

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep dan Teori

2.1.1 Pemeliharaan

Maintenance merupakan suatu kegiatan untuk merawat atau memelihara dan menjaga mesin/peralatan dalam kondisi yang terbaik supaya dapat digunakan untuk melakukan produksi sesuai dengan perencanaan. Dengan berkurangnya tingkat kerusakan mesin dan peralatan kerja, kualitas, produktivitas dan efisiensi produksi akan meningkat dan menghasilkan profit yang tinggi bagi perusahaan (Kho, 2018). Menurut *The American Management Association, Inc* (1971) dalam Iswanto (2008), Pemeliharaan atau *maintenance* adalah kegiatan rutin, pekerjaan berulang yang dilakukan untuk menjaga kondisi fasilitas produksi agar dapat dipergunakan sesuai dengan fungsi dan kapasitas sebenarnya secara efisien.

2.1.2 Jenis-Jenis Pemeliharaan

Menurut (sudrajat, 2011) jenis-jenis pemeliharaan dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1). *Breakdown Maintenance* (Perawatan Ketika Terjadi Kerusakan)

Pemeliharaan ini dilakukan ketika mesin atau peralatan sudah tidak bisa dioperasikan atau sudah mengalami kerusakan sehingga harus dicari penyebabnya.

2). *Preventive Maintenance* (Perawatan Untuk Mencegah Kerusakan)

Perawatan ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin atau peralatan industri selama digunakan untuk produksi. *Preventive maintenance* terbagi menjadi 2 macam yaitu *periodic maintenance* yaitu pemeliharaan secara

berkala dan *predictive maintenance* perawatan untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan.

2.1.3 Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan suatu sistem pemeliharaan mesin yang melibatkan seluruh elemen, dimulai dari manajemen puncak sampai dengan karyawan di lini terdepan, dari operator produksi, *quality control*, pemasaran, dan administrasi. Operator tidak hanya menjalankan mesin, tetapi juga merawat mesin, sehingga dapat menghasilkan hubungan kerjasama yang erat dan menyeluruh antara perawatan dan organisasi produksi yang ditujukan untuk peningkatan kualitas produksi, pengurangan biaya produksi, pengurangan *waste*, peningkatan kemampuan peralatan, serta pengembangan dari keseluruhan sistem perawatan pada perusahaan manufaktur (Rozaq, 2015).

Total Productive Maintenance berfungsi untuk memelihara mesin dan peralatannya agar selalu dalam kondisi prima. Untuk memenuhi tujuan tersebut, diperlukan *maintenance* yang *preventive* dan *predictive*. Dengan mengaplikasikan prinsip TPM, diharapkan dapat meminimalisir kerusakan pada mesin. Masalah-masalah yang umum terjadi pada mesin misalnya kotor, mur dan baut tidak kencang, oli jarang diganti, kebocoran, bunyi-bunyi yang tidak normal, getaran yang berlebihan, dan lain sebagainya.

Prinsip TPM mengatakan bahwa operator harus mampu melakukan pemeliharaan dan perbaikan ringan apabila terjadi permasalahan pada mesin. Operator harus memiliki sedikit keterampilan *maintenance*. Diperlukan pula ketersediaan peralatan ringan untuk perawatan dan perbaikan. Sehingga masalah yang terjadi pada mesin dapat segera diatasi sebelum bertambah besar. Ketergantungan pada personil *maintenance* dapat dikurangi, sehingga *maintenance* dapat fokus untuk melakukan *predictive maintenance*, dan perbaikan masalah mesin yang lebih besar.

Menurut (Prabowo et al., 2018) terdapat 7 pilar *Total Productive Maintenance* (TPM) yaitu:

1). *Autonomous Maintenance* (Perawatan Otonomus)

Autonomous Maintenance atau *Jishu Hosen* memberikan tanggung jawab rutin kepada operator seperti pembersihan mesin. Dengan demikian operator atau para pekerja yang bersangkutan memiliki rasa kepemilikan yang tinggi, meningkatkan pengetahuan pekerja terhadap peralatan yang digunakannya. Dengan pilar *Autonomous Maintenance*, mesin atau peralatan produksi dapat dipastikan bersih dan terlubrikasi dengan baik serta dapat mengidentifikasi potensi kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah.

