BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asphalt Mixing Plant

Asphalt Mixing Plant / AMP adalah seperangkat peralatan mekanik dan elektronik dimana agregat dipanaskan, dikeringkan dan dicampur dengan aspal untuk menghasilkan campuran beraspal panas yang memenuhi persyaratan tertentu yang disebut hotmix atau laston.

Asphalt Mixing Plant / AMP dapat terletak di lokasi yang permanen atau berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Apabila ditinjau dari jenis cara memproduksi campuran beraspal dan kelengkapannya, ada beberapa jenis AMP, yaitu :

1. *Asphalt Mixing Plant* / AMP jenis takaran (batch plant)
   Pada *Asphalt Mixing Plant* / AMP jenis takaran/timbangan, komposisi bahan dalam campuran beraspal ditentukan berdasarkan berat masing-masing bahan. AMP jenis timbangan dilengkapi dengan saringan panas (*hot screen*), bin panas (*hot bin*), timbangan (*Weight hopper*), dan pencampur (*Pugmill/mixer*).
2. *Asphalt Mixing Plant* / AMP jenis drum pencampur (*drum mix*)
   Pada Asphalt Mixing Plant / AMP jenis pencampur drum, komposisi bahan dalam campuran ditentukan berdasarkan berat masing-masing bahan yang diubah ke dalam suatu volume atau dalam aliran berat per satuan waktu. Pada AMP jenis pencampur drum tidak ada saringan panas (*hot screen*), bin panas (*hot bin*), timbangan (*Weight hopper*), dan pencampur (*Pugmill/mixer*).
3. *Asphalt Mixing Plant* / AMP jenis menerus (*continuous plant*)

2.1.1 Komponen Asphalt Mixing Plant

Asphalt Mixing Plant terdiri dari beberapa komponen utama. Berikut Komponen *Asphalt mixing plant* beserta fungsinya :

1. Bin dingin (cold bin)

   Bin dingin (*cold bin*) merupakan bak tempat menampung material agregat dari tiap-tiap fraksi mulai dari agregat halus sampai agregat kasar yang diperlukan dalam memproduksi campuran aspal panas atau hotmix pada setiap bak masing-masing.tiap-tiap fraksi

agregat ditampung dalam masing-masing bak sendiri-sendiri. Alat ini mempunyai beberapa tempat penyimpanan seperti *storage bin*. Beberapa jenis *cold bin* mempunyai saringan di bagian pintu yang berfungsi untuk menyaring agregat yang tidak sesuai ukurannya.

2. Pengering (*Drum Dryer)*

   Drum Dryer berfungsi sebagai pemanas dan pengering agregat. Suhu agregat mempengaruhi suhu campuran. *Drum Dryer* bergerak berputar dan pada bagian dalamnya terdapat aliran gas yang berfungsi untuk mengeringkan agregat. Drum diletakkan miring dengan bagian ujung bawah terdapat pembakaran *(burner)* drum untuk pengering agregat.

3. Pengumpul debu (*Dust Collector)*

   Pengumpul debu (*Dust Collector*) merupakan tempat pengumpul debu yang dihasilkan dari proses pengeringan agregat. Alat pengumpul debu (*dust collector*) harus berfungsi sebagai alat pengontrol polusi udara di lingkungan lokasi AMP (*aspal mixing plant*). Gas buang yang keluar dari sistem pengering ditambah dengan dorongan kipas pengeluar (*exhaust fan*) akan dialirkan ke pengumpul debu. Alat pengumpul debu yang tidak berfungsi dengan baik akan menyebabkan terjadinya polusi udara, dan ini terlihat jelas dari adanya kotoran atau debu di pohon-pohon atau atap rumah di sekitar lokasi AMP (*Aspal Mixing Plant*). Pada PT. Bhakti Tama Persada yang digunakan adalah sistem pengumpul debu jenis basah (*wet scrubber dust collector*), debu yang terbawa gas buangan disemprot dengan air, sehingga partikel berat akan terjatuh ke bawah dan gas yang telah bersih keluar dari cerobong asap. Partikel berat tersebut kemudian dialirkan ke bak penampung (bak air). Jika pada bak air penampung terlihat jelaga yang mengambang dengan jumlah yang cukup banyak, maka hal ini menunjukkan terjadi pembakaran yang tidak sempurna pada pengering (*dryer*). Untuk mencegah hal yang tidak diinginkan maka dilakukan koreksi atau perbaikan pada pengering (*dryer*).

