

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen Perawatan

Manajemen Perawatan (*Maintenance Management*) adalah pengelolaan pekerjaan perawatan dengan melalui suatu proses perencanaan, pengorganisasian serta pengendalian operasi perawatan untuk memberikan performasi mengenai fasilitas industri. Suatu aturan umum dalam dunia usaha mengatakan: “Bila suatu masalah telah menjadi kompleks dan berdampak besar, maka manajemen yang baik harus ditetapkan.” Demikian halnya dengan perawatan bagi suatu sistem usaha, manajemen perawatan yang baik akan mendatangkan kebaikan pada sistem usaha yang bersangkutan (Amin, 2019).

2.1.1 Pengertian Manajemen

Manajemen adalah proses pengaturan dengan cara merencanakan, mengorganisasikan, mengendalikan dan menjalankan untuk mencapai tujuan bersama. Adapun pengertian Manajemen menurut para ahli, sebagai berikut:

Manajemen adalah “Suatu proses yang melibatkan kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian yang dilakukan untuk mencapai sasaran perusahaan melalui pemanfaatan faktor produksi yang dimiliki” (Fuad, 2001)

Manajemen adalah “Seni untuk menggerakkan orang melakukan suatu pekerjaan atau keahlian untuk mencapai hasil tertentu melalui orang lain” (Appley, 2010)

2.1.2 Pengertian Perawatan

Berikut adalah pengertian perawatan menurut para ahli, yaitu :

Pemeliharaan atau perawatan (*maintenance*) adalah serangkaian aktivitas untuk menjaga fasilitas dan peralatan agar senantiasa dalam keadaan siap pakai untuk melaksanakan produksi secara efektif dan efisien sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan dan berdasarkan standar (fungsional dan kualitas), (Riadi, 2019).

Pemeliharaan adalah kegiatan untuk menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan” (Assauri, 2004).

2.1.3 Tujuan perawatan

Tujuan pemeliharaan bukan hanya untuk menjaga kondisi mesin dan peralatan semata. Pemeliharaan juga bertujuan untuk menjaga kemampuan produksi agar dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.

Tujuan dilakukan tindakan perawatan adalah sebagai berikut : (Corder, 1992)

- a. Memperpanjang usia penggunaan asset (yaitu setiap komponen dari fasilitas produksi)
- b. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang digunakan untuk produksi secara teknis dan ekonomis
- c. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh fasilitas yang di perlukan dalam kegiatan darurat setiap waktu , contoh : unit cadangan , unit pemadam kebakaran dan unit penyelamat
- d. Menjamin keselamatan, keamanan dari pengguna yang berada dalam lingkungan proses produksi.

2.1.4 Kegiatan-Kegiatan Perawatan

Kegiatan- kegiatan perawatan dalam suatu perusahaan sebagai berikut :
(Corder, 1882)

1. *Maintenance Activities*

Maintenance activities ini adalah suatu kegiatan untuk melindungi alat dari kerusakan yang terdiri dari lima macam kegiatan yaitu:

- a. *Normal operation* adalah dengan menjaga cara pengoprasian mesin sesuai dengan prosedur operasinya.
- b. *Daily maintenance* adalah melakukan kegiatan pemeliharaan harian berupa pembersihan, memeriksa dan menambah pelumasan, melakukan pengencangan baut-baut.
- c. *Periodical maintenance* yaitu melakukan kegiatan pemeliharaan secara periode tertentu terutama ditujukan untuk pengukuran tingkat kerusakan
- d. *Predictive maintenance* yaitu merupakan kegiatan pemeliharaan untuk meramalkan keadaan mesin-mesin dengan melihat kecenderungan kerusakan dan dengan melakukan pengecekan,
- e. *Breakdown maintenance* adalah suatu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan karena mesin mengalami kerusakan yang tidak terduga sebelumnya untuk mengembalikan ke kondisi semula.

2. *Improvement Activities*

Improvement activities ini merupakan kegiatan pengembangan dan perbaikan termasuk didalamnya adalah:

- a. *Corective maintenance* yaitu kegiatan untuk memperpanjang umur mesin dengan memperbaiki kehandalannya dan berusaha menghindari kerusakan seperti memperbaiki bahan baku dan mengurangi beban kerja mesin.
- b. *Maintainability* yaitu kegiatan untuk peningkatan daya pelihara memeriksa kondisi kerusakan dan perbaikan pekerjaan pemeriksaan untuk mengetahui kerusakan mesin sejak dini.

- c. *Maintenance prevention* adalah kegiatan untuk menghilangkan pekerjaan pemeliharaan sehingga menjadi sesedikit mungkin.

