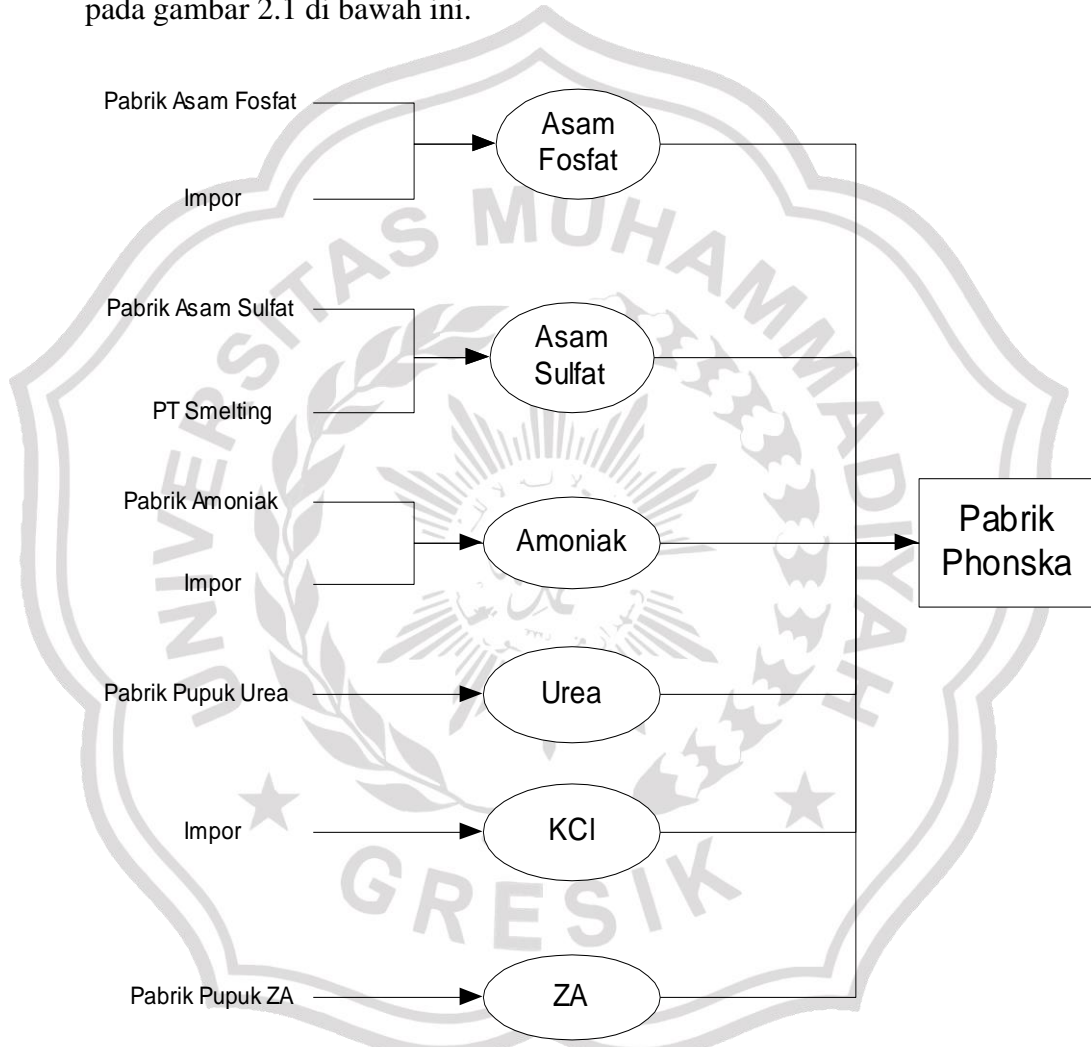


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Proses Produksi

#### 2.1.1 Persiapan Bahan Baku

Struktur masukan bahan baku utama dalam pabrik Phonska disajikan pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Struktur masukan bahan baku utama

Sumber : Data Internal Perusahaan

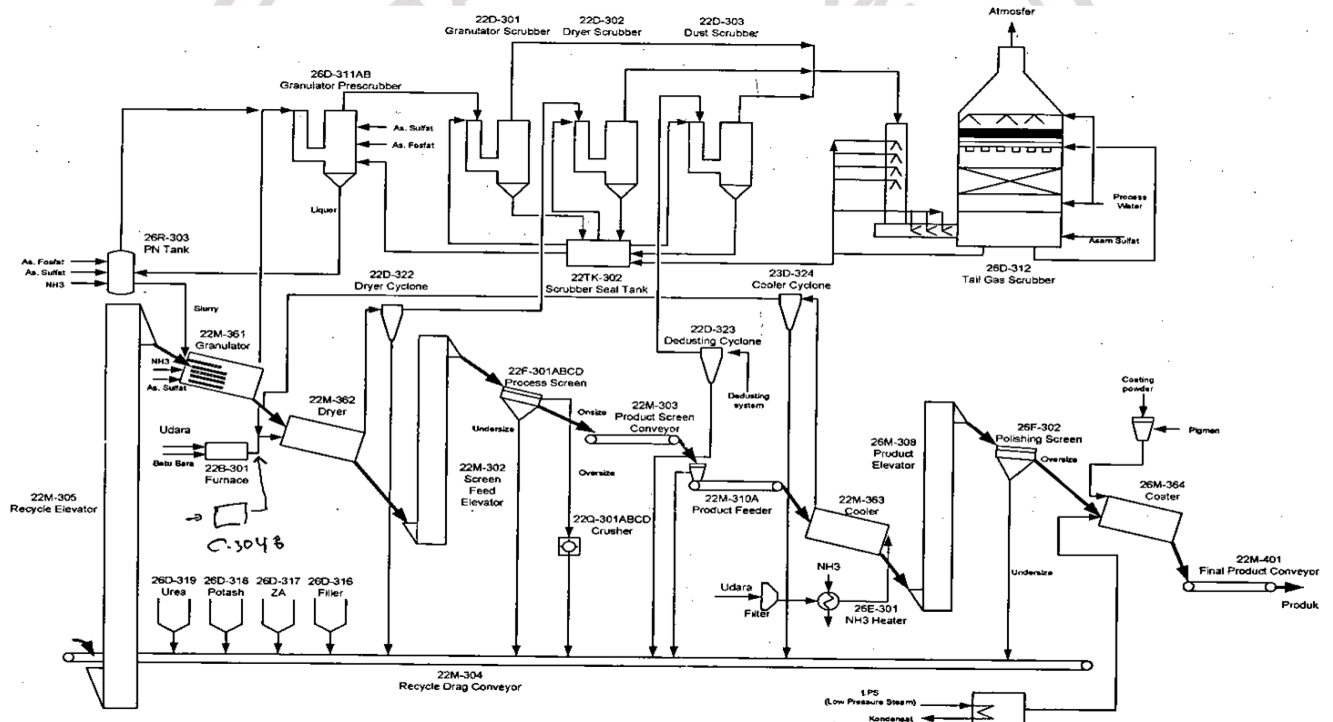
Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi pupuk Phonska adalah Asam Fosfat, KCl, Urea, ZA, Amoniak, Asam Sulfat, dan Filler.

