri yang menerapkan LM di dominasi sebesar 95% (37 artikel) oleh industri manufaktur ((R. Ahmad & Soberi, 2018); (Rossini, Costa, et al., 2019); (Huang et al., 2022); (Afy-Shararah & Salonitis, 2022); (Díaz-Reza et al., 2022); (Pattanaik et al., 2019); (Greinacher et al., 2020); (Susilawati, 2021); (Utiyama et al., 2021); (Logesh & Balaji, 2021); (Leong et al., 2019); (Karasu & Salum, 2018); (N. Ahmad et al., 2018); (Sonmez et al., 2018); (Rossini, Audino, et al., 2019); (Narkhede et al., 2020); (Braglia et al., 2021); (Lee & Park, 2021); (Mudgal et al., 2020); (Agostinho & Baldo, 2020); (Schutzbach et al., 2022); (Malik & Bilberg, 2018); (Kafuku, 2019); (Kafuku, 2019); (Rodrigues et al., 2020); (Azevedo et al., 2019); (Correia et al., 2018); (Mohammad & Oduoza, 2019); (Mayr et al., 2018); (Brito et al., 2020); (Adlin et al., 2020); (Arey et al., 2020); (Zahraee et al., 2020); (Jituri et al., 2018); (Janeiro et al., 2020); (Martins et al., 2020);

(Hartmann & Metternich, 2020)), sedangkan 5% (2 artikel) UKM ((Kumar et al., 2018); (Wang et al., 2022)).

Tabel 1. Matrik Faktor Produksi dan Aspek QCD dari Penelitian Terdahulu

No	Penulis (Tahun)	Sektor/ Industri	Negara	Faktor Produksi				Aspek		
				M N	M C	M T	M R	Q	C	D
1	(R. Ahmad & Soberi, 2018)	Manufaktur	Malaysia	*	*	*	*	*	*	*
2	(Kumar et al., 2018)	UKM	India	*	*		*	*	*	*
3	(Rossini, Costa, et al., 2019)	Manufaktur	Italy			*		*	*	*
4	(Huang et al., 2022)	Manufaktur	Australia	*	*	*	*	*	*	*
5	(Afy-Shararah & Salonitis, 2022)	Manufaktur	UK	*	*	*	*	*	*	*
6	(Díaz-Reza et al., 2022)	Manufaktur	Meksiko		*		*	*	*	*
7	(Pattanaik et al., 2019)	Manufaktur	India	*	*	*	*	*	*	
8	(Greinacher et al., 2020)	Manufaktur	Germany		*	*	*	*	*	*
9	(Susilawati, 2021)	Manufaktur	Indonesia	*	*	*	*	*	*	*
10	(Utiyama et al., 2021)	Manufaktur	Brazil		*	*			*	*
11	(Logesh & Balaji, 2021)	Manufaktur	India	*	*	*	*	*	*	*
12	(Leong et al., 2019)	Manufaktur	Malaysia	*	*	*	*	*	*	
13	(Karasu & Salum, 2018)	Manufaktur	Turkey	*	*	*	*	*	*	*
14	(N. Ahmad et al., 2018)	Manufaktur	Bangladesh	*	*	*	*	*	*	*
15	(Sonmez et al., 2018)	Manufaktur	Turkey		*	*		*	*	
16	(Rossini, Audino, et al., 2019)	Manufaktur	Italy	*	*	*			*	*
17	(Narkhede et al., 2020)	Manufaktur	India	*	*				*	*
18	(Braglia et al., 2021)	Manufaktur	Italy	*	*	*	*	*	*	
19	(Lee & Park, 2021)	Manufaktur	South Korea		*	*			*	*
20	(Mudgal et al., 2020)	Manufaktur	UK			*			*	*
21	(Agostinho & Baldo, 2020)	Manufaktur	Brazil	*		*			*	
22	(Schutzbach et al., 2022)	Manufaktur	Germany	*		*			*	
23	(Malik & Bilberg, 2018)	Manufaktur	Denmark	*	*				*	
24	(Kafuku, 2019)	Manufaktur	Tanzania	*	*	*		*	*	*
25	(Al Janahi et al., 2020)	Manufaktur	USA		*	*		*	*	*
26	(Rodrigues et al., 2020)	Manufaktur	Portugal		*	*		*	*	
27	(Azevedo et al., 2019)	Manufaktur	Portugal		*	*		*	*	
28	(Correia et al., 2018)	Manufaktur	Portugal	*	*	*			*	
29	(Mohammad & Oduoza, 2019)	Manufaktur	UK	*	*	*			*	
30	(Mayr et al., 2018)	Manufaktur	Germany	*	*	*		*	*	*
31	(Brito et al., 2020)	Manufaktur	Portugal	*	*	*		*	*	*
32	(Adlin et al., 2020)	Manufaktur	Finland			*	*	*	*	*
33	(Arey et al., 2020)	Manufaktur	UK			*		*		
34	(Zahraee et al., 2020)	Manufaktur	Australia		*				*	*
35	(Jituri et al., 2018)	Manufaktur	Canada		*	*		*	*	*
36	(Janeiro et al., 2020)	Manufaktur	Portugal			*		*	*	
37	(Wang et al., 2022)	UKM	China		*	*		*	*	*
38	(Martins et al., 2020)	Manufaktur	Portugal			*			*	
39	(Hartmann & Metternich, 2020)	Manufaktur	Germany	*		*	*	*	*	*