2). *Planned Maintenance* (Perawatan Terencana)

Pilar *Planned Maintenance* menjadwalkan tugas perawatan berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi atau tingkat kerusakan yang diprediksikan. Dengan *Planned Maintenance*, dapat mengurangi kerusakan yang terjadi secara mendadak dan dapat mengendalikan tingkat kerusakan komponen.

3). *Quality Maintenance* (Perawatan Kualitas)

Pilar *Quality Maintenance* membahas tentang masalah kualitas dengan memastikan peralatan atau mesin produksi dapat mendeteksi dan mencegah kesalahan selama proses produksi sedang berlangsung. Dengan kemampuan mendeteksi kesalahan ini, proses produksi bisa menjadi cukup handal dalam menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi pada pertama kalinya. Dengan demikian, tingkat kegagalan produk akan bisa terkendali dan biaya produksi pun bisa menjadi semakin rendah.

4). *Focused Improvement* (Perbaikan Yang Terfokus)

Membentuk kelompok kerja untuk secara proaktif mengidentifikasi mesin atau peralatan kerja yang bermasalah dan memberikan solusi atau usulan-usulan perbaikan. Kelompok kerja dalam melakukan *Focused Improvement* juga bisa mendapatkan karyawan-karyawan yang bertalenta dalam mendukung kinerja perusahaan untuk mencapai targetnya.

5). *Early Equipment Management*

Early Equipment Management merupakan pilar TPM yang menggunakan kumpulan pengalaman dari kegiatan perbaikan dan perawatan sebelumnya untuk memastikan mesin baru dapat mencapai hasil kinerja yang optimal. Tujuan dari pilar ini adalah agar mesin atau peralatan produksi bisa dapat mencapai kinerja yang optimal pada waktu yang sesingkat-singkatnya.

6). *Training and Education* (Pelatihan Dan Pendidikan)

Pilar *Training and Education* ini diperlukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan saat menerapkan TPM. Kurangnya pengetahuan terhadap alat atau mesin yang dipakainya dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan tersebut. Dan bisa menyebabkan rendahnya produktivitas kerja yang akhirnya bisa merugikan perusahaan.

7). *Safety, Health, and Environment* (K3)

Dalam pilar ini perusahaan diwajibkan untuk menyediakan lingkungan yang aman dan sehat serta bebas dari kondisi yang berbahaya. Tujuan pilar ini adalah mencapai target tempat kerja yang “*Accident Free*”

2.1.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah metode yang dapat digunakan untuk mengukur efektivitas mesin yang didasarkan pada pengukuran tiga rasio utama yaitu *availability*, *performance efficiency*, *quality rate* (Triwardani, et.al., 2012).

1). *Availability*

Availability adalah suatu rasio yang menggambarkan cara pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin dan peralatan. Rasio ketersediaan ini tentang perbandingan antara waktu operasi dan waktu persiapan. Parameter yang seperti ini mampu menentukan kesiapan alat yang tersedia dan mampu digunakan dengan baik. *Availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime*. Maka rumus yang dapat digunakan yaitu:

$$Availability\ Rate = \frac{Operating\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots (1)$$

2). *Performance Efficiency*

Performance efficiency adalah suatu rasio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Dalam perhitungan ini dibutuhkan data *proces amount*, *cycle time* dan *operation time* yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Performance\ Rate = \frac{Ideal\ Cycle\ Time \times Output}{Operating\ Time} \times 100\% \dots\dots (2)$$

3). *Quality Rate*

Quality rate merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan sebuah peralatan dalam menghasilkan sebuah produk sesuai dengan standar. Rumus yang digunakan untuk formula ini yaitu:

$$Quality\ Rate = \frac{Output - Defect}{Output} \times 100\% \dots \dots (3)$$

Dengan itu nilai OEE diperoleh dengan mengalikan tiga komponen meliputi:

$$OEE = Availability\ Rate \times Performance\ Rate \times Quality\ Rate \dots \dots (4)$$

Menurut Nakajima (1988) dalam buku Pranowo (2019), *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) telah menetapkan standar OEE dalam skala dunia, yaitu:

- 1). Jika OEE = 100%, produksi dianggap sempurna dan hanya memproduksi produk tanpa cacat, bekerja dalam *performance* yang cepat, dan tidak ada *downtime*.
- 2). Jika OEE = 85%, produksi dianggap kelas dunia. Bagi banyak perusahaan, skor ini merupakan skor yang cocok untuk dijadikan *goal* jangka panjang.
- 3). Jika OEE = 60%, produksi dianggap wajar, tetapi menunjukkan ada ruang yang besar untuk *improvement*.
- 4). Jika OEE = 40%, produksi dianggap memiliki skor yang rendah, tapi dalam kebanyakan kasus dapat dengan mudah dilakukan *improvement* melalui pengukuran langsung (misalnya dengan menelusuri alasan-alasan *downtime* dan menangani sumber sumber penyebab *downtime* secara satu per satu).