### 2.1.2 Uraian Proses Produksi

Secara umum, alur proses pembuatan pupuk Phonska akan diuraikan melalui diagram pada gambar 2.2.

Proses pembuatan pupuk NPK yang digunakan di unit Phonska adalah proses kompleks yang menggabungkan proses pencampuran (*mixing*) dan pereaksian (*reaction*). Secara umum proses pembuatan pupuk Phonska terdiri atas pemrosesan bahan padat dan bahan cair yang kemudian akan disatukan di dalam sebuah alat yang disebut *granulator*.

Unit Phonska juga dilengkapi dengan proses penyerapan (*scrubbing*) yang tujuan utamanya adalah untuk mengurangi kadar unsur hara dan zat-zat berbahaya dari gas buang. Selain itu proses *scrubbing* juga dimanfaatkan untuk mengencerkan asam fosfat yang akan digunakan untuk proses produksi.



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Produksi Pupuk NPK Phonska I

Sumber : Data internal perusahaan

### 2.1.3 Pengumpanan Bahan Baku

Transportasi bahan baku padat dari gudang penyimpanan ke pabrik dapat dilakukan dengan berbagai cara. Cara pengumpanan dilakukan dengan bantuan sistem konveyor menggunakan belt dan elevator Urea, ZA, KCl, dan Filler dapat diumpangkan ke dalam *hopper* kecil menggunakan

*payloader*. *Hopper* yang diletakkan di atas *belt conveyor* akan memindahkan bahan-bahan tersebut di atas ke *bucket elevator* di dekat gudang penyimpanan. Bahan baku yang melewati *belt conveyor* pertama akan terlebih dahulu melewati filter magnetik untuk mengambil benda-benda yang berupa logam yang terikut dalam bahan baku. Selanjutnya bahan-bahan tersebut akan dipindahkan ke pabrik lewat *belt conveyor* kedua. Di dalam pabrik Phonska, bahan baku tersebut dimasukkan ke *belt conveyor* 22M-304 yang membagi bahan baku tersebut ke *bin* 26D-316/317/318/319.

Tiga *bin* dengan kapasitas besar digunakan untuk menyimpan urea, ZA, KCl. Berat bahan baku dalam *bin* dikonversikan sebagai ketinggian. *Bin* dilengkapi dengan indikator ketinggian. Bila ketinggian bahan baku dalam *bin* terlalu tinggi, *high level switch* akan menyebabkan *interlock* pada sistem pengumpanan bahan baku yang berhubungan dengan gudang penyimpanan, sehingga operator *pay loader* akan menghentikan sistem pengumpanan. Alarm juga akan bekerja jika terdapat kesalahan pada *weighing cell* atau kesalahan pembacaan akibat adanya penyumbatan di dalam *bin*.

Bahan baku padat dari 26D-316,317,318,319 akan dikumpulkan di *belt conveyor* yang kemudian akan dimasukkan ke granulator melalui recycle elevator 22M-305.

#### **2.1.4 Persiapan Slurry**

Variasi formulasi NPK membutuhkan sistem yang efisien untuk menghasilkan perolehan granulator yang besar.

Asam Sulfat dapat ditambahkan pada bahan baku padat melalui *distributing pipe* sedangkan steam dan amoniak diumpankan melalui *sparger* di dasar granulator. Produk keluaran bahan baku dialirkan secara gravitasi ke dalam drum granulator 15M-112 dan mengalami proses granulasi. Granulasi ini merupakan proses utama dalam pembuatan phonska granular. Pada proses granulasi terjadi reaksi kimia dan fisis antara berbagai bahan baku dengan senyawa  $H_3PO_4$  yang berasal dari asam fosfat.

Asam fosfat dinetralkan dengan amoniak hingga mencapai nisbah molar  $N/P = 0,8$ , tergantung grade yang diinginkan dengan PH 3. Proses netralisasi ini berlangsung didalam Pre Neutralizer yang dipasang sedemikian rupa sehingga *slurry* amoniumfosfat (mengandung sedikit sulfat) yang dihasilkan langsung tertuang ke dalam granulator. Temperatur *slurry* berkisar antara 100-120 °C sedangkan kadar air dalam *slurry* mencapai 8-17 %. Kadar yang lebih rendah dapat tercapai apabila terdapat asam fosfat konsentrasi tinggi.

Pre Neutralizer memiliki pengontrol laju alir fosfat ,asam sulfat dan amoniak cair. Asam ini dicampurkan dengan asam fosfat konsentrasi tinggi. Air proses kadang-kadang juga ditambahkan untuk mengencerkan asam fosfat tersebut.

Untuk melengkapi proses netralisasi asam agar mencapai nisbah N/P 1,8 (tergantung grade yang diinginkan), dan/atau untuk menetralkan asam sulfat yang diumpankan ke dalam granulator, dipasang *ammoniation system sparger*. Jenis *sparger* yang digunakan adalah *ploughshare* yang dipasang di dasar granulator, sehingga amoniak yang terbawa ke dalam *scrubber* dapat diminimalkan. Penggunaan amoniak cair dilakukan untuk memudahkan pengontrolan temperatur pada granulator. Pengontrolan temperatur ini sangat penting produk yang diinginkan memiliki kandungan urea yang tinggi. Produk keluar dari granulator dengan kandungan NPK yang sesuai.

### **2.1.5 Proses Granulasi dengan Granulator (15M-112) Rotary Drum**

Untuk membuat NPK, semua bahan baku dan *recycle* diumpankan ke dalam granulator. *Recycle* berasal dari produk yang berbentuk butiran halus, produk *oversize*, produk *undersize*, dan sebagian produk komersil untuk menjaga keseimbangan air dan panas yang digunakan.