2.1.5 Jenis-Jenis Perawatan

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam suatu perusahaan pabrik dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu : (Assasuri, 2004)

a. *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance merupakan aktifitas perawatan atau pemeliharaan (inspeksi rutin dan kegiatan servise) yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang tidak direncanakan, serta upaya menjaga agar fasilitas tetap dalam kondisi operasi yang baik. Semua kegiatan ini dimaksudkan untuk membangun sistem yang akan menghindari kemungkinan potensial kegagalan dan menyiapkan reparasi bila akan menghadapi kegagalan serta kerusakan. *Preventive maintenance* digunakan pada komponen atau sistem yang termasuk dalam critical unit apabila konsekuensi dari kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan dari pekerjaan dan mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan.

b. *Breakdwon Maintenance*

Breakdown Maintenance adalah perawatan yang dilakukan ketika sudah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan kerja sehingga Mesin tersebut tidak dapat beroperasi secara normal atau terhentinya operasional secara total dalam kondisi mendadak. *Breakdown Maintenance* ini harus dihindari karena akan terjadi kerugian akibat berhentinya Mesin produksi yang menyebabkan tidak tercapai Kualitas ataupun Output Produksi.

C *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance adalah Perawatan yang dilakukan dengan cara mengidentifikasi penyebab kerusakan dan kemudian memperbaikinya

sehingga Mesin atau peralatan Produksi dapat beroperasi normal kembali. Corrective Maintenance biasanya dilakukan pada mesin atau peralatan produksi yang sedang beroperasi secara abnormal (Mesin masih dapat beroperasi tetapi tidak optimal).

2.2 Total Produktive Maintenance (TPM)

Menurut (Venkatesh, 2007), Total Productive Maintenance (TPM) merupakan salah satu konsep inovasi Jepang. Metode TPM pertama kali diterapkan dalam Preventive Maintenance pada tahun 1951 di Jepang, walaupun Preventive Maintenance pertama kali diterapkan di USA. Nippondenso adalah perusahaan pertama yang menerapkan dan mengembangkan konsep TPM pada tahun 1960. TPM menjadi sangat populer dan tersebar luas dengan sangat cepat hingga keluar Jepang. Hal ini terjadi karena dengan penerapan TPM perusahaan mendapatkan hasil yang dramatis, yaitu peningkatan pengetahuan dan ketrampilan dalam produksi dan perawatan mesin serta fasilitas bagi pekerja, serta proses kerja yang terus menerus.

Total Productive Maintenance atau disingkat dengan TPM adalah suatu sistem yang digunakan untuk memelihara dan meningkatkan kualitas produksi melalui perawatan perlengkapan dan peralatan kerja seperti Mesin, Equipment dan alat-alat kerja. Fokus utama Total Productive Maintenance atau TPM ini adalah untuk memastikan semua perlengkapan dan peralatan Produksi beroperasi dalam kondisi terbaik sehingga menghindari terjadinya kerusakan ataupun keterlambatan dalam proses produksi.

Selain definisi di atas, TPM (Total Productive Maintenance) adalah sebuah program perawatan yang melibatkan gambaran pembaharuan konsep untuk perawatan perusahaan dan peralatan.

- a. Total
 - 1) Melibatkan semua pekerja
 - 2) Bertujuan untuk mengeliminasi kecelakaan kerja, *Defect*, dan *Breakdown*

b. Productive

- 1) Tindakan dilakukan ketika produksi berlangsung
- 2) Minimasi kesalahan produksi

c. Maintenance

- 1) Menjaga kondisi yang baik
- 2) Perbaikan, kebersihan, lubrikasi

TPM adalah sebuah tim besar dari perusahaan yang berusaha meningkatkan kualitas peralatan dan meningkatkan nilai OEE (Overall Equipment Effectiveness). TPM secara keseluruhan memuat 5 (lima) hal, yaitu :

- a. Memaksimalkan efektifitas menyeluruh alat / mesin.
- b. Menerapkan sistem PM yang komprehensif sepanjang umur alat.
- c. Melibatkan seluruh departemen: perencanaan, pemakai, dan pemelihara alat.
- d. Melibatkan semua karyawan dari top management sampai front-line worker.
- e. Pengembangan PM melalui manajemen motivasi aktivitas kelompok kecil mandiri.

2.3 Six Big Losses

Proses produksi tentunya mempunyai *losses* yang mempengaruhi produktivitasnya. *Losses* tersebut diidentifikasi untuk mengetahui nilai keseluruhan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dari mesin/peralatan, dan dari nilai OEE ini nanti dapat diambil langkah-langkah untuk memperbaiki maupun mempertahankan nilai tersebut. (Nakajima, 1988) mengelompokkan *losses* tersebut menjadi 6 kerugian besar (*six big losses*) yang digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu :

1. *Downtime losses*

Jika output produksinya nol dan sistem tidak memproduksi apapun, maka segmen waktu yang tidak produktif tersebut dinamakan *downtime*

losses. Downtime losses ini terdiri dari :

- a) *Breakdown losses*, kerugian ini terjadi dikarenakan mesin/peralatan mengalami kerusakan sehingga tidak dapat beroperasi untuk menghasilkan output, dan memerlukan perbaikan atau penggantian. Kerugian ini diukur dengan seberapa lama waktu saat mengalami kerusakan hingga selesai diperbaiki.

Rumusnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Breakdown losses} = \frac{\text{Waktu downtime}}{\text{Loading time}} \times 100 \% \text{..(4)}$$

Sumber: Nakajima, (1988)

- b) *Setup and adjustment losses*, kerugian ini terjadi akibat dari perubahan kondisi operasi, seperti dimulainya produksi atau dimulainya shift yang berbeda, pergantian spesifikasi produk dan penyesuaian kondisi operasi. Rumus perhitungannya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Setup and adjustment losses} = \frac{\text{Waktu setup}}{\text{Loading time}} \times 100 \% \text{..(5)}$$

Sumber: Nakajima, (1988)

2. *Speed losses*

Ketika output lebih rendah dibandingkan output pada kecepatan referensi, kondisi ini dinamakan *speed losses*. Pada *speed losses* belum dipertimbangkan mengenai output yang sesuai dengan spesifikasi kualitas. Kelompok dari kerugian ini dapat berupa:

- a) *Idling and minor stoppages losses*,

merupakan kerugian yang disebabkan oleh berhentinya mesin/peralatan karena ada permasalahan sementara, seperti mesin terputus-putus (*halting*), macet (*jamming*) serta mesin mengganggu

(*idling*).

Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Idling and stopage losses} = \frac{\text{Non productive time}}{\text{Loading time}} \times 100 \% \dots(6)$$

Sumber: Nakajima, (1988)

- b) *Reduce speed losses*, yaitu kerugian yang disebabkan oleh adanya pengurangan kecepatan produksi dari kecepatan desain mesin/peralatan tersebut. Pengukuran kerugian ini dengan membandingkan kapasitas ideal dengan beban kerja aktual.

Adapun rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Speed losses} = \frac{\text{Waktu operasi} - (\text{ideal cycle time} \times \text{hasil produksi})}{\text{Loading time}} \times 100 \% .(7)$$

Sumber: Nakajima, (1988)

3. *Defect or quality losses*

Ketika output produksi yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi standar kualitas maka jenis kerugian ini disebut *quality losses*. Kerugian ini dapat berupa:

- a) *Rework and quality defect*, kerugian ini terjadi pada saat selama proses produksi berlangsung terjadi kecacatan produk yang dihasilkan. Produk yang tidak sesuai spesifikasi perlu *rework* atau dibuat *scrap*, Untuk melakukan proses *rework* dan material yang diubah menjadi *scrap* juga merupakan bentuk kerugian bagi perusahaan karena harus mengeluarkan ongkos untuk mengerjakannya.

Rumus perhitungannya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Quality defect losses} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{jumlah produk cacat}}{\text{Loading time}} \times 100 \% \text{..(8)}$$

Sumber: Nakajima, (1988)

- b) *Yield losses*, terjadi dikarenakan bahan baku terbuang (*waste*)
 Kerugian terbagi menjadi dua, yaitu kerugian material akibat desain produk dan metode manufaktur serta kerugian penyesuaian karena cacat kualitas produk yang diproduksi pada saat awal proses produksi dan saat terjadi pergantian spesifikasi produk.

Adapun rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Yield losses} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{scrap}}{\text{Loading time}} \times 100 \% \text{..(9)}$$

Sumber: Nakajima, (1988)

2.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Seluruh aktivitas maintenance tentu saja bertujuan untuk meningkatkan performansi, kualitas, dan kemampuan peralatan. Untuk meningkatkan ketiga hal tersebut seolah-olah terlihat sangatlah mustahil. Akan tetapi apabila dianalisa secara logis, jika ketiga hal tersebut diposisikan secara simultan maka proses produksi akan memperoleh peningkatan yang signifikan, variasi produksi dapat ditekan, serta biaya produksi pun dapat diminimasi. OEE merupakan nilai yang dinyatakan sebagai rasio antara output aktual dibagi output maksimum dari peralatan pada kondisi kinerja yang terbaik. OEE merupakan suatu cara yang praktis untuk memonitor dan meningkatkan efisiensi dari suatu proses manufaktur. Tujuan dari OEE adalah mengukur performa dari suatu sistem *maintenance*, yang sering digunakan sebagai kunci matrik dalam TPM sehingga nantinya dapat diketahui apakah penerapan TPM yang sudah dilakukan berhasil atau tidak.