Gambar 6. Jumlah Artikel Berdasarkan Negara Asal Penulis

RQ4: Faktor produksi 4M yang paling banyak dan paling sedikit diteliti?

Faktor produksi 4M yang paling banyak diteliti (87% - 34 artikel) yaitu faktor *Method* ((R. Ahmad & Soberi, 2018); (Rossini, Costa, et al., 2019); (Huang et al., 2022); (Afy-Shararah & Salonitis, 2022); (Pattanaik et al., 2019); (Greinacher et al., 2020); (Susilawati, 2021); (Utiyama et al., 2021); (Logesh & Balaji, 2021); (Leong et al., 2019); (Karasu & Salum, 2018); (N. Ahmad et al., 2018); (Sonmez et al., 2018); (Rossini, Audino, et al., 2019); (Braglia et al., 2021); (Lee & Park, 2021); (Mudgal et al., 2020); (Agostinho & Baldo, 2020); (Schutzbach et al., 2022); (Kafuku, 2019); (Al Janahi et al., 2020); (Rodrigues et al., 2020); (Azevedo et al., 2019); (Correia et al., 2018); (Mohammad & Oduoza, 2019); (Mayr et al., 2018); (Brito et al., 2020); (Adlin et al., 2020); (Arey et al., 2020); (Jituri et al., 2018); (Janeiro et al., 2020); (Wang et al., 2022); (Martins et al., 2020); (Hartmann & Metternich, 2020)). Sedangkan faktor material ((R. Ahmad & Soberi, 2018); (Kumar et al., 2018); (Huang et al., 2022); (Afy-Shararah & Salonitis, 2022); (Díaz-Reza et al., 2022); (Pattanaik et al., 2019); (Greinacher et al., 2020); (Susilawati, 2021); (Logesh & Balaji, 2021); (Leong et al., 2019); (Karasu & Salum, 2018); (N. Ahmad et al., 2018); (Braglia et al., 2021); (Hartmann & Metternich, 2020)) diteliti 38% (15 artikel). Untuk faktor *Machine* diteliti 74% (29 artikel) dan faktor *Man* diteliti 54% (21 artikel). Ada peluang penelitian pada faktor *Man* dan *Material*. Dalam suatu penelitian, terdapat peneliti yang hanya membahas satu faktor produksi saja ((Rossini, Costa, et al., 2019); (Mudgal et al., 2020); (Rodrigues et al., 2020); (Arey et al., 2020); (Zahraee et al., 2020); (Janeiro et al., 2020); (Martins et al., 2020)) dan ada juga yang membahas semua faktor produksi ((R. Ahmad & Soberi, 2018); (Huang et al., 2022); (Afy-Shararah & Salonitis, 2022); (Pattanaik et al., 2019); (Susilawati, 2021); (Susilawati, 2021); (Leong et al., 2019); (Karasu & Salum, 2018); (N. Ahmad et al., 2018); (Braglia et al., 2021)).

RQ5: Aspek QCD yang paling banyak dan paling sedikit diteliti?