Pada semua *grade*, asam sulfat dapat langsung ditambahkan ke dalam granulator yang selanjutnya akan bereaksi dengan amoniak yang dimasukkan melalui *ploughshare* penambahan *amoniak* dan *asam sulfat*. Reaksi asam sulfat ini terjadi pada permukaan granul menyebabkan granul tetap kering (yang merupakan suatu keuntungan jika digunakan urea dengan

kelarutan tinggi), keadaan ini juga dapat membuat granul menjadi keras sehingga lebih mudah dalam hal penyimpanan dan penanganannya.

Terkadang air dapat ditambahkan secara langsung ke dalam granulator agar granul yang dihasilkan lebih seragam, akan tetapi hal ini tidak umum dilakukan. Urea yang digunakan akan sangat menyatu dengan granul akibat panas yang dihasilkan dalam *Pre Neutralizer*. Suhu dalam granulator ini berkisar antara  $78^{\circ}\text{C}$  dengan perputaran granulator 11- 12 rpm.



Gambar 2.3 Mesin Granulator pada Pupuk NPK Phonska I

*Sumber : Data internal perusahaan*

Padatan keluar dari granulator dengan kandungan kadar air normal 2-3 % dan diumpankan secara gravitasi ke dalam *dryer* untuk memperoleh kadar air yang diinginkan yaitu 1-1,5 %. *Chute* yang menghubungkan *dryer* dan granulator harus dipasang dengan kemiringan  $70^{\circ}$  agar tidak terjadi penumpukan produk pada dindingnya. Gas yang terbentuk dalam granulator disedot melalui granulator *pre-scrubber* 26D-311AB untuk menangkap kembali sisa amoniak dan debu yang lolos.

### **2.1.6 Pengerinan dan Pengayakan Produk**

*Dryer* berbentuk *rotary drum*, 22M-362. *Dryer* ini akan mengeringkan padatan keluaran granulator hingga kadar airnya mencapai 1-1,5 % menggunakan udara pengering dengan arah *co-current*. *Combustion Chamber (Furnace)* menggunakan bahan bakar batu bara

sebagai media pemanas Suhu masuk dalam dryer berkisar 500<sup>0</sup>C dan suhu keluaran dryer berkisar 90<sup>0</sup>C.

Terdapat 1 buah fan yang menyuplai udara ke dalam dryer hasil dari pembakaran di dalam furnace Udara yang keluar dari *dryer* mengandung sejumlah amoniak yang lepas dari produk, debu, dan air yang teruapkan dari produk saat dikeringkan. Udara akan dimasukkan ke dalam *cyclone* 22D-322, untuk memisahkan sebagian besar partikel yang terbawa gas. *Cyclone* ini dilengkapi dengan rantai pembersih dan *small vibrator* untuk mencegah penumpukan di dinding *cyclone*.

Produk kering diumpankan ke *exit dryer conveyor*. Dari situ produk diumpankan ke *screen feed elevator* 22M-362, yang akan membawa produk ke penyaring / process screen 22F-301A/B/C/D di Phonska IV ini memiliki 4 screen.

Produk dengan ukuran yang sesuai (*onsize*) dari penyaring diumpankan langsung ke *small recycle regulator bin*, Produk *oversize* yang telah dipisahkan dijatuhkan secara gravitasi ke dalam *Crusher* 22Q-301A/B/C/D untuk di hancurkan dan hasil produk dari *crusher* kembali kegranulator melalui *recycle drag conveyor* 22M-304. Produk *undersize* dari jatuh secara gravitasi ke dalam *recycle belt conveyor* 22M-304, sedangkan produk *onsize* diumpankan ke *product feeder* 22M-310A melalui *product screen conveyor* 22M-303 yang. *Conveyor* tersebut memiliki kecepatan motor yang berbeda-beda, dikontrol dari CCR.

Perhatian khusus harus diberikan kepada *recycle belt conveyor* 22M-304 karena dioperasikan pada kecepatan rendah, untuk mencegah terbuangnya produk, dan penutupnya harus didesain sedemikian rupa untuk mencegah emisi debu.

*Recycle conveyor* akan mengumpulkan:

1. Partikulat dari seluruh unit *cyclone*
2. Produk yang telah dihancurkan oleh *crusher* ( 22Q-301A/B/C/D )
3. Butiran halus yang berasal dari *screen*
4. Kelebihan produk / *over flow*

Keluaran *recycle conveyor* dimasukkan ke dalam *recycle elevator* yang menampung semua aliran *recycle* bersama-sama dengan bahan baku padat yang akan diumpankan lagi ke dalam granulator.

### 2.1.7 Pendinginan (*Cooler 22-M-363*)

Produk dengan ukuran *onsize* yang keluar dari *product feeder 22-M-310A* diumpankan ke dalam *polishing screen 26-F-302* untuk menghilangkan butiran halus yang selanjutnya akan digabungkan dengan aliran *recycle*. Jenis penyaring ini mirip dengan penyaring yang telah dijelaskan di atas. Dari *product feeder 22-M-310A* di aliran ke *cooler drum (22M-363)* yang akan menurunkan temperatur menggunakan 1 tahap pendinginan menggunakan udara kering pendingin yang berasal dari exchanger yang digunakan untuk memanaskan amoniak.

Beberapa *grade NPK* mempunyai kelembaban relatif kritis (CRH) sekitar 55 % pada 30 °C (makin rendah pada temperatur yang lebih tinggi) dan dapat menahan kadar air jika kondisi udara lingkungan memiliki kadar air yang relatif tinggi. Pemanas udara akan meningkatkan temperatur udara dan akibatnya kelembaban relatif udara akan berkurang.

Partikel yang terbawa udara saat keluar dari pendingin diambil kembali di dalam *cyclone 23D-323* dan dikumpulkan di dalam *hopper*. Dari *hopper* ini partikulat akan dikembalikan ke *recycle conveyor*.

Udara bersih keluaran *cyclone* akan dikirim ke *final tail gas scrubber 26D-312* untuk dicuci melewati *fan*. Untuk meningkatkan efisiensi energi, sebagian dari udara hangat yang sudah bersih dimasukkan ke dalam drum sebagai udara pengencer melalui *fan*.

Produk dingin dimasukkan ke *final product elevator 26m-308*, sebelum masuk tahap pelapisan produk dari *product elevator 26m-308* harus melalui *polishing screen 26F-302* dimana produk yang on size masuk ke dalam *Cooler 26 M-364* dan untuk produk yang undersize masuk kembali ke bahan baku melalui *Recycle Drag Conveyor 22M-304*.