Dalam pengukuran OEE terdapat tiga faktor utama yang mempengaruhi perhitungannya yaitu ketersediaan mesin/peralatan (*availability*), efisiensi produksi (*performance*), dan kualitas output mesin/peralatan (*quality*). Ketiga faktor inilah yang akan menjadi tolak ukur efisiensi dan efektivitas dari suatu pabrik, (Nakajima, 1988), Untuk itu hubungan dari ketiga faktor tersebut dapat dilihat pada rumus berikut ini:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality$$

2.4.1. Availability Ratio

Availability merupakan suatu perbandingan yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. *Availability* digunakan untuk menghitung *downtime losses*, yaitu memperhitungkan setiap ada kejadian mesin tidak dapat beroperasi sepanjang waktu proses produksi yang tersedia. Dengan demikian formula yang digunakan untuk mengukur *availability ratio* adalah :

$$Availability\ ratio = \frac{Operating\ time}{Loading\ time} \times 100\ \% (.1)$$

Sumber: Nakajima, (1988)

Dimana :

Loading time = Waktu kerja yang tersedia

Operating Time = *Loading time* – *downtime*

Down time = *Break down* + *Setup*

2.4.2. Performance Ratio

Performance ratio merupakan suatu perbandingan yang menggambarkan kemampuan dari peralatan untuk menghasilkan produk. *Performance ratio* digunakan untuk menghitung *speed losses*, dimana didalamnya termasuk setiap faktor yang menyebabkan kehilangan waktu efektif dalam proses produksi seperti salah mengoperasikan mesin/peralatan, material yang tidak standar (sehingga sering *setting* ulang), keausan pada komponen mesin, hingga kesalahan pada operator.

Untuk mengukur *performance efficiency* ada tiga faktor utama yang dibutuhkan yaitu *ideal cycle time* (waktu siklus ideal), *processed amount* (jumlah produk yang diproses), dan waktu operasi mesin (*operating time*). Sehingga formula pengukuran rasio ini dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Performanc Rate} = \frac{\text{Processed amount} \times \text{Ideal cycle time}}{\text{Operating Time}} \times 100 \%..(2)$$

Sumber: Nakajima, (1988)

2.4.3. Quality Ratio (Rate of Quality Product)

Quality ratio atau *rate of quality product* suatu perbandingan yang menggambarkan kemampuan peralatan untuk memproduksi suatu produk yang sesuai dengan karakteristik standar yang diberikan. *Quality ratio* digunakan untuk menghitung *quality losses*, dimana adanya jumlah barang yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar kualitas, termasuk juga produk yang harus *rework*. Dengan demikian formula pengukuran rasio ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Quality Ratio} = \frac{\text{Processed amount} - \text{defect amount}}{\text{Processed amount}} \times 100 \%..(3)$$

Sumber: Nakajima, (1988)

2.5 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA merupakan salah satu bentuk analisa kualitatif risiko dan secara umum tujuan penyusunan FMEA adalah untuk membantu dalam pemilihan desain alternative yang memiliki kehandalan dan keselamatan potensial tinggi, menjamin bahwa semua moda kegagalan yang dapat diperkirakan dan dampak yang ditimbulkannya terhadap kesuksesan operasional sistem telah dipertimbangkan, membuat daftar kegagalan potensial, serta mengidentifikasi dampak yang ditimbulkannya, mengembangkan kriteria awal untuk rencana dan desain pengujian besar serta untuk membuat daftar pemeriksaan sistem sebagai analisa kualitatif kehandalan dan ketersediaan, sebagai dokumentasi untuk referensi pada masa yang akan datang untuk membantu menganalisa kegagalan yang terjadi di lapangan serta membantu bila sewaktu-waktu terjadi perubahan desain sebagai data input untuk studi banding serta sebagai basis untuk menentukan prioritas pemeliharaan/perawatan. (Stamatis, 2003).

Risk Priority Number (RPN) adalah indikator kekritisian untuk menentukan tindakan koreksi yang sesuai dengan moda kegagalan dengan rumus $Risk = severity \times occurrence \times detection$. RPN digunakan oleh banyak prosedur FMEA untuk menaksir resiko menggunakan tiga kriteria berikut :

- a. Keparahan efek (*Severity*) S
- b. Kejadian penyebab (*Occurrence*) O
- c. Deteksi penyebab (*Detection*) D

Angka prioritas RPN merupakan hasil kali rating keparahan, kejadian, dan deteksi. Angka ini hanyalah menunjukkan rangking atau urutan defisiensi desain sistem.

