

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Peralatan *Coal Washing Plant*

Peralatan *Coal washing plant* secara garis besar nampak dalam gambar dibawah ini, komponen penting dari *coal washing plant* adalah *crushing system*, *coal handling*, *coal waste*, *compressor* udara, tersedianya air dan pengolahan air.



Gambar 2.1. *coal washing plant*

#### 2.1.1 *Belt Conveyor*

*Belt conveyor* atau konveyor sabuk adalah pesawat pengangkut yang digunakan untuk memindahkan muatan dalam bentuk satuan atau tumpahan, dengan arah *horizontal* atau membentuk sudut dakian/*inklinasi* dari suatu sistem

operasi yang satu ke sistem operasi yang lain dalam suatu line proses produksi, yang menggunakan sabuk sebagai penghantar muatannya. *Belt Conveyor* pada dasarnya merupakan peralatan yang cukup sederhana. Alat tersebut terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat. Sabuk yang digunakan pada *belt conveyor* ini dapat dibuat dari berbagai jenis bahan misalnya dari karet, plastik, kulit ataupun logam yang tergantung dari jenis dan sifat bahan yang akan diangkut (*Zainuri, ST, 2006*).

*Belt Conveyor* (konveyor sabuk) memiliki komponen utama berupa sabuk yang berada diatas *roller-roller* penumpu. Sabuk digerakkan oleh motor penggerak melalui suatu *pulley*, sabuk bergerak secara translasi dengan melintas datar atau miring tergantung kepada kebutuhan dan perencanaan. Material diletakkan diatas sabuk dan bersama sabuk bergerak kesatu arah. Pada pengoperasiannya *conveyor* sabuk menggunakan tenaga penggerak berupa motor listrik dengan perantara roda gigi yang dikopel langsung ke puli penggerak. Sabuk yang berada diatas *roller-roller* akan bergerak melintasi *roller-roller* dengan kecepatan sesuai putaran dan puli penggerak.

Ada beberapa pertimbangan yang mendasari dalam penelitian pesawat pengangkut :

- 1) Karakteristik pemakaian, hal ini menyangkut jenis dan ukuran material, sifat material, serta kondisi medan atau ruang kerja alat.
- 2) Proses produksi, mengangkut kapasitas perjam dari unit, kontinuitas pemindahan, metode penumpukan material dan lamanya alat beroperasi.
- 3) Prinsip-prinsip ekonomi, meliputi ongkos pembuatan, pemeliharaan, pemasangan, biaya operasi dan juga biaya penyusutan dari harga awal alat tersebut.

Berdasarkan pertimbangan diatas maka dipilihnya *belt conveyor* sebagai pesawat pengangkut yang paling sesuai untuk mengangkut batubara dalam proses produksi *coal washing plant*.

### 2.1.2 Mesin Pemecah Batubara (*Crusher*)

*Crusher* (penghancur) adalah mesin yang digunakan untuk menghancurkan material dari ukuran besar menjadi ukuran kecil. Mesin *crusher* dapat digunakan untuk berbagai material seperti : batu, batu bara (*coal*), *phosphat*, urea, kayu, plastik, pupuk dan macam-macam bahan lainnya.

Sistem yang digunakan ada beberapa macam tergantung dari jenis material dan ukurannya. Diantaranya adalah :

1. *Bradford bracker*

Mesin berbentuk seperti drum atau silinder yang dapat berputar dan dapat berfungsi sebagai peremuk dan ayakan (*screening*). Amerika Serikat sampai sekarang masih memakai alat jenis ini pada proses preparasi batubara mentah dengan kualitas bagus yang sedikit kandungan abunya. Di Jepang juga alat ini masih dipakai pada penanganan batubara kerakal. Dengan ukuran diameter silinder 2-3,6 m panjang silinder 5-6 m, jumlah putaran/menit 10-11 kali, kapasitas pengolahan perjam 50-80 ton dengan daya atau kapasitas listrik 22-24 kw.

2. *Impact crusher*

Mesin ini menggunakan benturan (*impact*) sebagai mekanisme peremukannya tipenya ada berbagai macam, mesin ini sangat *representative* dibanding mesin yang lain karena dapat menghasilkan produk yang *relative* ideal sehingga memudahkan dalam hal pengangkutan dan pemakaian. Mesin ini mempunyai rasio peremukan yang besar yakni 7:1, 10: 1. Hanya saja berat baja (*liner*) yang berfungsi sebagai pemukul dan plat penerima sering mengalami keausan sehingga mesin ini termasuk mesin yang butuh biaya pemeliharaan yang tinggi. Ada 2 tipe mesin *repressible hammer mill* dan *impact crusher*.

### 3. *Roll crusher*

- a. *Double roll crusher* berfungsi melakukan peremukan dengan cara menjepit benda yang hendak diremukkan diantara satu buah *roller* yang dikenal dengan sebutan *crushing roll*.