### 2.1.8 Proses Pelapisan

Pelapisan diperlukan terutama pada formulasi yang menggunakan urea, karena sifat higroskopis bahan baku yang dapat mempercepat proses

*caking*, terutama jika terdapat variasi temperatur udara dan kadar air. *Coating agent* terbuat dari silica powder dan *coating oil*, spesifik sesuai keinginan. *Coating oil* dan padatan diumpankan ke dalam *coater drum*

*Coating oil* disimpan di dalam tangki *coating oil*, diisi langsung dari truk atau *barrel* dengan pompa portabel. Untuk menambah sifat *anticaking*, salah satu *coating agent* ditambahkan senyawa teraminasi sehingga dapat memberikan daya tahan ekstra terhadap penyerapan air. Produk keluaran *coater* dimasukkan ke *final belt conveyor* yang akan mengirim produk ke gudang penyimpanan akhir.

## 2.2 Spesifikasi *Granulator (15M-112) Rotary Drum*

Berikut ini dapat dilihat pada tabel 2.1 data mengenai spesifikasi mesin *granulator 15M-112*.

Tabel 2. 1 Data mengenai spesifikasi mesin *granulator 15M-112*

No	Uraian	Keterangan
1	Jumlah	1 unit ( <i>Granulator 15M-112</i> )
2	Fungsi	Membuat granul Phonska akibat terjadinya reaksi kimia dan fisika antara bahan baku yang berbeda – beda karakteristiknya setelah dari sini disebut semi produk
3	Kondisi Operasi	a. Kapasitas 125 ton/jam b. Suhu 78 <sup>0</sup> C c. Perputaran granulator 11 – 12 Rpm d. Kadar air semi produk 2 – 3 % e. Sudut kemiringan 3 <sup>0</sup>
4	Kontrol Operasi	a. Amper dari motor maks 73 amp b. Rpm 70-850 rpm c. Level minyak 50-60 %
5	Konstruksi material	SS 316 Ti
6	Desain	a. INCRO, S.A. (Spain) b. Kapasitas 125 ton/jam c. <i>Driving pump</i> motor 37 kwh,



		<p>n = 3.000 rpm <i>construction</i> B5 (flanged motor)</p> <p>d. <i>Weight Granulator</i> 7.500 kg</p> <p>e. Tipe coupling Volth Turbo Tri 422</p>
7	Permasalahan yang dapat terjadi	<p>a. Trip Hal ini disebabkan oleh overload bahan baku yang masuk.</p> <p>b. Bahan baku terlalu keras Kerasnya bahan baku yang masuk terjadi ketika <i>Crusher mill</i> tidak maksimal dalam mencampur bahan baku dan akan mempengaruhi proses granulasi</p> <p>C. Problem korosi terutama pada <i>mixer</i> yang berada di dalam <i>granulator</i> nya karena terbuat dari <i>carbon steel</i>.</p>

### 2.3 Produk Rusak (*Defect Product*)

Produk rusak merupakan produk yang mempunyai wujud produk selesai, tetapi dalam kondisi yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan oleh perusahaan. Produk rusak ini kemungkinan ada yang dapat dijual, namun ada juga yang tidak dapat dijual. Tergantung dari kondisi barang tersebut, apakah kerusakannya masih dalam batas normal atau tidak normal.

Produk cacat merupakan barang atau jasa yang dibuat dalam proses produksi namun memiliki kekurangan yang menyebabkan nilai mutunya kurang baik atau kurang sempurna. Menurut Hansen dan Mowen (2019) produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi spesifikasinya. Hal ini berarti juga tidak sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan. Pengaruh produk cacat pada perusahaan berdampak pada biaya kualitas, *image* perusahaan dan kepuasan konsumen. Semakin banyak produk cacat yang dihasilkan maka semakin besar pula biaya kualitas yang dikeluarkan, hal ini berdasarkan pada semakin tingginya biaya kualitas yang dilakukan pada produk cacat maka akan muncul tindakan *inspeksi*, *rework* dan sebagainya.

Proses peningkatan kualitas suatu produk tersebut tidak lepas dari terjadinya kegagalan produksi yang relatif tinggi, sehingga hasil produksi tersebut tidak optimal. Suatu produk yang berjalan, selalu menghasilkan produk yang sempurna (*good unit*) juga kemungkinan akan menghasilkan produk rusak, suatu produksi yang tidak diharapkan pada awalnya, tetapi pada kenyataannya produk rusak akan selalu mengiringi produk sempurna. Hal ini bisa terjadi karena beberapa faktor, misalnya pemilihan bahan baku yang kurang baik, tenaga kerja yang kurang memadai atau tidak mempunyai keahlian yang cukup dalam memproses suatu produk, dan alat-alat produksi. Dari hal tersebut yang tidak dapat beroperasi normal karena kurangnya dalam masalah pemeliharaan (*maintenance*) terhadap mesin.

Untuk mencapai produk yang berkualitas, perusahaan harus selalu melakukan *controlling* dan peningkatan terhadap kualitas produknya, sehingga akan diperoleh hasil yang sempurna. Kuantitas masalah produk yang tidak memenuhi standar kualitas yang dikehendaki oleh perusahaan. Untuk itu perusahaan harus selalu melakukan pemilihan kualitas dari produk yang dihasilkan dengan menekan jumlah produk cacat. Produk cacat yang sering terjadi karena bahan baku yang kurang baik atau pada saat pemrosesan terjadi kesalahan. Terjadinya produk cacat tersebut sebenarnya dapat dikurangi atau di cegah apabila perusahaan memproduksi dengan benar dari awal. Pencegahan ini dapat dilakukan dengan cara meningkatkan pemeriksaan bahan baku untuk diproses. Menurut Bastian Bustami, Nurlela (2019) Produk rusak adalah produk yang dihasilkan dalam proses produksi, dimana produk yang dihasilkan tersebut tidak sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan, tetapi secara ekonomis produk tersebut dapat diperbaiki dengan mengeluarkan biaya tertentu, tetapi biaya yang dikeluarkan cenderung lebih besar dari nilai jual setelah produk tersebut diperbaiki. Produk rusak ini pada umumnya diketahui setelah proses produk selesai.

Dari definisi yang telah dijelaskan diketahui bahwa produk rusak adalah produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi sehingga tidak mencapai standar kualitas yang ditentukan, tidak dapat dikerjakan ulang (*rework*) dan memiliki nilai jual yang rendah sebagai nilai sisa (*disposal value*).