Tabel 2.1 Kejadian penyebab (*Occurrence*) O

Nilai	Penjelasan	Pengertian
10	Kemungkinan terjadinya dapat Dipastikan	Kesalahan terjadi paling tidak sekali sehari atau hampir setiap saat
9	Hampir tidak dapat dihindarkan	Kesalahan dapat diprediksi terjadi atau terjadi setiap 3

8		
7	Kemungkinan terjadinya sangat Tinggi	Kesalahan sering terjadi atau terjadi paling tidak seminggu sekali
6		
5	Kemungkinan terjadi tinggi Sedang	Kesalahan terjadi sekali sebulan
4		
3	Kemungkinan terjadi sedang	Kesalahan kadang terjadi, atau sekali tiap tiga bulan
2	Kemungkinan terjadi rendah	Kesalahan jarang terjadi atau terjadi sekitar sekali sehari
1	Kemungkinan terjadi amat sangat rendah	Kesalahan hampir tidak pernah terjadi, atau tidak ada yang ingat kapan terakhir terjadi

Tabel 2.2 Keparahan efek (*Severity*) S

Nilai	Penjelasan	Pengertian
10	Amat sangat berbahaya	Kesalahan yang dapat menyebabkan kematian pelanggan dan kerusakan sistem tanpa tanda - tanda yang mendahului
9	Sangat	Kesalahan yang dapat menyebabkan cedera berat/permanen pada pelanggan atau gangguan serius pada sistem yang dapat menghentikan pelayanan dengan adanya tanda yang mendahului
8	berbahaya	

7	Berbahaya	Kesalahan yang dapat menyebabkan cedera ringan sampai sedang dengan tingkat ketidakpuasan yang tinggi dari pelanggan dan/atau menyebabkan ganggang sistem yang membutuhkan perbaikan berat atau kerja ulang yang signifikan
6	Berbahaya	Kesalahan berakibat pada cedera ringan dengan sedikit ketidakpuasan pelanggan dan/atau menimbulkan masalah besar pada sistem
5	sedang	
4	Berbahaya	Kesalahan menyebabkan cedera sangat ringan atau tidak cedera tetapi dirasakan mengganggu oleh pelanggan dan atau menyebabkan masalah
3	ringan sampai sedang	ringan pada sistem yang dapat diatasi dengan modifikasi ringan
2	Berbahaya ringan	Kesalahan tidak menimbulkan cedera dan pelanggan tidak menyadari adanya masalah tetapi berpotensi menimbulkan cedera ringan atau tidak berakibat sistem

Tabel 2.3 Deteksi penyebab (*Detection*) D

Nilai	Penjelasan	Pengertian
10	Tidak ada peluang untuk diketahui	Tidak ada mekanisme untuk mengetahui kesalahan
9		Kesalahan dapat diketahui dengan inspeksi yang menyeluruh, tidak
8	Sangat sulit diketahui	feasible dan tidak segera dapat dilakukan
7		Kesalahan dapat diketahui dengan inspeksi manual atau tidak ada
6	Sulit diketahui	proses yang baku untuk mengetahui, sehingga ketahuan karena kebetulan
5	Berpeluang sedang untuk diketahui	Ada proses untuk double checks atau inspeksi tetapi tidak otomatis atau dilakukan secara sampling
4	Berpeluang tinggi	
3	untuk diketahui	Dipastikan ada proses inspeksi yang rutin tetapi tidak otomatis
2	Berpeluang sangat tinggi untuk diketahui	Dipastikan ada proses inspeksi rutin yang otomatis
1	Hampir dipastikan untuk diketahui	Ada proses otomatis yang akan menghentikan proses untuk mencegah kesalahan

2.6 Thermal Spray

Thermal spray adalah proses pelapisan logam pada permukaan logam (material) dengan bahan tambah yang sesuai dengan material yang akan dilapisi.

Penyemprotan termal dapat memberikan lapisan tebal (kisaran ketebalan kira-kira 20 mikron sampai beberapa mm, tergantung pada proses dan bahan baku), di atas area yang luas pada tingkat deposisi tinggi dibandingkan dengan proses pelapisan lain seperti pelapisan elektroplating, fisik dan kimia uap. Bahan pelapis yang tersedia untuk penyemprotan termal termasuk logam, aloi, keramik, plastik dan komposit. Mereka diberi makan bubuk atau bentuk kawat, dipanaskan ke keadaan cair atau semimolten dan dipercepat menuju substrat dalam bentuk partikel berukuran mikrometer. Pembuangan atau pelepasan busur listrik biasanya digunakan sebagai sumber energi untuk penyemprotan termal. Pelapis yang dihasilkan dibuat oleh akumulasi dari banyak partikel yang disemprot. Permukaan mungkin tidak memanaskan secara signifikan, memungkinkan lapisan zat mudah terbakar. Kualitas pelapisan biasanya dinilai dengan mengukur porositas, kandungan oksida, makro dan mikro-kekerasan, kekuatan ikatan dan kekasaran permukaan. Umumnya, kualitas lapisan meningkat dengan meningkatnya kecepatan partikel.