2.1.5 Six Big Losses

Terdapat enam kerugian peralatan yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan yaitu *equipment failure (breakdown losses)*, *setup and adjustment losses*, *idling and minor stoppage losses*, *reduced speed losses*, *process defect losses*, *reduced yield losses* (Nakajima, 1998).

1). Breakdown Losses

Yaitu kerusakan mesin yang tiba-tiba atau tidak diinginkan. Untuk mengetahui *breakdown losses* maka dibutuhkan data *downtime* dan *loading time* yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Breakdown Losses} = \frac{\text{Breakdown}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots (5)$$

2). Setup and Adjustment Losses (SAL)

Yaitu kerugian yang disebabkan karena pemasangan dan penyetelan. Untuk menghitung ini dibutuhkan data total *setup and adjustment time* dan *loading time* yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{SAL} = \frac{\text{Total Setup \& Adjustment Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots (6)$$

3). Idle and Minor Stoppage Losses (IMSL)

Yaitu kerugian yang disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin dan *idle time* dari mesin. Untuk perhitungan ini dibutuhkan data *idling* dan *minor stoppage time* dan *loading time* yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{IMSL} = \frac{\text{Idle \& Minor Stoppage Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots (7)$$

4). *Reduced Speed Losses* (RSL)

Yaitu kerugian yang disebabkan kinerja mesin tidak optimal akibat kecepatan operasi rendah. Untuk mengetahui nilai ini dibutuhkan data *operating*, *ideal cycle time*, *total output product* dan *loading time* yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$RSL = \frac{Opt.Time - (ICT \times T.Output Product)}{Loading Time} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

5). *Process Defect Losses* (PDL)

Yaitu kerugian yang disebabkan oleh produk cacat yang dihasilkan dari proses produksi yang mengakibatkan kerugian *material*, mengurangi jumlah produksi, limbah produksi meningkat dan peningkatan biaya untuk pengerjaan ulang. Untuk menghitung ini dibutuhkan data *ideal cycle time*, *reject product* dan *loading time* yang dirumuskan sebagai berikut:

$$PDL = \frac{ICT \times Reject Product}{Loading Time} \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

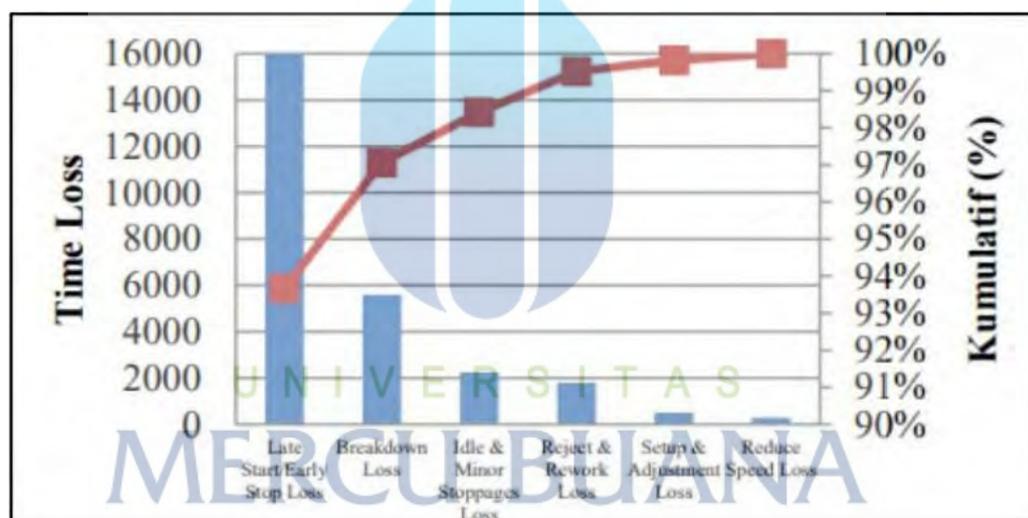
6). *Reduced Yield Losses*

Yaitu kerugian yang timbul akibat hasil produksi yang rendah. Untuk mengetahui nilai ini dibutuhkan data *ideal cycle time*, *yield* dan *loading time* yang dirumuskan sebagai berikut:

$$RYL = \frac{ICT \times Yield}{Loading Time} \times 100\% \dots \dots \dots (10)$$