#### **2.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

Menurut Saiful, *et. Al*, (2014) dalam penelitian Heru Suliantoro, *et.al*, (2018) *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah metode yang dipakai guna

mengukur efektivitas mesin berdasarkan pada besarnya tiga rasio, yaitu: *availability*, *performance efficiency*, dan *rate of quality*. Dapat diketahui besarnya kerugian yang mempengaruhi efektivitas mesin ketika sudah diketahui nilai efektivitas mesin tersebut yang dikenal dengan *six big losses*. Sedangkan menurut Nakajima (1988), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasi tingkat produktivitas mesin/peralatan dari kinerja secara teori. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu ditingkatkan produktivitasnya ataupun efisiensi mesin/peralatan dan juga dapat menunjukkan area terhambat yang terdapat pada proses produksi.

Evaluasi yang dilakukan adalah dengan melakukan analisis *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk memantau efektivitas suatu proses sehingga nantinya dapat dilakukan upaya-upaya yang dapat meningkatkan efektivitas proses tersebut (Vorne Industries, 2018). Dari analisis ini diperlukan nilai *availability*, *performance* dan *quality* yang diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap mesin. Pengukuran OEE menunjukkan seberapa baik suatu perusahaan dalam menggunakan sumber daya yang dimiliki termasuk peralatan, pekerja dan kemampuan untuk memuaskan konsumen dalam pengiriman suatu pesanan yang sesuai dengan kualitas yang diinginkan oleh konsumen. Dengan menggabungkan metode lain seperti *basic quality tools* (Diagram Pareto, Ishikawa Diagram) faktor penyebab menurunnya nilai OEE dapat diketahui. Sehingga dengan cepat usaha perbaikan akan dilakukan. Menurut Almeanazel, (2010) dalam penelitian Heru Suliantoro, et.al, (2017) *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan hasil yang dapat dinyatakan sebagai rasio output aktual dari peralatan dibagi dengan output maksimum peralatan dibawah kondisi performa terbaik. OEE memiliki tiga rasio utama yang digunakan sebagai dasar pengukuran. Tiga rasio tersebut adalah: *availability* (A), *performance efficiency* (PE), dan *rate of quality product* (ROQP).

#### **2.4.1 Tujuan OEE**

Penggunaan OEE sebagai *Performance indicator*, mengambil periode waktu tertentu seperti: Pershift, harian, mingguan, bulanan maupun tahunan. Pengukuran OEE lebih efektif digunakan pada suatu peralatan produksi. OEE juga dapat

digunakan dalam beberapa jenis tingkatan pada sebuah lingkungan perusahaan yaitu:

1. Digunakan sebagai “*benchmark*” untuk mengukur rencana perusahaan dalam performansi.
2. Nilai OEE digunakan untuk membandingkan garis performansi melintang dari perusahaan, maka akan terlihat aliran yang tidak penting.
3. OEE dapat mengidentifikasi mesin mana yang mempunyai performansi buruk.
4. Digunakan untuk menentukan *starting point* dari perusahaan.
5. Digunakan untuk mengidentifikasi kerugian produktifitas.

#### 2.4.2 Manfaat Implementasi OEE

Menurut Ansori dan Mustajib (2018) dalam pelaksanaan OEE ada beberapa manfaat yang dapat diambil dari OEE, antara lain:

1. Dapat digunakan untuk menentukan *starting point* dari perusahaan ataupun peralatan/mesin.
2. Dapat digunakan untuk mengidentifikasikan kejadian *bottleneck* di dalam peralatan / mesin.
3. Dapat digunakan untuk mengidentifikasikan kerugian produktifitas (*true productivity losses*).
4. Dapat digunakan untuk menentukan prioritas dalam usaha untuk meningkatkan OEE dan peningkatan produktivitas.

#### 2.4.3 Perhitungan Nilai OEE

Faktor–faktor OEE meliputi *availability*, *performance*, dan *quality* yang secara matematik dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$OEE = Availability (\%) \times Performance (\%) \times Quality rate (\%) \dots \dots \dots (2.1)$$

##### 2.4.3.1 Availability

*Availability* merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin dan peralatan. *Availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan terhadap *loading time* (Saiful, *et al.*, 2014) dalam penelitian Heru Suliantoro, *et.al*, (2018). *Availability* memiliki 2 komponen yaitu *equipment failure* dan *set up and adjustment loss*.

Berikut ini rumus perhitungan nilai *availability*:

$$Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

- *Loading Time* adalah waktu dimana waktu yang tersedia perhari atau perbulan dikurangi dengan downtime yang telah direncanakan..

$$Loading\ Time = Available\ Time - Planned\ Downtime$$

#### 2.4.3.2 Performance

*Performance* adalah suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan produk. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate* (Saiful, *et al.*, 2014) dalam penelitian Heru Suliantoro, *et.al*, (2018). Berikut ini rumus perhitungan nilai *performance*:

$$PE = \frac{Processed\ amount \times Ideal\ cycle\ time}{Operation\ Time} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

#### 2.4.3.3 Rate Of Quality

*Quality* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar (Saiful, *et al.*, 2019). *Quality* memiliki 2 komponen, yaitu *defect in process* dan *reduced yield*. Berikut ini rumus perhitungan nilai *quality*:

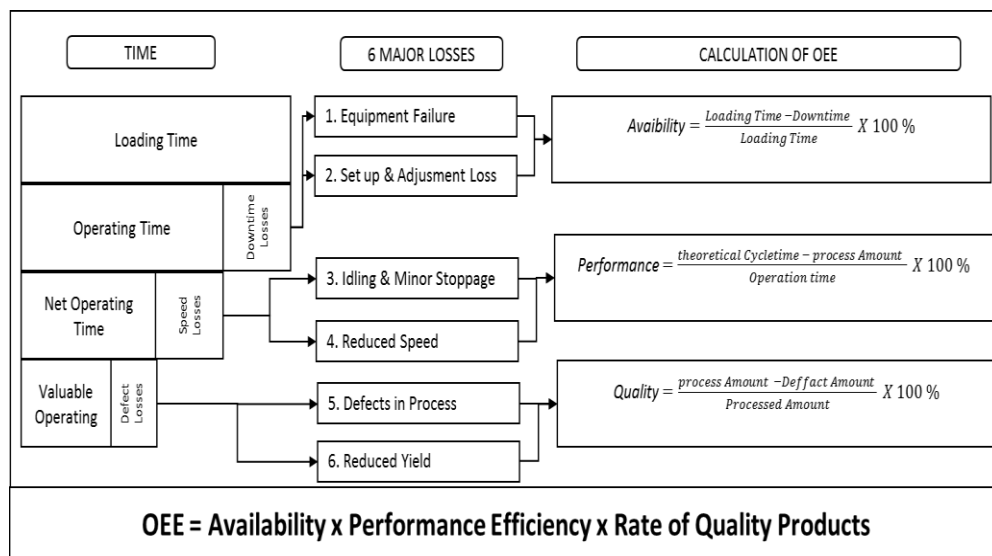
$$Quality = \frac{Total\ Jumlah\ Produk - Jumlah\ Reject}{Total\ Jumlah\ Produk} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