Berdasarkan aspek QCD, 64% (25 artikel) penelitian membahas aspek *Delivery* ((R. Ahmad & Soberi, 2018); (Kumar et al., 2018); (Rossini, Costa, et al., 2019); (Huang et al., 2022); (Afy-Shararah & Salonitis, 2022); (Díaz-Reza et al., 2022); (Greinacher et al., 2020); (Susilawati, 2021); (Utiyama et al., 2021); (Logesh & Balaji, 2021); (Karasu & Salum, 2018); (N. Ahmad et al., 2018); (Rossini, Audino, et al., 2019); (Narkhede et al., 2020); (Lee & Park, 2021); (Mudgal et al., 2020); (Kafuku, 2019); (Al Janahi et al., 2020); (Mayr et al., 2018); (Brito et al., 2020); (Adlin et al., 2020); (Arey et al., 2020); (Jituri et al., 2018); (Wang et al., 2022); (Wang et al., 2022)), 67% (26 artikel) membahas aspek *Quality* ((R. Ahmad & Soberi, 2018); (Kumar et al., 2018); (Huang et al., 2022); (Afy-Shararah & Salonitis, 2022); (Díaz-Reza et al., 2022); (Pattanaik et al., 2019); (Greinacher et al., 2020); (Susilawati, 2021); (Logesh & Balaji, 2021); (Leong et al., 2019); (Karasu & Salum, 2018); (N. Ahmad et al., 2018); (Sonmez et al., 2018); (Braglia et al., 2021); (Kafuku, 2019); (Al Janahi et al., 2020); (Al Janahi et al., 2020); (Azevedo et al., 2019); (Mayr et al., 2018); (Brito et al., 2020); (Adlin et al., 2020); (Arey et al., 2020); (Jituri et al., 2018); (Janeiro et al., 2020); (Wang et al., 2022); (Wang et al., 2022)) dan 97% (39 artikel) membahas aspek *Cost* (hanya satu peneliti ((Arey et al., 2020)) yang tidak membahas *Cost*).

Ada peluang untuk melakukan penelitian pada aspek *Delivery* dan *Quality*. Dalam perbaikan proses, ketika kualitas diperbaiki maka *Delivery* secara langsung atau tidak langsung akan menjadi lebih cepat sehingga biaya produksi akan berkurang. Ketika perbaikan dilakukan pada bagian kualitas maka aspek pengiriman dan biaya akan ikut terpengaruh menjadi lebih baik. Berbeda dengan ketika perbaikan dilakukan pada aspek pengiriman, maka aspek kualitas belum tentu akan terpengaruh sedangkan aspek biaya pasti

akan terpengaruh. Setiap penerapan LM akan mengurangi biaya produksi, dimana LM membuat proses produksi menjadi lebih sederhana, ramping, efektif dan efisien.

Tabel 2. Identifikasi LT dari penelitian terdahulu

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	33	33	Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
1		v							v	v	v																									9
2			v	v							v						v	v																		11
3				v																																1
4			v	v	v			v										v	v	v																8
5				v							v	v							v	v	v	v														9
6					v						v	v																								4
7		v	v								v																									7
8										v																										2
9			v		v	v					v	v																								8
10		v			v																															3
11				v	v																															8
12				v	v																															8
13		v																																		3
14				v	v																															6
15																																				1
16			v	v																																5
17				v	v																															4
18			v	v																																8
19		v																																		4
20			v																																	3
21				v																																2
22			v																																	5
23				v																																3
24				v	v																															10
25				v	v																															6
26				v																																5
27																																				3
28			v																																	7
29				v																																3
30		v	v																																	7
31		v																																		7
32				v	v	v																														5
33				v																																1
34				v																																2
35																																				1
36				v																																1
37		v																																		4
38			v	v																																5
39			v	v																																3