4. Elevator panas (*hot elevator*)

   Elevator panas (*hot elevator*) berfungsi sebagai pembawa agregat panas yang keluar dari silinder pengering atau *dryer* menuju saringan (ayakan) panas (*hot screening*) untuk dipisah sesuai ukuran agregat masing-masing.

5. Proses Pemisahan Agregat pada *Hot Screen*

   Agregat panas yang telah melalui proses pembakaran dari *dryer* selanjutnnya di bawa oleh *hot elevator* menuju ke atas *tower* untuk di lakukan pemisahan pada *hot screen*,

peroses pemisahan agregat ini adalah dengan cara gravitasi agregat dijatuhkan pada ayakan/*screen* yang dirancang sedikit miring agar dapat mengayak atau memisahkan agregat sesuai dengan ukurannya masing-masing. Pada *screen* dilengkapi alat bantu yaitu *vibrator* yang berfungsi untuk menggetarkan ayakan agar terjadi ayakan yang optimal. Agregat yang telah disaring/dipisahkan berdasarkan ukurannya kemudian masuk pada unit *hot bin* guna untuk menampung sementara agregat yang akan masuk pada timbangan.

6. Bin Panas (*hot bin)*

Bin panas atau *hot bin* adalah tempat penampungan agregat panas yang telah lolos dari saringan panas. Agregat panas yang lolos penyaringan tersebut akan mengisi tempat masing-masing sesuai dengan fraksi atau ukuran agregatnya.

7. Penampung bahan pengisi (*filler storage*)

Filler merupakan salah satu bahan aspal hotmix. Pada *filler storage* tersebut disimpan bahan pengisi (*filler*) sebelum diolah menjadi aspal hotmix.

8. Unit Pengontrol Aspal

Unit pengontrol aspal merupakan alat yang terletak pada tangki timbangan aspal untuk mengontrol pemasokan aspal menuju alat pencampur *(pugmill).*

9. Timbangan

Timbangan adalah alat yang digunakan untuk menakar/menimbang jumlah masing-masing agregat sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan, proses penimbanga dilakukan dengan sistem komputerisasi/otomatis. sebelum timbangan digunakan timbangan telebih dahulu dikalibrasi agar hasil timbangan dapat akurat biasanya timbangan dikalibrasi dengan bobot teringanya 10 kg, ini dikarenakan berat jenis dari agregat yang terlalu tinggi sehingga timbangan tidak akan akurat/ tidak dapat membaca apabila agregat yang ditimbang di bawah 10 kg.

Faktor-faktor penting pada unit timbangan agregat yang perlu mendapat perhatian antara lain sebagai berikut :

1. Kalibrasi timbangan.
2. *Weigh box* tergantung bebas.
3. Kontrol harian terhadap kinerja operator AMP (*aspal mixing plant*).

10. Alat Pencampur (*Mixer)*

Mixer adalah alat untuk proses pencampuran dimana agregat yang telah dipanaskan dan telah melalui timbangan ditakar sesuai dengan komposisi yang diinginkan selanjutnya dituangkan kedalam *mixer* dengan membuka pintu bin panas menggunakan sistem hidrolik yang dikendalikan secara otomatis/manual.

Proses pencampuran pada *mixer* adalah proses pencampuran antara agregat panas, aspal, dan filler dengan suhu ± 150^0C cara pengadukan dilakukan dengan memutar poros pengaduk dengan menggunakan motor listrik lama pengadukan antara 30-40 detik pengadukan dengan kapasitas 1,3 ton/ 30-40 detik setelah itu agregat yang telah sehomogen mungkin dicampurkan maka akan dituang langsung ke dalam truk pengankut dengan cara membuka pintu bukaan yang ada pada bagian bawah *mixer* dengan *control* hidrolik. Campuran aspal beton yang telah keluar dari *mixer* ini bersuhu ± 150^0C dan setiap jamnya suhunya akan berkurang ± 2.5 - 5^0C