2.1.6 Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan diagram batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian dan juga salah satu *seven tools of quality*. Setiap permasalahan diwakili oleh satu diagram batang dimana masalah yang paling banyak terjadi akan menjadi diagram batang yang paling tinggi. Sedangkan masalah yang paling sedikit akan diwakili oleh diagram batang paling rendah (Henny Tisnowati et al., 2008). Dengan *diagram pareto*, akan terlihat masalah yang paling dominan, sehingga bisa ditentukan prioritas masalah yang harus segera diperbaiki.



Gambar 2.2 Diagram Pareto

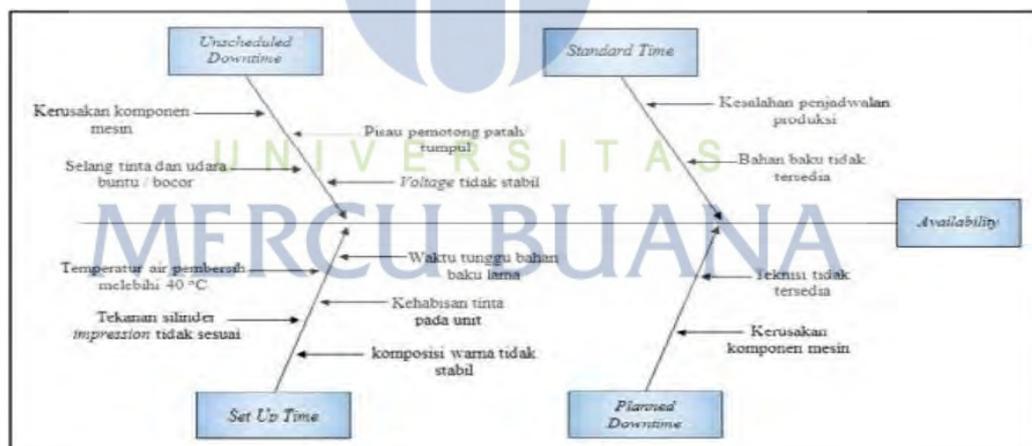
(Sumber: Henny Tisnowati et al., 2021)

Diagram Pareto merupakan “diagnostik kasar yang dapat membantu dalam pembuatan diagram sebab akibat (diagram Ishikawa) dan merupakan pelengkap dalam bagan kendali”. “Dengan bantuan *pareto chart* tersebut, kegiatan akan lebih efektif dengan memusatkan perhatian pada sebab-sebab yang mempunyai dampak yang paling besar terhadap kejadian daripada meninjau berbagai sebab pada suatu ketika” (Henny Tisnowati et al., 2021).

2.1.7 Fishbone Diagram

Diagram sebab akibat atau disebut juga diagram tulang ikan berfungsi untuk memperlihatkan faktor-faktor yang berpengaruh pada kualitas. Prinsip yang digunakan untuk membuat diagram sebab akibat ini adalah sumbang saran atau *brainstorming* (Hidayatullah Elmas 2017). Adapun faktor-faktor penyebab utama dalam diagram sebab akibat ini adalah:

- 1 *Material* (bahan baku)
- 2 *Machine* (mesin)
- 3 *Method* (metode)
- 4 *Man* (Manusia)



Gambar 2.3 Fishbone Diagram

(Sumber: Sopyan Saori et al., 2021)

Diagram ini dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943, sehingga sering disebut dengan diagram Ishikawa. Penggunaan *diagram fishbone* untuk menggambarkan faktor-faktor penyebab penurunan produktivitas dan dampak terhadap produktivitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor

penyebab tersebut. Penyebab utama diidentifikasi menggunakan konsep 4M yaitu *Machine* (mesin/peralatan), *Method* (metode), *Material* (bahan baku), dan *Man* (operator) (Sopyan Saori et al., 2021).