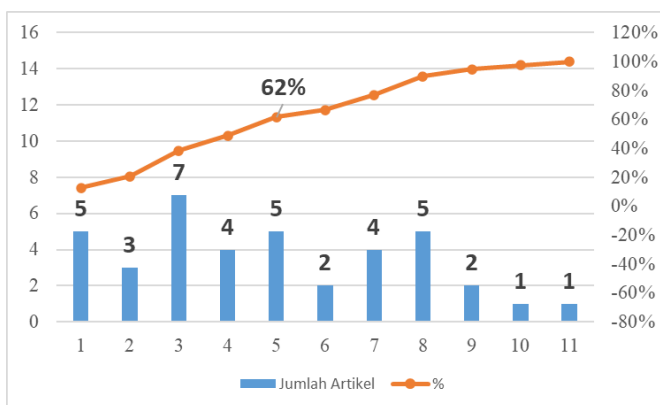
Keterangan: 1=SMED, 2=VSM, 3=Kaizen (KZ), 4=TPM, 5=TQM, 6=VM, 7=JIT, 8=OEE, 9=SOP, 10=DOE, 11=OPF, 12=QS, 13=KPI, 14=MCD, 15=MTO, 16=PDCA, 17=TT=LT=CT, 18=Automation (AT)=Jidoka, 19=Poka-yoke (PY), 20=Layout (LY), 21= LB=LP=Heijunka, 22=Training (TR), 23=Kanban (KB), 24=CM, 25=SLZ, 26=CE=5WA=Brainstorming=PS, 27=5S, 28=Teamwork (TW), 29=Genba (GN), 30=ERP, 31=PA, 32=BA, T=Total.

Daftar LT ditetapkan berdasarkan semua jenis-jenis LT yang ditemukan pada artikel yang dikaji yaitu terdapat 32 LT. Tabel 2 menunjukkan detail dan total LT yang digunakan oleh masing-masing artikel dalam melakukan penelitian.

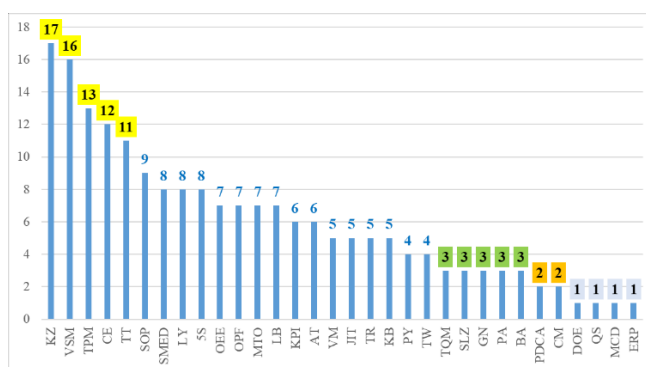
RQ6: Berapa LT yang sering digunakan dalam suatu penelitian (artikel)?

Berdasarkan gambar 7 diketahui bahwa dalam melakukan penelitian LM, peneliti menggunakan 1-11 LT. Dari 39 artikel yang dicek, mayoritas penelitian (7 artikel, 18%)

menggunakan menggunakan 3 LT ((Utiyama et al., 2021); (Karasu & Salum, 2018); (Mudgal et al., 2020); (Azevedo et al., 2019); (Azevedo et al., 2019); (Azevedo et al., 2019); (Hartmann & Metternich, 2020)), dimana 24 artikel (62%) menggunakan 1-5 LT. Jumlah LT yang digunakan dalam suatu penelitian ditentukan berdasarkan masalah yang akan diselesaikan dan kondisi objek penelitian. Peneliti akan memilih LT yang sesuai untuk mendukung penelitiannya berdasarkan pengalaman dan ilmunya.



Gambar 7. LT yang digunakan pada tiap artikel



Gambar 8. Frekuensi untuk setiap LT

RQ7: Top 5 LT yang digunakan dalam suatu penelitian?

Dalam penelitiannya (gambar 8), 17 penelitian menggunakan Kaizen ((Kumar et al., 2018); (Rossini, Costa, et al., 2019); (Huang et al., 2022); (Logesh & Balaji, 2021); (Leong et al., 2019); (N. Ahmad et al., 2018); (Rossini, Audino, et al., 2019); (Braglia et al., 2021); (Agostinho & Baldo, 2020); (Malik & Bilberg, 2018); (Kafuku, 2019); (Al Janahi et al., 2020); (Rodrigues et al., 2020); (Brito et al., 2020); (Adlin et al., 2020); (Martins et al., 2020); (Hartmann & Metternich, 2020)), 16 penelitian menggunakan VSM ((Kumar et al., 2018); (Huang et al., 2022); (Afy-Shararah & Salonitis, 2022); (Pattanaik et al., 2019); (Susilawati, 2021); (Rossini, Audino, et al., 2019); (Braglia et al., 2021); (Mudgal et al., 2020); (Mudgal et al., 2020); (Correia et al., 2018); (Mayr et al., 2018); (Arey et al., 2020); (Arey et al., 2020); (Janeiro et al., 2020); (Martins et al., 2020); (Hartmann & Metternich, 2020)), 13 penelitian menggunakan TPM ((Huang et al., 2022); (Díaz-Reza et al., 2022); (Susilawati, 2021); (Utiyama et al., 2021); (Logesh & Balaji, 2021); (Leong et al., 2019); (N. Ahmad et al., 2018); (Narkhede et al., 2020); (Kafuku, 2019); (Al Janahi et al., 2020); (Mohammad & Oduoza, 2019); (Mayr et al., 2018); (Adlin et al., 2020)), 12 penelitian menggunakan Cause and effect analysis ((R. Ahmad & Soberi, 2018); (Kumar et al., 2018); (Logesh & Balaji, 2021); (Leong et al., 2019); (N. Ahmad et al., 2018); (Rossini, Audino, et al., 2019); (Braglia et al., 2021); (Braglia et al., 2021); (Agostinho & Baldo, 2020); (Kafuku, 2019); (Rodrigues