2.1.2 Cara Kerja Asphalt Mixing Plant

Asphalt Mixing Plant merupakan metode mencetak benda kerja dengan cara membakar bahan baku berupa batu pecah/Agregat kemudian di tambahkan bahan baku pengikat berupa aspal agar agregat menjadi satu padu, kuat, dan tahan terhadap perubahan cuaca. Awal proses pembuatan aspal berupa menampung bahan baku berupa batu pecah pada *Cold Agregate Suplply System*. pada *cold bin* Agregat/batu pecah di tampung pada tiap-tiap bak penampung dengan ukuran sendiri-sendiri, setelah itu menuju corong tuang (*hopper)* untuk menimbang berat agregat panas lalu dikeringkan dengan *Dryer* tujuannya untuk menghilangkan kadar air yang harus seminim mungkin karena kalau tidak, akan berpengaruh pada pencampuran aspal nantinya. Selanjutnya terdapat *Dust Collector (*Pengumpul Debu) yang berfungsi untuk menampung gas buangan yang keluar dari *Dryer*. Kemudian melewati *Hot elevator* yang berfungsi untuk membawa agregat menuju ayakan. Lalu agregat di pisahkan pada *hot screen* menggunakan ayakan yang dirancang sedikit miring dengan di lengkapi *vibrator* yang berfungsi untuk menggetarkan ayakan agar ayakan bisa optimal. Agregat yang telah disaring berdasarkan ukuranya kemudian masuk pada unit *hot bin* untuk menampung sementara agregat yang akan masuk pada timbangan.

Setelah agregat di timbang sesuai komposisi yang diinginkan, Selanjutnya agregat di panaskan dan yang terakhir proses pencampuran pada *mixer* yaitu dengan mencampur antara agregat panas, aspal, dan filler dengan suhu ± 150^0C. Cara pengadukan dilakukan dengan memutar poros pengaduk

dengan menggunakan motor listrik, lama pengadukan antara 30-40 detik dengan pengadukan berkapasitas 1,3 ton/ 30-40 detik. Setelah agregat yang telah dicampurkan kemudian dituangkan langsung kedalam truk pengangkut dengan cara membuka pintu bukaan yang ada pada bagian bawah *mixer*.

2.2 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan atau pemeliharaan (*Maintenance*) adalah konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas/mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya (Mustajib, 2013:2)

Sedangkan menurut Ebeling dalam Mustajib (2013:2) mendefinisikan perawatan sebagai bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mengembalikan item atau mempertahankannya pada kondisi yang selalu dapat berfungsi.

Perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima (Corder dalam Zachroni, 2003:17)

Dari pendapat tersebut diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa perawatan adalah berbagai usaha yang dilakukan secara berkelanjutan untuk menjaga alat atau mesin berada pada kondisi siap untuk dioperasikan dan meminimalkan kerusakan sehingga produktivitas mesin juga meningkat.

2.2.1 Tugas Dan Aktivitas Maintenance

Menuruti (Assauri, 2008) mendefinisikan tugas dan aktivitas maintenance meliputi :

1. Kegiatan Inspeksi (*inspection)*
   Kegiatan inspeksi meliputi pengecekan secara berkala bangunan dan peralatan pabrik sesuai rencana. Maksud dari kegiatan inspeksi ini untuk mengetahui apakah perusahaan selalu mempunyai peralatan atau fasilitas produksi yang baik untuk menjamin kelancaran proses produksi.
2. Kegiatan Teknik (*Engineering)*
   Meliputi kegiatan percobaan peralatan yang baru dibeli, serta melakukan penelitian terhadap kemungkinan pengembangan peralatan atau komponen yang perlu diganti. Dalam kegiatan ini dipelajari spesifikasi mesin dan usaha-usaha agar mesin bekerja lebih efektif dan evisien.

3. Kegiatan Produksi (*Production)*
   Melaksanakan pekerjaan yang disarankan dalam kegiatan inspeksi dan teknik, melaksanakan service maka kegiatan proses produksi dapat berjalan dengan lancar.
4. Kegiatan Administrasi (*Clerical Work)*
   Berhubungan dengan komponen yang dibutuhkan progress report tentang apa yang direncanakan dan juga mencatat biaya yang dikeluarkan dalam melakukan pekerjaan yang berhubungan dengan maintenance, penyusunan jadwal kapan suatu mesin harus diperiksa, diminyaki, diservice dan direparasi.
5. Kegiatan pemeliharaan bangunan (*Housekeeping)*
   Menjaga dan merawat bangunan, juga melakukan pembersihan terhadap ventilasi dan kotoran agar bangunan terpelihara dan lebih nyaman untuk ditempati.