Prinsip kerja Thermal Spray Coating adalah memanaskan material berbentuk powder atau wire menjadi semi cair. Material yang sudah setengah cair diatomisasi menggunakan semburan gas membentuk deposit menghasilkan lapisan dengan tebal beberapa micron sampai beberapa milimeter. Lapisan material yang dihasilkan akan mempunyai sifat mekanis melebihi material logam dasarnya. Thermal Spray Coating biasa digunakan untuk merepair komponen mesin agar tahan terhadap abrasive wear, fretting dan galling, sliding wear serta particle erosion. Bisa digunakan pada mesin-mesin compressor, pompa, steel roller, bearing bore, engine, drive shaft, dies dan lain-lain. Thermal Spray Coating adalah pilihan terbaik untuk menghemat biaya perawatan mesin karena memperpanjang usia komponen. Jenis-jenis Material Coating adalah : – Aluminium – Zinc – Cooper – Stainlles – Ceramic Oxide – Tunsten Carbide –

Chrome Steel – Babbit – Nickel Scope of metal spray – Pree Inspection for visual and dimention and run out check – Welding scratch area – Machining (under cutting) area to be coated – Cleaning & grid blasting process, – Metal Spray Process, – Machining to standard size – Final inspections submit report.

2.6.1 Mesin Arc Spray

Arc spray (kadang-kadang disebut sebagai *twin wire arc spray*) adalah proses yang menggunakan busur listrik untuk melelehkan kawat besi (*wire*). Logam cair kemudian disemprotkan dengan udara terkompresi untuk menciptakan aliran semprot yang mengaplikasikan lapisan ke permukaan yang disemprotkan. Pelapisan anti-korosi atau rekayasa dapat diterapkan dengan semprotan busur dan perubahan antara keduanya cukup sederhana. Sistem semprot busur umumnya dianggap mudah dioperasikan dan juga untuk mengotomatiskan. Metallisasi memiliki berbagai macam sistem busur semprot untuk aplikasi genggam / otomatis / robotic.

Arc Spray salah satu cara untuk proses recovery (pemulihan) struktur permukaan / lapisan substrate. Arc Spray merupakan proses pelapisan yang menggunakan sumber panasnya dari energi listrik. Bahan tambahannya berupa wire. Arus listrik yang dipakai yaitu arus searah (DC) dengan tegangan 30 V – 50 V. besarnya arus tergantung dari diameter wire yang dipakai 100 A hingga 300 A, karena setiap material kawat memiliki hambatan arus dan titik leleh yang berbeda – beda. Prinsip kerja Arc Spray yaitu dengan mengkonsletkan wire (kawat) yang disambung ke kutub positif (+) dengan wire yang disambungkan ke kutub negative (-) di gun, sehingga timbul hubungan pendek yang mengakibatkan melelehnya wire tersebut, bersamaan dengan itu partikel cair wire disemprotkan dengan angin bertekanan sehingga menempel ke permukaan substrate dan terjadi pengerasan untuk membentuk suatu lapisan, dan hal ini berlangsung terus-menerus.

Proses Arc Spray memiliki tingkat dan efisiensi penyemprotan yang tinggi sehingga dapat menjangkau permukaan substrate yang luas, suhu dibusur

penyemprot mencapai 5000 °C. kecepatan partikel terletak pada kisaran 100 m/s – 300 m/s. kombinasi busur suhu tinggi dan kecepatan partikel memberikan lapisan disemprot busur kekuatan ikatan unggul dan tingkat porositas yang lebih rendah. Atomisasi udara yang digunakan dalam proses semprot kawat busur. Keuntungan ketersediaan dan kompresi udara yang ekonomis. Dalam proses atomisasi semprot udara kawat-arc, oksida dari lapisan yang disemprot relatif tinggi karena oksidasi dari bahan kawat cair. Oksida seperti ini dapat meningkatkan kekerasan lapisan sehingga abrasi dan ketahanan aus pada lapisan ditingkatkan. Namun, kandungan oksida dapat juga merugikan karena sifat lapisan oksida dapat mengurangi kekuatan adhesi antara lapisan dan substrat. Juga partikel keras hasil oksidasi yang melekat pada lapisan disemprot memaksakan masalah selama proses permesinan.

Pada umumnya kecepatan partikel-partikel mempengaruhi tingkat adhesi dan porositas substrate, yang dimana tekanan udara disekitar 15 psi akan memberikan lapisan yang kasar karena memiliki butir yang kasar/besar dan pada tekanan 45-80 psi, permukaan mantel atau lapisan akan lebih halus karena struktur butir lebih kecil/halus. Kecepatan partikel dan suhu partikel menentukan struktur lapisan di instan dan dampak pad substrat.