et al., 2020); (Martins et al., 2020); (Hartmann & Metternich, 2020)), 11 penelitian menggunakan *Takt Time / Lead Time / Cycle Time* ((Kumar et al., 2018); (Afy-Shararah & Salonitis, 2022); (Utiyama et al., 2021); (Logesh & Balaji, 2021); (Lee & Park, 2021); (Mudgal et al., 2020); (Schutzbach et al., 2022); (Kafuku, 2019); (Al Janahi et al., 2020); (Correia et al., 2018); (Correia et al., 2018)). Lima LT tersebut populer tersebut populer karena antara lain:

1. Semua perbaikan sering disebutkan sebagai kaizen,
2. VSM umum digunakan untuk melihat alur proses,
3. TPM digunakan ketika melakukan perbaikan pada mesin atau peralatan produksi,
4. *Cause and effect analysis* digunakan untuk melakukan analisa penyebab masalah dalam proses produksi,
5. *Takt time / lead time / cycle time* sebagai alat ukur efektifitas perbaikan (dilakukan pengambilan data sebelum dan setelah perbaikan).

RQ8: LT yang digunakan ≤ 3 kali (jarang digunakan) dalam penelitian?

LT yang jarang digunakan sebanyak 11 LT (gambar 7) yaitu DOE ((Susilawati, 2021)), QS ((Díaz-Reza et al., 2022)), MCD ((Braglia et al., 2021)), ERP ((Narkhede et al., 2020)), PDCA ((Leong et al., 2019); (Rodrigues et al., 2020)), *Cell Management* ((Kumar et al., 2018); (Wang et al., 2022)), TQM ((Susilawati, 2021); (Narkhede et al., 2020); (Adlin et al., 2020)), *Small Lot Size* ((Susilawati, 2021); (Karasu & Salum, 2018); (Kafuku, 2019)), Genba ((R. Ahmad & Soberi, 2018); (Kumar et al., 2018); (Leong et al., 2019)), *Pareto Analysis* ((R. Ahmad & Soberi, 2018); (Greinacher et al., 2020); (N. Ahmad et al., 2018)), *Bottleneck Analysis* ((Kumar et al., 2018); (Huang et al., 2022); (Leong et al., 2019)). LT tersebut digunakan bersamaan dengan LT lain untuk saling melengkapi. Kadang kala peneliti dalam melaksanakan penelitiannya menggunakan suatu LT hanya tidak mencantulkannya dalam artikel (laporan). Sebagai contoh untuk penelitian studi kasus dipastikan ada tahapan melakukan pengecekan ke lini produksi dan tahapan ini tentu menggunakan LT Genba. Contoh yang lain, jika penelitian melibatkan banyak pihak tentu menggunakan LT *Teamwork*. Mayoritas penelitian LM adalah membuat proses produksi menjadi lancar sehingga ditahap awal tentu perlu untuk mengecek proses yang membuat tidak lancar (tersumbat) yaitu menggunakan LT *bottleneck analysis*.