2.2.2 Jenis Perawatan

Menurut Kurniawan (2013:33) menyatakan bahwa perawatan di bagi menjadi beberapa jenis. Adapun beberapa jenis perawatan sebagai berikut:

1. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)
   Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi menjadi kerusakan pada saat digunakan dalam berproduksi.
2. Perawatan Koreksi (*Breakdown/corrective Maintenance)*
   a) *Corrective Maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan pada peralatan sehingga peralatan tidak berfungsi dengan baik.
   b) *Breakdown Maintenance* merupakan kegiatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan dan untuk memperbaikinya tentunya kita harus menyiapkan suku cadang dan perlengkapan lainya untuk pelaksanaan kegiatan tersebut.
3. Perawatan Berbasis Kondisi (*Condition-based Maintenance)*
   Perawatan berbasis kondisi dilakukan dengan cara memantau kondisi parameter kunci peralatan yang akan mempengaruhi kondisi peralatan. Strategi perawatan ini dikenal dengan istilah *Predictive Maintenance.*

4. Perawatan Penghentian (*Shutdown Maintenance)*

Perawatan Penghentian (*Shutdown Maintenance)* merupakan suatu perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan yang memusatkan pada bagaimana mengelola periode penghentian fasilitas produksi.

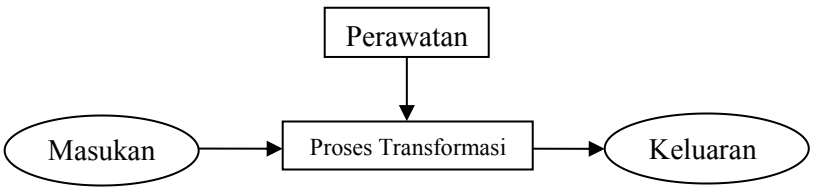
2.2.3 Tujuan Perawatan

Adapun tujuan dari diadakanya perawatan mesin secara umum menurut Kurniawan (2013:1) antara lain :

1. Mengatasi segala permasalahan, yang berkenaan dengan kontinuitas aktivitas produksi.
2. Memperpanjang umur pengoperasian peralatan dan fasilitas industri.
3. Meminimasi *Downtime,* yaitu waktu selama proses produksi terhenti (waktu menunggu) yang dapat mengganggu kontinuitas proses.
4. Meningkatkan efisiensi sumber daya produksi.
5. Peningkatan profesionalisme personil departemen perawatan industri.
6. Meningkatkan nilai tambah produk, sehingga perusahaan dapat bersaing di pasar global.
7. Membantu para pengambil keputusan, sehingga dapat memilih solusi optimal terhadap kebijakan perawatan fasilitas industri.
8. Melakukan perencanaan terhadap perawatan preventife, sehingga memudahkan dalam proses pengontrolan aktivitas perawatan.
9. Mereduksi biaya perbaikan dan biaya yang timbul dari terhentinya proses karena permasalahan keandalan mesin.

2.2.4 Hubungan Perawatan dengan Sistem Produksi

Dalam industri dikenal istilah produk yang merupakan hasil dari suatu proses secara terputus maupun secara berkesinambungan, proses tersebut membuat suatu sistem yang saling terkait. Sistem tersebut dinamakan sistem produksi yang merupakan sarana untuk mengubah sumber daya seperti manusia, peralatan menjadi barang atau jasa yang bermanfaat (Sudrajat 1998 dalam Lokajaya 2016:6).



Gambar 2.2 Hubungan antara perawatan dengan sistem produksi

2.3 Total Productive Maintenance

Total Productive maintenance (TPM) merupakan sebuah pendekatan yang bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas dari suatu fasilitas yang digunakan dalam bisnis. Tidak hanya ber fokus pada maintenance, tetapi mencakup semua aspek operasi dan instalasi fasilitas tersebut dan dapat memotivasi orang-orang yang bekerja di dalam perusahaan. TPM adalah suatu pendekatan inovatif terhadap maintenance yang mengoptimalkan keefektifan mesin, mengeliminasi *breakdown,* dan perawatan mandiri yang dilakukan oleh operator mesin. Tujuannya adalah untuk meningkatkan produksi serta meningkatkan moral tenaga kerja dan kepuasan kerjanya (Nakajima, 1988).

Tujuan utama dari TPM adalah *zero breakdown* dan *zero defect*. Apabila kerusakan dapat dihilangkan maka dapat meningkatkan tingkat pengoperasian alat, ongkos menurun, produktivitas tenaga kerja meningkat, dan *inventory* dapat dikurangi. Implementasi TPM ini dapat menghemat biaya yang cukup besar dengan meningkatkan produktivitas dari mesin atau peralatan. Ketika dalam satu line produksi terdapat satu peralatan/mesin yang mengalami *breakdown,* maka akan berdampak pada proses keseluruhan. Mesin selalu mengalami *breakdown* dari waktu ke waktu dan salah satu tujuan dari TPM adalah mengeliminasi breakdown.