#### 2.4.3.4 Nilai Overall Equipment Effectiveness

Nilai OEE diperoleh dengan mengalikan ketiga rasio utama tersebut. Berikut ini rumus perhitungan OEE:

$$OEE = Availability\ (\%) \times Performance\ (\%) \times Quality\ (\%) \dots \dots \dots (2.5)$$

Ketiga unsur tersebut merupakan rasio OEE yang didefinisikan sebagaimana terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Perhitungan Nilai OEE

Sumber: Seichi Nakajima, (1988)

Berdasarkan pengalaman Seichi Nakajima, 1988 dalam penelitian Heru Suliantoro, et.al, (2018) kondisi ideal untuk OEE setelah dilaksanakannya TPM pada suatu perusahaan adalah:

Tabel 2. 2 Ideal Conditions OEE

OEE Factor	OEE Percented
Availability	>90%
Performance efficiency	>95%
Quality rate	>99%
OEE	>85%

Sumber: Seichi Nakajima, (1988)

Berikut penjelasan dari *ideal conditions* OEE pada tabel 2.2:

1. Jika OEE = 100%, maka produksi dianggap sempurna.
2. Jika OEE = 85%, produksi dianggap kelas ideal.
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, tetapi dalam kebanyakan kasus dapat dengan mudah di-*improve* melalui pengukuran

langsung (misalnya dengan menelusuri akar penyebab *downtime* dan menangani sumber-sumber penyebab *downtime* secara satu-persatu).

#### 2.4.4 *Six Big Losses* (Enam Kerugian Besar)

Menurut Nakajima (1988) dalam penelitian Heru Suliantoro, et.al, (2018) terdapat 6 kerugian peralatan yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan. Keenam kerugian tersebut, disebut dengan *Six Big Losses* yang terdiri dari: 1) Kerugian akibat kerusakan peralatan (*equipment failure*), 2) Kerugian penyetelan dan penyesuaian (*setup and adjustment losses*), 3) Kerugian karena mengganggu dan penghentian mesin (*idle and minor stoppage*), 4) Kerugian karena kecepatan operasi rendah (*reduced speed*), 5) Kerugian cacat produk dalam proses (*defect in process*), 6) Kerugian akibat hasil rendah (*reduced yield*). Lalu dikategorikan menjadi tiga kategori utama berdasarkan aspek kerugiannya, yaitu penurunan waktu (*downtime losses*), penurunan kecepatan (*speed loss*), penurunan kualitas (*quality loss*).

##### 2.4.4.1 *Equipment Failure (Breakdown Loss)*

*Breakdown losses (BL)* merupakan kejadian dimana kerusakan suatu mesin terjadi secara tiba-tiba. Hal ini tentu saja sangat tidak diinginkan karena dapat menghambat dan menghentikan kegiatan produksi (Hery Suliantoro, et.al, 2017) digunakan rumus:

$$\text{Breakdown Loss} = \frac{\text{Total breakdown time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

##### 2.4.4.2 *Setup and Adjustment Loss*

*Setup and adjustment loss* yaitu kemacetan yang terjadi akibat perubahan sistem kerja. Kerugian ini disebabkan adanya perubahan pada saat beroperasi. Untuk menghitung *setup and adjustment loss* digunakan rumus:

$$\text{Setup and Adjustmen Loss} = \frac{\text{Total setup and Adjusment}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

##### 2.4.4.3 *Idling and Minor Stoppages*

*Idling and minor stoppages* yaitu kerugian yang terjadi ketika menunggu atau mendiamkan sehubungan dengan adanya pembersihan dan penataan ulang. Untuk menghitung *idle and minor stoppages* digunakan rumus:

$$\text{Idle and Minor Stoppages} = \frac{\text{Non productive time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

**2.4.4.4 Reduced Speed Loss**

*Reduced speed loss* merupakan kerugian yang berhubungan dengan kecepatan operasi aktual yang rendah, di bawah kecepatan operasi ideal. Untuk menghitung *reduce speed loss* digunakan rumus:

$$\text{Reduce Speed Loss} = \frac{\text{Operation time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{Processed amount})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots (2.9)$$

**2.4.4.5 Process Defects Loss**

*Process defects loss* yaitu kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang. Untuk menghitung *process defect loss* digunakan rumus:

$$\text{Process Defect Loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{defect amount}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

**2.4.4.6 Reduce Yield Loss**

*Reduced yield losses (RYL)* merupakan kerugian yang terjadi pada awal mulai produksi hingga mencapai kondisi stabil. Kerugian ini terjadi karena adanya produk yang tidak sesuai standar (cacat) (Restyoko A.K., et.al, 2017). Untuk menghitung *reduce yield loss* digunakan rumus:

$$\text{RYL} = \frac{\text{Waktu siklus ideal} - \text{Jumlah cacat pada awal produksi}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.11)$$

Tabel 2. 3 Six Big Looses

Six Big Losses	Pengertian
<i>Breakdown Loss</i>	Kerugian berhubungan dengan kegagalan. Suatu keadaan dimana mesin/peralatan mengalami kerusakan, sehingga mesin tidak dapat dioperasikan.
<i>Setup and Adjustment Loss</i>	Kerugian kemacetan terjadi ketika perubahan sistem kerja. Kerugian ini disebabkan adanya



	perubahan pada saat beroperasi. Penggantian peralatan memerlukan waktu <i>shutdown</i> sehingga alat dapat dipertukarkan.
<i>Reduced Speed Loss</i>	Kerugian berhubungan dengan kecepatan operasi aktual yang rendah, dibawah kecepatan operasi ideal.
<i>Idling and Minor Stoppage Loss</i>	Kerugian yang terjadi ketika menunggu atau mendiamkan sehubungan dengan adanya pembersihan dan penataan ulang.
<i>Defect in Process</i>	Kerugian waktu sehubungan dengan cacat dan pengerjaan ulang, kehilangan keuangan sehubungan dengan menurunnya kualitas produk, dan kehilangan waktu yang diperlukan untuk memperbaiki produk cacat menjadi sempurna.
<i>Reduced Yield Loss</i>	Kerugian material sehubungan dengan perbedaan pada input berat bahan dan berat dari produk berkualitas.