2.1.8 Root Cause Failure Analysis

Menurut Gulati (2013), *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) atau yang biasa dikenal *root cause analysis* (RCA) adalah sebuah metodologi analisa untuk menemukan penyebab utama dari permasalahan yang berdasarkan dari pandangan proaktif yang menyebabkan kegagalan itu terjadi. RCFA memiliki tujuan untuk menemukan akar permasalahan dengan efisien, memperbaiki kegagalan, dan menyajikan data penyebab kegagalan agar dapat dihindari. Keakuratan RCFA sangat bergantung dari asumsi, kualitas logika, serta persepsi narasumber. Dalam menggunakan RCFA, diperlukan detail permasalahan yang terjadi. Metodologi RCFA merupakan salah satu metode kualitatif karena data yang dihasilkan berupa deskripsi kondisi suatu keadaan.

RCFA dapat ditampilkan dengan berbagai macam cara karena metode ini bersifat fleksibel, salah satunya adalah *5 why's analysis*. Metode *5 why's analysis* ditemukan sejak tahun 1930 oleh Sakichi Toyoda dan pada tahun 1970 dipopulerkan dalam *Toyota Production System*. Penggunaan *5 why's analysis* juga tergolong sederhana, yaitu dengan menanyakan “mengapa” sebuah kegagalan terjadi sampai 5 kali.