Total Productive Maintenance adalah konsep pemeliharaan yang melibatkan seluruh pekerja yang bertujuan mencapai efektifitas pada seluruh sistem produksi melalui partisipasi dan kegiatan pemeliharaan yang produktif, proaktif, dan terencana. TPM sesuai dengan namanya terdiri dari tiga suku kata yaitu:

a. Total, artinya bahwa TPM mempertimbangkan aspek dan melibatkan seluruh personil yang ada, mulai dari tingkatan atas hingga kejajaran bawah.
b. *Productive,* menitikberatkan pada segala usaha untuk mencoba melakukan pemeliharaan dengan kondisi produksi tetap berjalan dan meminimalkan masalah-masalah yang terjadi diproduksi pada saat pemeliharaan dilakukan.
c. *Maintenance,* memelihara dan menjaga peralatan secara mandiri dilakukan oleh operator produksi agar kondisi peralatan tetap bagus dan terpelihara dengan jalan membersihkanya, melakukan pelumasan dan memperhatikannya.

2.3.1 *Overall Equipment Effectiveness*

OEE adalah suatu nilai yang disajikan dalam bentuk rasio antara output actual dibagi dengan output maksimum dari peralatan yang digunakan

dalam kondisi kinerja terbaik. OEE bertujuan untuk menghitung efektivitas dan performansi dari suatu mesin atau proses produksi. Dengan menghitung OEE, maka dapat diketahui 3 komponen penting yang mempengaruhi efektivitas mesin yaitu, *availability* atau ketersediaan mesin, *performance rate* atau efisiensi produksi, *Quality rate* atau kualitas output mesin. Standar dunia untuk masing-masing faktor berbeda-beda. Berikut adalah standar dunia dari masing-masing variabel (Vorne Indusri Inc, 2016):

Availability	**90%**
Performance	**95%**
Quality	**99%**
Overall Equipment Efectiveness	**85%**

Gambar 2.3 *World class OEE*

Hubungan dari ketiga komponen tersebut dapat dilihat pada rumus berikut ini (Nakajima, 1988):

OEE = Availability x Performance Rate x Quality Rate

2.3.1.1 *Availability*

Availability adalah rasio yang menunjukkan waktu yang tersedia untuk mengoperasikan mesin. *Availability* mempertimbangan berbagai kejadian yang dapat menghentikan proses produksi yang sudah direncanakan sebelumnya. Dalam menghitung *availability,* diperlukan data operation time yaitu lamanya waktu proses produksi bagi mesin untuk menghasilkan *output*. *Operation time* didapatkan dari loading time atau kapasitas waktu yang tersedia untuk mesin berproduksi dikurangi dengan waktu *downtime*. *Loading time* sendiri didapatkan dari *running time* atau jumlah jam kerja untuk proses produksi dikurangi dengan *downtime* yang telah direncanakan seperti istirahat, *set up* dan lain sebagainya.

$$Availability = \frac{Operation\ time}{Loading\ time}\ x\ 100\%$$

Dimana : *operation time = Loading time – downtime*

Loading time = Running Time – Planned Downtime

2.3.1.2 Performance Rate

Kemampuan suatu fasilitas untuk efektif dalam suatu operasi ditunjukkan dengan tingakt kecepatan operasi (*Operating speed rate)* dan

tingkat keuntungan operasi (*Net Operation Rate)* , dimana besarnya *operating speed rate* adalah :

$$\textbf{Operating speed rate} = \frac{\textbf{Theoritical cycle time}}{\textbf{Actual cycle time}}$$

Dimana :

Operating speed rate : Tingkat kecepatan Operasi

Theoretical cycle time : Waktu siklus teoritis atau yang diharapkan

Actual Cycle time : Waktu siklus nyata atau yang terjadi

Besarnya Net Operation rate adalah :

$$\textbf{Net Operation rate} = \frac{(\textbf{processed amount})(\textbf{actual cycle time})}{\textbf{Operating time}}$$

Dimana :

Net operating rate : Tingkat keuntungan operasi

Processed amount : Nilai proses yang mengacu pada jumlah item yang diproses

Actual cycle time : Waktu siklus nyata atau yang terjadi

Operating time : Waktu operasi

2.3.1.3 Quality Rate

Quality rate merupakan perbandingan antara produk yang baik dibagi dengan jumlah total produksi. Jumlah produk yang baik ini didapatkan dengan mengurangkan jumlah produksi dengan jumlah produk defect atau cacat. Kemudian setelah itu diubah medalam bnetuk persentase

$$Quality\ rate = \frac{Jumlah\ produksi - \text{Produk defect}}{Jumlah\ Produksi}\ x\ 100\%$$

2.4 Analisis Trend

Trend adalah sekumpulan data historis yang membentuk deret berkala *(time series)* dan menggambarkan pergerakan pertumbuhan atau penurunan. Model pergerakan tersebut bisa berupa garis lurus atau parabolik yang menaik atau menurun.