Beberapa faktor yang menyebabkan suatu barang dilakukan Arc Spray :

1. Ketika mempunyai masalah pada bearing housing, roll, shaft atau part lainnya yang mengalami keausan yang harus distandarkan kembali dimensinya, namun untuk pembelian part baru jauh lebih mahal atau part yang akan diperbaiki material nya terbuat dari material yang mahal dan sayang untuk dibuang.
2. Ketika selalu direpotkan dengan maintenance karena life time part yang pendek. Hard facing (*ceramic coating, tungsten coating*) salah satu jawaban untuk menambah life time suatu part.
3. Ketika kita membutuhkan perlindungan karat yang lebih baik karena letak konstruksi yang lepas pantai (TSA coating) atau part yang susah dilepas dan beban yang berat, hanya perlu perbaikan lapisan yang korosi.

4. Dan aplikasi-aplikasi lainnya yang dibutuhkan untuk repair, modifikasi, perlindungan panas dan perlindungan korosi.

Arc Spray nama yang tertulis pada hand book mesin, namun dibengkel lebih lazim disebut dengan Metal Spray.

Mesin Arc spray ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu sebagai berikut :

1. Spray Gun
2. Power Supply
3. Control Console / Control Panel
4. Dan komponen pendukung lainnya



Gambar 2.1 Mesin Arc Spray

2.6.2 Komponen-Komponen Mesin Arc Spray

1. Spray Gun

Spray Gun berfungsi sebagai pengontrol laju ledakan wire dan sebagai pengatur laju udara (blower), dan berat spray gun 3-4kg. Gun juga berfungsi sebagai pengatur switch off dan switch on yang diatur tombol pada handle sebagai pengatur laju percikan api. Pada wire yang bermuatan masuk ke gun dan membentuk sudut sehingga bertemu pada satu titik dimana terjadi percikan atau ledakan.

Terdapat scroll laju percikan dan blower, apabila scroll diputar keatas akan terjadi percikan api beserta udara keluar dan bila diputar kebawah hanya akan

keluar uadar dan tidak terjadi percikan api, karena wire scroller bergerak keatas yang dimana fungsi wire scroller menekan dan meneruskan jalannya wire.

Pada bagian belakang gun terdapat kabel input yang terdiri dari :

- Empat saluran/selang udara
- Dua kabel listrik dengan dua muatan
- Dua saluran kawat (wire conduit)
- Niple gun 2 pasang



Gambar 2.2 Spray Gun Arc Spray

2. Power Suply

Power supply berfungsi sebagai konversi input listrik AC menjadi DC, memberikan arus listrik / tegangan DC yang sesuai dengan yang dibutuhkan, dapat menghasilkan arus listrik DC yang lebih merata, dapat mengendalikan arus listrik / tegangan agar tetap terjaga tetapi tergantung beban daya, dan perubahan kenaikan emperature kerja juga toleransi perubahan tegangan daya input, mencegah naiknya tegangan listrik (jika terjadi).

3. Wire

Wire adalah komponen penting pada *arc spray* proses, yang digunakan sebagai material pelapis, dalam hal ini proses arc spray tidak semua wire bisa digunakan. Karena wire yang digunakan hanyalah wire yang dapat

menghasilkan ledakan / percikan api dan wire yang memiliki gaya adhesi yang baik dan yang dapat digunakan. *TAFA Company* telah memproduksi wire yang baik bagi mesin arc spray.

Berikut data wire yang dipakai oleh perusahaan-perusahaan Arc Spray;

TABEL 2.4 WIRE PRODUKSI TAFA COMPANY

No	Wire Name	Material	Diameter	Spray Rate (/h/1000 A)	Applicatin Data
1	Al-1800	Nickel Alumunium Molybdenum	1/16 (1.6 mm)	10 lbs 4.5 kg	- Bond Coat - Oxidation, shock and Abration Resistance
2	Alcro	Iron chrome Alumunium	1/16 (1.6 mm)	10 lbs 4.5 kg	- Good for buildup - Excellent Wear Resistance
3	01T	Alumunium	1/16 (1.6 mm) 1/8 (3.2 mm)	6 lbs 2.8 kg	- Corrosian Protction - Electrical conductivity - aircraft approved

4	02W	Pure Tin	2 mm	50 lbs 22.7 kg	- Sputtering targets - Electrical contact - EMI/RFI shielding
5	02Z	Zinc	1/16 (1.6 mm) 2mm 1/8 (3.2 mm) 3/16 (4.8 mm)	21 lbs 9.5 kg	- Corrosion - EMI/RFI shielding - Electrical conductivity
6	05T	Copper	1/16 (1.6 mm) 1/8 (3.2 mm)	11 lbs 5.0 kg	- electric conductivity - copper reclamation - decorative coating
7	06T	Nickel	1/16 (1.6 mm)	10 lbs 4.5 kg	- corrosion protection at high temperatures
8	12T	Brass	1/16 (1.6 mm)	9 lbs 4.1 kg	- use where tin bronze is require - pump impellers - bronze casting
9	13T	Molybdenum	1/16 (1.6 mm) 1/8 (3.2 mm)	10 lbs 4.5 kg	- galling and scuffing resistance - aircraft approve