Berdasarkan review dari 29 artikel, ditemukan bahwa untuk sektor industri peluang penerapan LM pada sektor UKM masih terbuka lebar, sektor UKM bisa meningkatkan kinerjanya dengan menerapkan LM ((Kumar et al., 2018); (Wang et al., 2022)). Peluang penelitian untuk faktor produksi, terbuka pada faktor material (bahan) dan man (tenaga kerja). Dalam pelaksanaannya, suatu penelitian bisa mencakup semua faktor produksi. Peluang penelitian pada aspek QCD, terbuka pada aspek Quality (kualitas) dan Delivery (pengiriman). Ketika aspek *Quality* atau *Delivery* dilakukan perbaikan, secara tidak langsung akan ada perbaikan pada aspek *Cost*. Dalam hal ini diperlukan kemampuan peneliti untuk menghitung hasil dari perbaikan terhadap pengurangan biaya. Peluang dalam penggunaan LT, terdeteksi 11 LT yang jarang digunakan yaitu DOE, QS, MCD, ERP, PDCA, Cell Management, TQM, Small Lot Size, Genba, Pareto analysis dan Bottleneck analysis. LT yang jarang digunakan bukan berarti LT tersebut tidak efektif ketika digunakan tetapi LT tersebut kemungkinan digunakan sebagai pelengkap (pendukung) LT yang lain. Sehingga perlu ditentukan kombinasi LT saat akan melakukan perbaikan, pemilihan didasarkan pada target dari faktor produksi 4M dan aspek QCD yang ingin dicapai.

PENUTUP

Simpulan

Celah penelitian bisa didapatkan dengan memetakan isi dari 39 artikel yang direview. Pemetaan dilakukan berdasarkan variabel yang akan direview. Celah penelitian didapatkan pada sektor industri UKM, faktor produksi Material dan Man, aspek Quality dan Delivery, 11 LT yang hanya 1 – 3 kali digunakan. Celah penelitian tersebut merupakan peluang untuk dilakukan penelitian terkait dengan topik LM. Selain itu penelitian juga perlu mempertimbangkan kemanfaatan yang lebih luas dari penelitian serta merupakan bagian penting dari bidang ilmu pengetahuan dalam hal ini bidang Teknik industri.

Rekomendasi penelitian selanjutnya yaitu penelitian dilakukan pada sektor industri *Manufaktur* difokuskan pada faktor produksi *Material* dan aspek *Quality* dengan menggunakan 4 LT yaitu Genba, *pareto analysis*, PDCA dan TQM.

Artikel yang direview diambil dari Springer dan Scencedirect serta hanya artikel *open access* saja, sehingga belum mencakup keseluruhan artikel dari dari jurnal-jurnal Internasional bereputasi. Untuk mendapatkan hasil kajian yang lebih lengkap dan akurat maka perlu untuk dilakukan kajian pada artikel-artikel yang diambil dari Scopus serta termasuk yang *close access*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung sepenuhnya oleh Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia dengan no. kontrak: 103 /UN16.09.D/PJ.02.02/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Adlin, N., Nylund, H., Lanz, M., Lehtonen, T., & Juuti, T. (2020). Lean Indicators for Small Batch Size Manufacturers in High Cost Countries. *Procedia Manufacturing*, 51, 1371–1378. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.191>
- Afy-Shararah, M., & Salonitis, K. (2022). Integrated modeling of “soft” and “hard” variables in manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 122(11–12), 4259–4265. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09872-z>
- Agostinho, V., & Baldo, C. R. (2020). Assessment of the impact of Industry 4.0 on the skills of Lean professionals. *Procedia CIRP*, 96, 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.079>
- Ahmad, N., Hossen, J., & Ali, S. M. (2018). Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 239–256. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0783-2>
- Ahmad, R., & Soberi, M. S. F. (2018). Changeover process improvement based on modified SMED method and other process improvement tools application: an improvement project of 5-axis CNC machine operation in advanced composite manufacturing industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 433–450. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0827-7>
- Al Janahi, R., Wan, H. Da, Lee, Y., & Zarreh, A. (2020). Effectiveness and fitness of production line to meet customers’ demand. *Procedia Manufacturing*, 51(2019), 1348–1354. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.188>
- Amrina, E., Kamil, I., & Rahmad, D. (2019). Waste assessment using a lean approach in receiving process of container terminal: A case of Teluk Bayur Port. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 602(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/602/1/012050>
- Amrina, E., & Lubis, A. A. A. (2017). Minimizing waste using lean manufacturing: A case