Langkah-langkah menentukan model trend:

1. Menentukan pola data

   Penggambaran grafik data historis yang dimiliki dapat dianalisis secara kasar pola data historis yang dimiliki.

2. Pemilihan model trend yang sesuai

   Setelah dilakukan pola data historis secara kasar, selanjutnya dilakukan penentuan trend yang terbaik dengan metode kuadrat terkecil. Metode ini menghitung nilai rata-rata kesalahan kuadrat terkecil. Nilai kesalahan secara matematis dirumuskan sebagai $e_t = c(t) - c(t)'$ di mana **c(t) adalah nilai data historis** dan **c(t)' adalah nilai dari model trend yang dipilih**. Rumus perhitungan kesalahan tersebut sebagai berikut. (Sugiarto, 2000) :

   $$\textit{Mean Square Error (MSE)} = \frac{\sum_{t=1}^{n} (c(t)-c(t)')^2}{n} \quad \text{.....(1)}$$

   Beberapa bentuk model trend sederhana yang dapat dipilih adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Beberapa model trend linier dan non linier

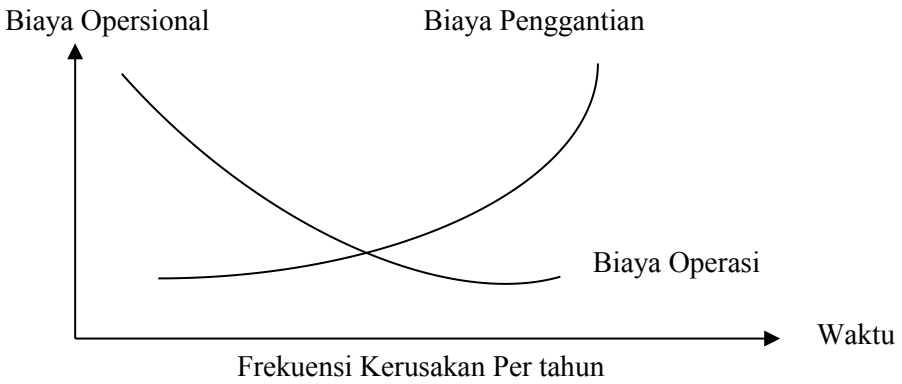
Model	**Transformasi**	**Model Linear**
Linier $C(t)' = a + bt$	-	$C(t)' = a + bt$
Kuadratik $C(t)' = a + bt + ct^2$	-	$C(t)' = a' + b't + c't^2$
Eksponen $C(t)' = ab^t$	C(t)'=Log c(t); a=Log a;b=Log b	Log c(t)'=log a + t log b

Di mana nilai a,b,c dapat dihitung dari eliminasi persamaan normal berikut (sudjana, 2001):

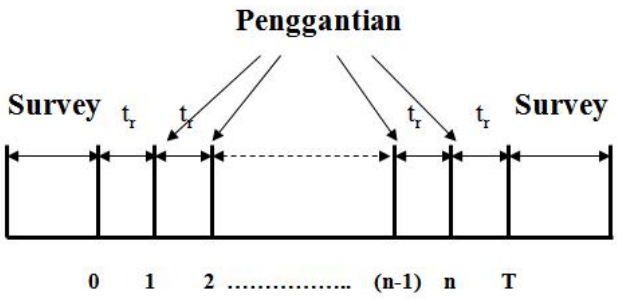
$$\left.\begin{aligned} &\sum c(t) = na + b\sum t + c\sum t^2 \\ &\sum \boldsymbol{t\,c(t) = a\sum t + b\sum t^2 + c\sum t^3} \\ &\sum t^2 c(t) = a\sum t^2 + b\sum t^3 + c\sum t^4 \end{aligned}\right\} \quad \text{.....(2)}$$