10	14T	Titanium	1/16 (1.6 mm)	3 lbs 1.4 kg	- medical implants
11	30T	Low carbon	1/16 (1.6 mm)	10 lbs 4.5 kg	- dimensional restoration of mismachined and worn parts.
12	38T	High Carbon	1/16 (1.6 mm)	10 lbs 4.5 kg	- reclamation - wear and erosion resistance - ID Fans
13	39 T	High Carbon Steel (1.0)	1/16 (1.6 mm)	10 lbs 4.5 kg	- excellent wear resistance - Harder than 38T
14	58T	Copper Nickel Indium	1/16 (1.6 mm)	10 lbs 4.5 kg	- fretting resistance - dense low oxide coatings - aircraft approve
15	60T	42o Stainless Steel	1/16 (1.6 mm) 1/8 (3.2 mm)	10 lbs 4.5 kg	-reclamation - low shrinkage allows thick buildups - good wear resistance - aircraft approve

16	85T	316 Stainless Steel	1/16 (1.6 mm)	10 lbs 4.5 kg	- corrosion protection - dimensional restoration
----	-----	---------------------	---------------	------------------	---

2.6.3 Komponen Sistem Udara Tekan

1. Air Compressor

Air compressor adalah mesin untuk menghasilkan udara yang bertekanan dengan cara memanfaatkan udara atau gas. Kompresor udara biasanya mengisap udara dari atmosfer. Dalam proses arc spray kompresor berfungsi sebagai penghasil udara yang digunakan gun menekan laju percikan / ledakan api. Tekanan yang dihasilkan bisa mencapai 1 Mpa, tetapi pada proses penyemprotan tekanan yang dipakai umumnya pada 45-80 psi.

2. Air Dryer

Alat ini berfungsi untuk mengurangi kandungan uap air (vapour) pada udara lembab, sehingga didapat udara kering.

3. Air Lubricant

Lubricator (pelumas) berfungsi dari menghilangkan debu/ uap yang masuk bersama udara, cairan, karat dan lumpur minyak yang melewati cincin kompresor. Lubricator mengompresi udara masuk dan udara yang mengandung uap akan memasuki tangki minyak dan mengembun jadi air. Karena perbedaan berat jenis antara air dan minyak, minyak mengapung diatas air. Maka didapat udara bersih bersamaan minyak sebagai pelumas keluar. Proses ini terus – menerus dan mengulangi sampai minyak hilang.

2.6.4 Keuntungan Menggunakan Thermal Spray

Arc Spray adalah salah satu solusi engineering untuk repair, modifikasi, perlindungan korosi, perlindungan panas. Sebagai solusi *engineering arc spray* mempunyai beberapa keuntungan antara lain :

1. Mengurangi cost maintenance hingga 70 % bila dibandingkan dengan pembelian part baru.(hal ini dapat dijelaskan, misalnya suatu part yang besar dan sulit dalam pembuatannya mengalami kerusakan bagian bearing atau seal area, apabila buat baru disamping harganya mahal juga waktu penyelesaian yang lama, dengan metal spray/arc spray masalah tersebut dapat diatasi dengan mudah dan cepat).
2. Memperbaiki sifat fisik material sehingga menambah lifetime dari suatu part. Modifikasi/hard facing misalnya diaplikasikan di shaft sleeve, dengan material ceramic dengan sifat ceramic yang keras akan menambah lifetime dari shaft tersebut. Dengan demikian dapat mengurangi cost maintenance dan lost time akibat kerusakan shaft tersebut).
3. Mengurangi waktu yang hilang (lost time) akibat kerusakan part, sebab metal spray dapat dilakukan dengan relative cepat dibanding dengan pembuatan part baru, hal ini akan mengurangi kerugian produksi akibat waktu hilang.
4. Tidak menimbulkan bending atau menimbulkan kerusakan ditempat lain.
5. Metal spray dapat diaplikasikan untuk perlindungan korosi yang diakibatkan dari oksidasi. Hal ini dapat diaplikasikan di konstruksi yang berada dipinggir laut, yang mana tempat tersebut sangat potensial terjadinya korosi, material yang umum dipakai yaitu alumunium dan zinc. Dengan spray alumunium atau zinc life time dari anti korosi ini jauh lebih lama dibanding dengan coating cat biasa, hal ini akan mengurangi cost perawatan konstruksi.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pemakaian metal spray/arc spray sangat menguntungkan dalam mengurangi biaya perawatan dan mengurangi lost time akibat kerusakan suatu part yang rusak.