- in cement production. *2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2017, April 2017*, 71–75. <https://doi.org/10.1109/IEA.2017.7939181>
- Arey, D., Le, C. H., & Gao, J. (2020). Lean industry 4.0: A digital value stream approach to process improvement. *Procedia Manufacturing*, 54, 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.004>
- Azarchehr-Sehat. (2010). The relationship between principals' creativity and personnel's productivity in technical - Vocational colleges. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 5, 2277–2281. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.07.449>
- Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy. *Procedia Manufacturing*, 41, 1023–1030. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.029>
- Batubara, S., & Halimuddin, R. A. (2016). Penerapan Lean Manufacturing Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi Dengan Cara Mengurangi Manufacturing Lead Time Studi Kasus: Pt Oriental Manufacturing Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 1(1), 49–56. <https://doi.org/10.25105/pdk.v1i1.431>
- Bayou, M. E., & de Korvin, A. (2008). Measuring the leanness of manufacturing systems-A case study of Ford Motor Company and General Motors. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, 25(4), 287–304. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2008.10.003>
- Braglia, M., Gallo, M., & Marrazzini, L. (2021). A lean approach to address material losses: materials cost deployment (MaCD). *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 113(1–2), 565–584. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-06632-3>
- Brito, M., Vale, M., Leão, J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Gonçalves, M. A. (2020). Lean and Ergonomics decision support tool assessment in a plastic packaging company. *Procedia Manufacturing*, 51, 613–619. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.086>
- Correia, D., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Pereira, T., & Ferreira, L. P. (2018). Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 17, 663–671. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.115>
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., Figueroa, L. J. M., Vidal, R. P. i., & Muro, J. C. S. D. (2022). Relationship between lean manufacturing tools and their sustainable economic benefits. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 123(3–4), 1269–1284. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10208-0>
- Duque, D., & Cadavid, L. (2007). Lean manufacturing measurement: the relationship between lean activities and lean metrics. *Estudios Gerenciales*, 23(105), 69–83. [https://doi.org/10.1016/s0123-5923\(07\)70026-8](https://doi.org/10.1016/s0123-5923(07)70026-8)
- Ellis, G. (2020). A brilliant insight. *Improve*, 17–40. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809519-5.00002-8>
- Greinacher, S., Overbeck, L., Kuhnle, A., Krahe, C., & Lanza, G. (2020). Multi-objective optimization of lean and resource efficient manufacturing systems. *Production Engineering*, 14(2), 165–176. <https://doi.org/10.1007/s11740-019-00945-9>
- Hartmann, L., & Metternich, J. (2020). Waste in value streams caused by information flow: An analysis of information flow barriers and possible solutions. *Procedia Manufacturing*, 52, 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.11.022>
- Huang, Z., Jowers, C., Kent, D., & Manshadi, A Dargusch, M. (2022). The implementation of Industry 4.0 in manufacturing: from lean manufacturing to product design. In

- International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Springer. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-022-09511-7>
- Janeiro, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). New conceptual model of reverse logistics of a worldwide fashion company. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1665–1672. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.232>
- Jituri, S., Fleck, B., & Ahmad, R. (2018). Lean OR ERP—A decision support system to satisfy business objectives. *Procedia CIRP*, 422–427. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827118304608>
- Kafuku, J. M. (2019). Factors for effective implementation of lean manufacturing practice in selected industries in Tanzania. *Procedia Manufacturing*, 33, 351–358. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.043>
- Karasu, M. K., & Salum, L. (2018). FIS-SMED: a fuzzy inference system application for plastic injection mold changeover. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 545–559. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0799-7>
- Kumar, S., Dhingra, A. K., & Singh, B. (2018). Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96(5–8), 2687–2698. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1684-8>
- Lee, D. Y., & Park, M. K. (2021). High Efficient Composite Stringer Forming Machine for Energy Saving. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 8(5), 1371–1380. <https://doi.org/10.1007/s40684-020-00251-1>
- Leong, W. D., Lam, H. L., Ng, W. P. Q., Lim, C. H., Tan, C. P., & Ponnambalam, S. G. (2019). Lean and Green Manufacturing—a Review on its Applications and Impacts. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 3(1), 5–23. <https://doi.org/10.1007/s41660-019-00082-x>
- Logesh, B., & Balaji, M. (2021). Experimental Investigations to Deploy Green Manufacturing through Reduction of Waste Using Lean Tools in Electrical Components Manufacturing Company. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 8(2), 365–374. <https://doi.org/10.1007/s40684-020-00216-4>
- Malik, A. A., & Bilberg, A. (2018). Digital twins of human robot collaboration in a production setting. *Procedia Manufacturing*, 17, 278–285. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.047>
- Martins, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1723–1729. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.240>
- Mayr, A., Weigelt, M., Köhl, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0—A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 622–628. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.292>
- Mohammad, I. S., & Oduoza, C. F. (2019). Interactions of lean enablers in manufacturing SMEs using interpretive structural modelling approach - A case study of KRI. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 900–907. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.172>
- Mudgal, D., Pagone, E., & Salonitis, K. (2020). Approach to Value Stream Mapping for Make-To-Order Manufacturing. *Procedia CIRP*, 93, 826–831. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.084>
- Narkhede, B. E., Raut, R. D., Roy, M., Yadav, V. S., & Gardas, B. (2020). Implementation barriers to lean-agile manufacturing systems for original equipment manufacturers: an integrated decision-making approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 108(9–10), 3193–3206. <https://doi.org/10.1007/s00170->