2.5 Waktu Penggantian Optimal Berdasarkan Biaya Operasional

Dari waktu ke waktu misalnya secara tahunan, sebagian besar survei penggantian fasilitas sesuai dengan kebutuhan. Diantara waktu survei tersebut biaya operasi yang dibutuhkan oleh suatu fasilitas semakin meningkat, seiring dengan keadaan beberapa komponen dari fasilitas tersebut yang semakin aus (semakin memburuk). Komponen yang semakin aus tersebut harus diganti, sehingga dapat menurunkan biaya operasi. Biaya penggantian yang diperlukan meliputi biaya pembelian komponen dan ongkos penggantian. Serta ada keseimbangan antara biaya yang digunakan untuk penggantian dan keuntungan yang didapatkan melalui pengurangan biaya operasi. Sehingga menurut (Jardine, 1973) dapat ditentukan waktu penggantian optimal yang pada giliranya meminimalkan biaya operasi dan biaya penggantian dalam satu tahun yang digambarkan pada grafik berikut:



Gambar 2.4 Grafik Hubungan antara biaya penggantian dan Operasional



Gambar 2.5 Diagram waktu antar penggantian

Dimana :

$c(t)$: biaya operasi per unit waktu pada waktu t setelah penggantian

C_r : biaya penggantian

t_r : interval waktu antar penggantian yang optimal dalam interval waktu (0,T)

Tujuan waktu antar penggantian yang optimal adalah untuk meminimalkan biaya operasi dan biaya penggantian.

Biaya Total antar survey menjadi fungsi dari waktu interval antar penggantian, dan dilambangkan sebagai $C(t_r)$, sehingga :

$C(t_r)$ = Biaya penggantian antar survey + Biaya operasi antar survey

Biaya penggantian antar survey = Jumlah penggantian antar survey x Biaya per penggantian

$= nC_r$

Biaya operasi antar survey = Biaya operasi setiap interval antar penggantian x Jumlah interval antar survey

$= \int_0^{t_r} c(t)dt \, x(n+1)$

Sehingga : $C(t_r) = nC_r + (n+1)\int_0^{t_r} c(t)dt$ **…….....……(3)**

Karena n adalah fungsi dari t_r, maka letakkan n dalam t_r

$(n+1)t_r = T$, sehingga $n = \frac{T}{t_r} - 1$

Disubstitusikan dalam persamaan (1), didapatkan :

$$C(t_r) = \frac{TC_r}{t_r} - C_r + \frac{T}{t_r}\int_0^{t_r} c(t)dt \quad \text{.....(4)}$$

Untuk mendapatkan biaya total yang minimal, persamaan (4) di turunkan t_r terhadap

Dan biaya total sama dengan 0, yaitu : $\frac{d\,C(t_r)}{d\,t_r} = 0$ .....(5)

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai manajemen perawatan telah banyak dilakukan pada perusahaan di Indonesia serta manfaat perawatan pencegahan sudah dibuktikan dari beberapa penelitian yang dilakukan oleh :

1. Zachroni J.W. Noor (2003) dengan penelitian berjudul Analisa Tingkat Efektivitas Sistem Perawatan Guna Penerapan Produktivitas Perawatan Total (TPM) PT. Tambang Batubara Bukit Asam (Persero) Tbk. Obyek penelitian yang digunakan yaitu pada mesin Forming dengan tujuan untuk mengetahui berapa tingkat efektivitas dari perawatan yang selama ini dilakukan. Kesimpulam dari penelitian yang dilakukan yaitu apabila terjadi penurunan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan oleh bagian maintenance akan menimbulkan penurunan tingkat efektifitas suatu mesin.

2. Bayu Huda Kurniawan, Muhammad Yusuf, dan Cyrilla Indri Parwati (2017) dalam jurnal Rekavasi Volume 5 Nomer 2, Desember 2017 dengan penelitian berjudul Evaluasi Perawatan Mesin dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada CV. Julang Marching. Penelitian ini menyimpulkan bahwa masih banyak tindakan *Preventive Maintenance* yang tidak sesuai dengan komponen kritis dari perhitungan RPN yaitu pada mesin pemotong, mesin bubut dan mesin Frais. Tindakan perawatan yang tepat adalah untuk memasukkan komponen kritis yang belum masuk dalam kategori tindakan *Preventive Maintenance.*