Sumber: Seichi Nakajima, (1988)

## 2.5 Fishbone Diagram (Diagram Sebab Akibat)

Menurut Hidayat (2007) dalam penelitian Dody Hari Muda Alala, (2017) diagram sebab akibat disebut juga diagram *cause-and-effect* digunakan untuk melihat hubungan sebab dan akibat yang ditinjau dari akar penyebab dan akar permasalahan dalam aktivitas kerja. Secara umum diagram *cause-and-effect* lebih dikenal dengan istilah *Fishbone Diagram* atau Diagram *Ishikawa* ada beberapa tipe dan bentuk dari diagram sebab akibat yang berbasis pada formulasi cabang-cabang utamanya (bersifat kategori). Cabang utama dapat diartikan sebagai variabel-variabel proses yang disebut dengan 4M (*manpower, machines, material, methods*) yang mana variabel tersebut tersusun dalam langkah-langkah proses.

Berbagai contoh faktor penyebab utama dalam kegiatan produksi antara lain adalah:

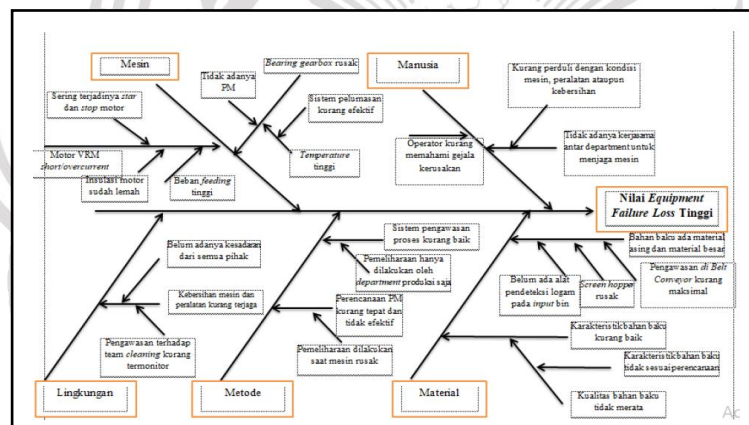
- a. Manusia (*Man*)
- b. Metode kerja (*Method*)

- c. Mesin atau peralatan kerja lainnya (*Machine*)
- d. Bahan baku (*Material*)
- e. Lingkungan kerja (*Environment*)

Cara penyusunan diagram fishbone dalam rangka mengidentifikasi penyebab suatu keadaan yang tidak diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Menyatakan masalah-masalah utama yang penting dan mendesak untuk diselesaikan.
2. menuliskan judul permasalahan pada kepala ikan yang merupakan akibat (*effect*). Buat garis horizontal dan dapat ditarik garis miring keatas dan kebawah hingga menyerupai tulang ikan, diujung garis tersebut buat kotak yang berisi faktor permasalahannya.
3. Setelah kotak tersebut diisi dengan faktor penyebab permasalahan maka buat tulang-tulang kecil sebagai faktor-faktor penyebab atau kategori yang dapat dikembangkan melalui brainstorming.

Berikut merupakan contoh diagram fishbone:



Gambar 2.5 Contoh *Fishbone Diagram*

### 2.5.1 Manfaat *Fishbone Diagram*

Menurut Murnawam dan Mustofa (2019) Fungsi dasar Diagram *Fishbone* adalah untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik dan kemudian memisahkan akar penyebabnya. Sering dijumpai orang mengatakan “penyebab yang mungkin” dan dalam kebanyakan kasus harus menguji apakah penyebab untuk hipotesa adalah

nyata, dan apakah memperbesar atau mengurangnya akan memberikan hasil yang diinginkan.

Dengan adanya Diagram *Fishbone* ini sebenarnya memberi banyak sekali keuntungan bagi dunia bisnis. Selain memecahkan masalah kualitas yang menjadi perhatian penting perusahaan. Masalah–masalah klasik lainnya juga terselesaikan. Masalah–masalah klasik yang ada di industri manufaktur khususnya antara lain adalah:

- a. Keterlambatan proses produksi yang diakibatkan oleh seringnya pemeliharaan pada mesin granulator pada pabrik pupuk NPK Phonska 1.
- b. Tingkat *defect* (cacat) produk yang tinggi yang diakibatkan oleh seringnya pemeliharaan pada mesin granulator pada pabrik pupuk NPK Phonska 1.
- c. Mesin produksi yang sering mengalami *trouble* yang diakibatkan oleh seringnya pemeliharaan pada mesin granulator pada pabrik pupuk NPK Phonska 1.
- d. Output lini produksi yang tidak stabil yang berakibat kacanya plan produksi yang diakibatkan oleh seringnya pemeliharaan pada mesin granulator pada pabrik pupuk NPK Phonska 1.
- e. Produktivitas yang tidak mencapai target yang diakibatkan oleh seringnya pemeliharaan pada mesin granulator pada pabrik pupuk NPK Phonska 1.
- f. Komplain pelanggan yang terus berulang.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Adapun jurnal-jurnal yang mengukur nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) diantaranya adalah:

1. **Arif Rahman, Surya Perdana** dalam Jurnal Ilmiah Teknik Industri (2019), Vol 7 No.1, 34-42 dengan judul: “**ANALISIS PRODUKTIVITAS MESIN PERCETAKAN PERFECT BINDING DENGAN METODE OEE DAN FMEA**”.