2.2 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

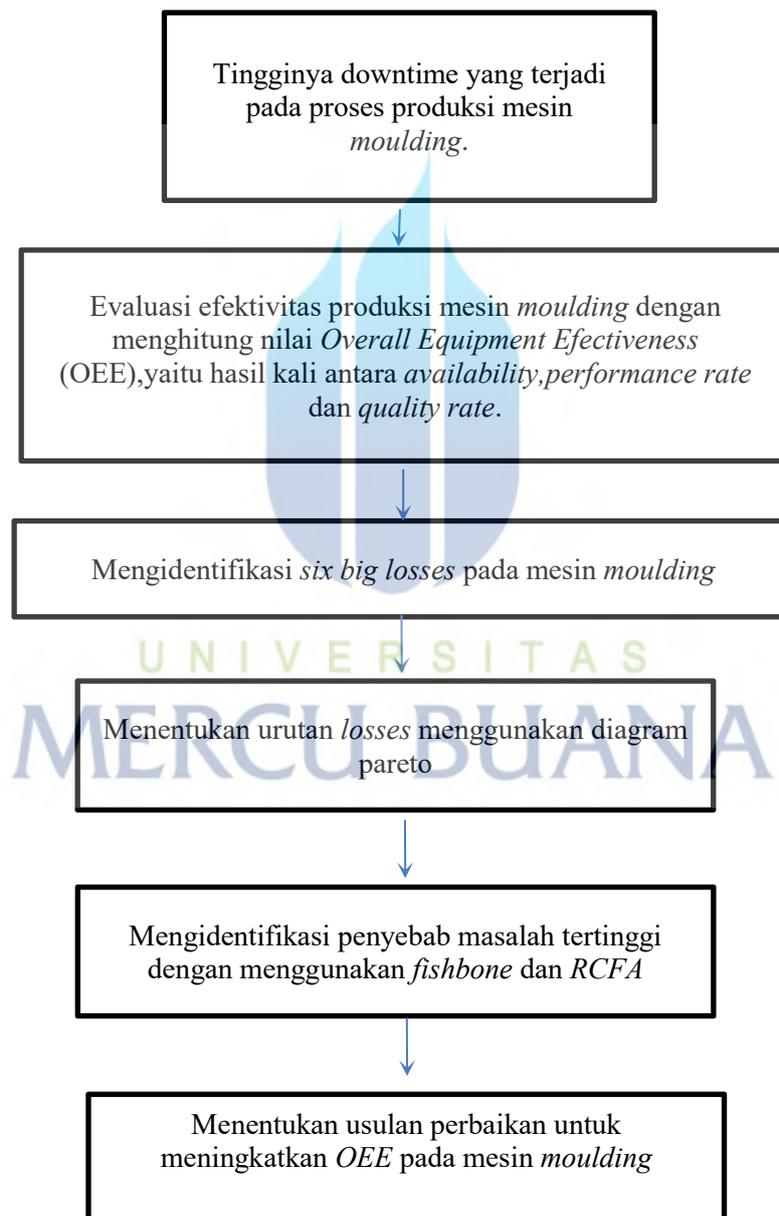
No	Penulis (Tahun)	Judul Artikel	Nama Jurnal	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Rahman & Perdana (2019)	Analisis Produktivitas Mesin Percetakan Perfect Binding Dengan Metode OEE dan FMEA	Jurnal Ilmiah Teknik Industri (2019), Vol. 7 No. 1, 34 – 42	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE) & Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i>	Berdasarkan perhitungan <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> pada Mesin <i>Perfect Binding</i> , periode April-Juni 2016 dibandingkan dengan periode April-Juni 2017, didapatkan hasil terjadi peningkatan di bulan April 2017 sebesar 2,24%, di bulan Mei 2017 sebesar 11,88%, dan di bulan Juni 2017 sebesar 4,53%. Secara umum pencapaian OEE meningkat tetapi belum mencapai kriteria <i>World Class OEE</i> . Rendahnya nilai OEE disebabkan oleh 4 faktor yaitu pengetahuan operator tentang mesin kurang (Manusia), temperatur lem tidak stabil (Mesin), vendor terlambat supply (Material), dan waktu ganti pisau tidak efisien (Metode).
2	Saputro et al. (2021)	<i>Analysis of Injection Molding Machine JSW J450AD Using Methods Overall Effectiveness (OEE) And Failure Mode Effect Analysis (FMEA) in The Plastics</i>	<i>International Journal of Innovative Science and Research Technology, Volume 6, Issue 8, August – 2021</i>	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE) & Root Cause Failure Analysis</i>	Hasil pengukuran OEE menunjukkan rata-rata 72,35%. Berdasarkan analisis diagram pareto, penyebab terbesar dari rendahnya angka OEE adalah penurunan speed losses sebesar 14%.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Penulis (Tahun)	Judul Artikel	Nama Jurnal	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3	Argarino et al. (2021)	<i>Machine Optimization of SNK HF Fabrication Plant in PT. Komatsu Indonesia with FMEA Method and Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	<i>Journal of Techno Material Physics Vol.3, No. 2, 2021 83–88</i>	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE) & Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i>	Kondisi OEE mesin SNK HF belum memenuhi standar JIPM 85%, pencapaian maksimal Februari 2021 adalah 82%. Kondisi OEE yang tidak mencapai standar disebabkan <i>availability</i> di bawah standar 95% dengan capaian maksimal 77,80%. Ketersediaan tidak mencapai standar disebabkan oleh kerusakan mesin yang melebihi waktu untuk setiap perbaikan standar 3 jam, kerusakan yang sebenarnya melebihi standar karena keterampilan teknisi yang tidak memahami perbaikan kontrol listrik dan suku cadang yang tidak tersedia
4	Supriyadi et al. (2017)	<i>Analisis Total Productive Maintenance Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness Dan Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis</i>	Sinergi, Vol 21, No 3 (2017)	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE) & Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai OEE pada tahun 2015 sekitar 52,05%, masih di bawah standar nilai OEE sebesar 85%. Penyebab utamanya adalah adanya gangguan belt sobek karena gesekan belt dengan <i>support return</i> ketika belt conveyor mengalami jogging yang berdampak pada terganggunya penyaluran abu.
5	Sibarani et al. (2021)	<i>Improving the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Drum Testing Machine in Laboratory of Tire Manufacturing Using FMEA and PFMEA</i>	<i>Conference on Management and Engineering in Industry (CMEI), Vol 3 No 3 (2021): Strategic and Program Management</i>	<i>Overall Equipment Effectiveness (OEE) & Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i>	Hasil penelitian menunjukkan PFMEA dan FMEA berhasil meningkatkan efisiensi OEE untuk kelima mesin dengan kenaikan DDT1 sebesar 5,3%, DDT2 sebesar 17,6%, DDT3 sebesar 8,9%, DDT4 sebesar 23,9%, DDT5 sebesar 12,4% dan peningkatan rata-rata sebesar 13,6 % sehingga OEE rata-rata dari 53,6% menjadi 67,2% dan mengurangi biaya pengujian eksternal dan mengurangi pengujian <i>backlog</i> .
6	Tsarouhas (2019)	<i>Improving operation of the croissant production line</i>	<i>International journal of productivity and</i>	<i>Overall Equipment</i>	Kinerja OEE secara keseluruhan tergolong rendah (75,01 persen)

2.3 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, tinjauan pustaka dan penelitian terdahulu, maka didapatkan kerangka pemikiran penelitian pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.4 Kerangka Pemikiran