3. Sanjaya dan Mutmainah (2016) dalam Jurnal Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah jakarta, November 2016 dengan penelitian berjudul Analisis Perawatan Mesin Press 80 Ton Pada Lini P3c03 3&4 Dengan metode TPM (Total Productive Maintenance) Di Pt. Xyz. Dilakukan perhitungan nilai efektivitas penggunaan mesin dengan menggunakan metode OEE (Overall Equipment Effectivities) tidak tercapai dengan hasil aktual sebesar 50.57% dan target standar internasional sebesar 85%. Nilai OEE tidak tercapai tersebut dianalisis dengan menggunakan metode six big losses ditemukanlah permasalahannya yaitu lamanya waktu loss time die gompal akibat proses *repair* sebagai pareto terbesar. Kemudian untuk mengetahui penyebab utama lamanya waktu *repair die* gompal, maka digunakan metode diagram *fishbone* dengan hasil yaitu Faktor metode waktu perawatan yang kurang optimal & Faktor mesin/peralatan yaitu desain *die* (alat cetak/potong) yang kurang efektif berkaitan dengan waktu *repair die*. Dari permasalahan ini dilakukan perhitungan dengan interval waktu penggantian/perawatan dengan metode *age replacement* dan didapat waktu penggantian/perawatan setiap 380 menit & 1900 unit. Kemudian untuk mengurangi lamanya waktu *repair*, dilakukan modifikasi peralatan *die* dengan membaginya menjadi 2 (dua) yaitu *die & die holder*.

4. Agil Septiyan Habib (2012) dengan penelitian berjudul Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) sebagai pedoman perbaikan Effektivitas Mesin *CNC Cutting* (Studi Kasus : PT Alstom Power Energy System Indonesia). Objek penenlitian yang digunakan adalah mesin *CNC Cutting*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa besaran nilai dari *availability rate* adalah 84,9%, *Performance Rate* sebesar 72,9%, *Quality Rate* sebesar 100% dan OEE sebesar 61,8%. Penyebab belum optimalnya nilai OEE mesin di kaji lebih lanjut dengan menggunakan tools seperti RCA (*Root Cause Analysis*), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), dan AHP (*Analytical Hierarchy Process*).

5. Ach. Basir (2018) dengan penelitian berjudul Analisis Waktu Perawatan Alat Berat *Reach Stacker* Di Pt. Mitra Dharma Laksana Surabaya. Obyek penelitian yang digunakan yaitu pada *Reach Stacker*. Hasil dari penelitian ini berupa Penjadwalan yang diusulkan yaitu

preventive maintenance dengan metode *age replacement* dan metode distribusi untuk mengetahui downtime unit *reach stacker.* Penjadwalan yang diusulkan dapat mengurangi downtime pada unit *reach stacker,* sehingga tidak menghambat dan menganggu jadwal bongkar muat, dan menghasilkan penjadwalan waktu perawatan untuk sensor 12 kali/tahun, untuk penjadwalan waktu perawatan sliding plate 9 kali/tahun.

6. Anwar, Syukriah, dan Muslem (2016) dalam jurnal Indutrial Engineering Volume 5 Nomer 2, September 2016 dengan judul penelitian Analisis *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dalam Meminimalisir *Six Big Losses* Pada Mesin Produksi di UD. Hidup Baru. Penelitian ini menyimpulkan bahwa nilai OEE tertinggi berada pada bulan Maret sebesar 58,35 % dan terendah berada pada bulan Februari sebesar 43,64 %. Kondisi yang terjadi pada bulan Februari adalah jumlah produksi yang kurang maksimal sebesar 130 ton meskipun *operating time* lebih besar. Pada bulan Februari, perusahaan belum dapat memaksimalkan *operating time* dengan jumlah produksi yang seharusnya. Hal ini mengakibatkan nilai *performance* mesin turun sebesar 50,75 %. Sedangkan pada bulan Maret, perusahaan lebih mampu memaksimalkan hasil produksi sebesar 150 ton. Berdasarkan hasil analisa FMEA diperoleh berbagai permasalahan dan akibat yang ditimbulkan oleh mesin. Tindakan yang harus dilakukan untuk meminimalkan kerusakan pada pres 2 yaitu dibutuhkannya suatu alat kontrol berupa sensor cahaya dan alarm yang berfungsi untuk mendeteksi sejak dini terhadap perubahan sistem kerja dan dapat diusulkan agar perusahaan lebih memprioritaskan tindakan pemeliharaan mesin secara berkala (preventive maintenance).

7. Eka Nur Indah Sari (2018) dengan penelitian berjudul Perencanaan Penjadwalan *Maintenance* Mesin *Asphalt Mixing Plant* untuk Meningkatkan Efektivitas Mesin (Studi Kasus Pada PT. Bhakti Tama Persada). Objek penelitian yang digunakan adalah mesin *Asphalt Mixing Plant.* Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui kebijakan perawatan mesin *Asphalt Mixing Plant* selama ini apakah sudah efektif dan untuk merencanakan kebijakan perawatan mesin *Asphalt Mixing Plant* agar biaya perawatan minimal.