Mesin Perfect Binding merupakan alat finishing untuk proses menjilid buku yang sering digunakan pada industri percetakan. Ketika berproduksi masalah yang sering muncul pada mesin Perfect Binding adalah *downtime, breakdown, setup and adjustment* yang mengakibatkan produktivitas hasil produksi berkurang. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk meningkatkan

produktifitas dengan cara mengetahui hasil perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada mesin Perfect Binding dan mengetahui beberapa faktor yang menjadi penyebab menurunnya produktivitas hasil produksi dengan menggunakan diagram sebab akibat dan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sehingga dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan. Berdasarkan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada Mesin Perfect Binding, 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 World Class OEE. 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. **Bambang Suhardi Waluyo, Chriswahyudi, Restianingsih** dalam Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tagerang, Vol.8, No.1, Januari-Juni, Tahun 2019: hlm. 90-99 dengan judul: **“ANALISIS PERBAIKAN PRODUKTIVITAS MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) PADA MESIN *FILLING* DENGAN PENDEKATAN *SIX BIG LOSSES* UNTUK Mencari Penyebab *LOSSES* Tertinggi pada Produksi *SKINCARE* STUDI KASUS PT XYZ”**.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang kosmetik yang tujuan utama menginginkan target produksi yang direncanakan dapat terpenuhi dengan baik. Akan tetapi karena faktor yang memiliki persentase terbesar dari faktor *six big losses* adalah *reduce speed* (34,92%) dan *breakdown losses* (32,08%) yang bisa menghambat proses produksi sehingga pencapaian target produksi masih jauh dari harapan. Selama periode Maret - November 2017 di peroleh nilai OEE (62,54% - 77,83%), *availability ratio* (76,28 % - 85,70%), *performance efficiency* (83,23 %-99,24%) dan *rate quality product* (93,11% - 97,09%). Nilai OEE tertinggi pada bulan September sebesar 77,83 %. Dan nilai OEE terendah pada bulan April 2017 (62,54 %). Tingkat kapabilitas yang

diproses yang dihasilkan bernilai 0,588 yang berarti bahwa kapabilitas proses rendah, sehingga perlu ditingkatkan performansinya melalui proses perbaikan. Kajian kondisi apa saja yang dapat diperbaiki dengan menggunakan 5W+1H. Apa yang telah dilakukan di PT. XYZ diharapkan dapat menjadi langkah awal peningkatan efektifitas mesin yang nantinya akan sampai pada penerapan *Total Productive Maintenance*.

3. **Hery Suliantoro, Novie Susanto, Heru Prastawa, Iyain Sihombing, Anita M** dalam J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri, Vol. 12, No.2, Mei 2017 dengan judul: **“PENERAPAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) DAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA) UNTUK MENGUKUR EFEKTIVITAS MESIN RENG”**.

Mesin reng digunakan untuk memproduksi atap baja ringan jenis reng V belum sepenuhnya bekerja secara efektif. Hal ini ditunjukkan dengan adanya *downtime*, penurunan kecepatan produksi mesin, dan produk-produk yang tidak sesuai standard yang telah ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan mengetahui tingkat efektivitas mesin reng dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), mengidentifikasi faktor penyebab six big losses dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA), dan memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan tingkat efektivitas mesin. Dari hasil penelitian, OEE mesin reng mencapai rata-rata 57,55%, dan masih berada di bawah nilai OEE ideal (85%). Usulan perbaikan yang direkomendasikan meliputi eliminasi six big losses, mengembangkan program pemeliharaan, dan memberikan pelatihan untuk meningkatkan kemampuan *maintenance* dan operasional.

4. **Novera Elisa Triana, Uli Amrina** dalam Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem & Teknik Industri (PASTI), Vol. XIII, No.2, Agustus 2019, 212-222 dengan judul: **“MENGHITUNG EFEKTIVITAS MESIN *LASER CUTTING* MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*”**.

PT. ZXY merupakan perusahaan yang bergerak dalam produksi alas kaki yang tidak terlepas dari permasalahan efisiensi dan efektivitas pada mesin (peralatan) yang diakibatkan oleh *six big losses*. Tujuan penelitian ini adalah untuk

menghitung efektifitas melalui metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang kemudian dilanjutkan dengan pengukuran OEE pada *six big losses* untuk mengetahui besarnya efisiensi yang hilang pada ke enam faktor *six big losses*, selanjutnya diperoleh faktor yang paling tinggi pada *six big losses* di mesin laser yaitu *Equipment Failure Losses* sebesar 53,97%. Dengan diagram pareto dan analisis sebab akibat dapat dianalisis masalah sebenarnya yang menjadi penyebab utama rendahnya efektifitas yang mengakibatkan rendahnya produktivitas mesin laser adalah punching head di sebabkan faktor manusia, mesin dan material. Hasil kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian mesin laser ini setelah dilakukan perbaikan adalah dengan meningkatkan availability mesin laser dari rata-rata 96,2% menjadi 96,4% berdampak pada meningkatnya OEE dari 91,9% menjadi 92,1%. Kondisi ini sangat ideal ( $\geq 85\%$ ). Sehingga yang mempengaruhi nilai OEE dan menjadi prioritas utama dengan kontribusi terbesar terjadi pada *Equipment Failure Losses* dapat diatasi.

## **2.7 Perbedaan Penelitian ini Dengan Penelitian Terdahulu**

Berikut ini dapat dilihat pada Tabel 2.4 mengenai perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu.

Tabel 2. 4 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Tahun	Metode						Produk
				OEE	Six Big Losses	Diagram Pareto	Fishbone Diagram	FTA	FMEA	
1.	Arif Rahman dan Surya Perdana	Analisis Produktivitas Mesin Percetakan Perfect Binding dengan Metode OEE dan FMEA	2019	✓			✓		✓	Buku
2.	Bambang Suhardi Waluyo, Chriswahyudi dan Restianingsih	Analisis Perbaikan Produktivitas Menggunakan Metode OEE Pada Mesin Filling dengan Pendekatan Six Big Losses Untuk Mencari Penyebab Losses Tertinggi Pada Produksi Skincare Studi Kasus PT XYZ	2019	✓	✓	✓				Skincare

3.	Hery Suliantoro, Novie Susanto, Heru Prastawa, Iyain Sihombing, dan Anita M	Penerapan Metode OEE dan FTA untuk Mengukur Efektifitas Mesin Reng	2018	✓	✓		✓		Atap Baja
4.	Novera Elisa Triana dan Uli Amrina	Menghitung Efektifitas Mesin Laser Cutting Menggunakan Metode OEE	2019	✓	✓	✓			Alas Kaki
5.	Handito Annas Barlian	ANALISIS EFEKTIVITAS MESIN <i>GRANULATOR</i> DENGAN METODE <i>OVERALL EQUIPMENT</i> <i>EFFECTIVENESS</i> (OEE) DI PABRIK NPK PHONSKA PT PETROKIMIA GRESIK	2022	✓	✓	✓	✓		Pupuk NPK Phonska