020-05486-5

- Pattanaik, L. N., Baug, T. K., & Koteswarapavan, C. (2019). A hybrid ELECTRE based prioritization of conjoint tools for lean and sustainable manufacturing. *Production Engineering*, *13*(6), 665–673. <https://doi.org/10.1007/s11740-019-00920-4>
- Pattiaapon, M. L., Maitimu, N. E., & Magdalena, I. (2020). PENERAPAN LEAN MANUFACTURING GUNA MEMINIMASI WASTE PADA LANTAI PRODUKSI (Studi Kasus: UD. FILKIN). *Arika*, *14*(1), 23–36. <https://doi.org/10.30598/arika.2020.14.1.23>
- Putri, N. T., Gunawan, A., & Sutanto, A. (2018). The consequences of lean six sigma on banking improvement: A study at a front-line unit of a bank company in Indonesia. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *601*(July), 227–237. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60486-2_21
- Rodrigues, H., Silva, F. J. G., Morgado, L. G., Sá, J. C., Ferreira, L. P., & Campilho, R. D. S. G. (2020). A novel computer application for scrap reporting and data management in the manufacturing of components for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, *51*(2020), 1319–1326. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.184>
- Rossini, M., Audino, F., Costa, F., Cifone, F., Kundu, K., & Portioli-Staudacher, A. (2019). Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *104*(5–8), 1869–1888. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03990-x>
- Rossini, M., Costa, F., Tortorella, G., & Portioli-Staudacher, A. (2019). The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *102*(9–12), 3963–3976. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03441-7>
- Schmidt, D., Gevers, R., Schwiep, J., Ordieres-Meré, J., & Villalba-Diez, J. (2020). Deep learning enabling quality improvement in rotogravure manufacturing. *Procedia Manufacturing*, *51*, 330–336. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.047>
- Schutzbach, M., Kiemel, S., & Miehe, R. (2022). Eco Lean Management – Recent Progress, Experiences and Perspectives. *Procedia CIRP*, *107*, 350–356. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.04.057>
- Sonmez, V., Testik, M. C., & Testik, O. M. (2018). Overall equipment effectiveness when production speeds and stoppage durations are uncertain. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *95*(1–4), 121–130. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1170-8>
- Susilawati, A. (2021). Productivity enhancement: lean manufacturing performance measurement based multiple indicators of decision making. *Production Engineering*, *15*(3–4), 343–359. <https://doi.org/10.1007/s11740-021-01025-7>
- Utiyama, M. H. R., Godinho Filho, M., & Oprime, P. C. (2021). An alternative for improving setup times and time between failures aiming at manufacturing lead time reduction. *Production Engineering*, *15*(5), 651–665. <https://doi.org/10.1007/s11740-021-01048-0>
- Wang, J., Du, Y., Wang, Z., Yu, F., & Zheng, C. (2022). Survey of manufacturing systems in SMEs: A focus on cell management. *Procedia CIRP*, *107*, 1491–1496. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.180>
- Zahraee, S. M., Tolooie, A., Abrishami, S. J., Shiwakoti, N., & Stasinopoulos, P. (2020). Lean manufacturing analysis of a Heater industry based on value stream mapping and computer simulation. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1379–1386. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.192>