Alat ini terdiri dari 2 silinder (*roller*) dengan sumbu yang sejajar pada bidang horizontal yang sama kedua *roller* berdekatan lalu berputar dengan arah putaran berlawanan kemudian batubara mentah diumpun masuk akan dijepit diantara dua *roller*, akibat tekanan yang kuat akhirnya batubara mentah remuk dan jatuh kedalam *roller truk* ke penampungan.

Keunggulan *double roll crusher* :

- Tidak mudah terjadi peremukan atau perumusan secara berlebihan.
- Jarang terjadi penyumbatan pada ruang peremukan.
- Preparasi mudah dilakukan.

Kekurangan *double roll crusher* :

- Proses peremukan hanya berlangsung pada sebagian kecil dari seluruh badan *rolter* yang besar.

- b. *Single roll crusher* adalah *double roll crusher* yang didesain mempunyai 1 *roller* saja dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas pengolahan batubara/ satuan luas. Kekurangannya sering terjadi penyumbatan terhadap partikel yang mudah melengket.

### 4. *Jaw crusher*

Adalah alat atau contoh paling umum mesin peremuk dengan bentuk dan mekanisme yang sederhana untuk melakukan peremukan batuan yang mengandung mineral dengan cara menjepit diantara dua buah plat (rahang tetap dan rahang ayun) atau *swing jaw*, lalu dihancurkan dengan gaya tekan remuk.

Kegunaannya untuk menyeragamkan ukuran butir batubara mentah, untuk meremukkan batu buangan sebelum dibuang dengan *belt conveyor*.

Alat tersebut ada 2 tipe :

- a. *Type blake*, bila titik tumpuan ada diatas.
- b. *Type dodge*, bila titik tumpuan ada dibawah.

Prinsip Kerja *jaw crusher*, sudut yang dibentuk oleh dua buah rahang disebut *nip angle* dan besarnya antara 28-30 j. bila sudut ini terlalu besar batubara mentah yang baik, akan selalu terpental atau lari ke atas, perbandingan antara ukuran partikel sebelum dan sesudah peremukan disebut juga rasio peremukan (rasio pengerusan), rasio peremukan atau pengerusan pada *jaw crusher* sekitar 4:1 hingga 6:1 sedangkan untuk menyatakan kapasitas pengolahan bijih dinyatakan dengan ( $m^3/t$ ) atau (t/jam). Pada *jaw crusher type dodge* titik tumpuh rahang-rahangnya ada dibagian bawah sehingga pada saat pengoprasionalnya pun misalnya *discharge (dutlate)* tetap. Type ini mempunyai kelebihan dalam hal keseragaman ukuran produk (hasil pengerusan) namun sebaliknya kekurangannya pada mulut *discharge* karena mudah tersumbat. Karena posisi mulut *discharge* jauh dari titik tumpu gaya maka alat ini harus melakukan peremukan bongkahan besar dengan tenaga yang *relative* lemah untuk itu *type dodge* biasanya dipakai untuk peremukan sedang, dan kapasitas pengolahan yang tidak terlalu besar.

### **2.1.3 Mesin Pencuci dan Pemisah Batubara (*Mid Coal Waste*)**

Pencucian ialah usaha yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas batubara, agar batubara tersebut memenuhi syarat penggunaan tertentu. Termasuk didalamnya

pembersihan untuk mengurangi *impurities anorganik*. Karakteristik batubara dan *impurities* yang utama ditinjau dari segi pencucian secara mekanis ialah komposisi ukuran yang disebut *size consist*, perbedaan berat jenis dari material yang dipisahkan, kimia permukaan, *friability relatif* dari batubara dan *impuritiesnya* serta kekuatan dan kekerasan.

Dalam pencucian batubara, yang harus dipertimbangkan ialah metode pencucian mana yang akan diterapkan untuk mempersiapkan batubara sesuai keperluan pasar, dan apakah pencucian masih diperlukan, karena pada prinsipnya batubara dapat dijual langsung setelah ditambang. Kenyataannya penjualan langsung setelah ditambang tidak berarti produsen memperoleh keuntungan maksimum. Oleh karena itu dalam memutuskan ini perlu dimasukan juga pertimbangan komersial.

Dalam proses pencucian batubara untuk memisahkan dari mineral pengotor, dipakai berbagai jenis peralatan konsentrasi berdasarkan sifat-sifat batubara dari mineral pengotor. Perbedaan tersebut dapat berupa sifat fisik atau mekanik dari butiran tersebut, seperti halnya berat jenis, ukuran, warna, gaya *sentripetal*, gaya *sentrifugal* ataupun desain peralatan itu sendiri.

Pencucian batubara dilakukan karena batubara hasil penambangan bukanlah batubara yang bersih, tetapi masih banyak mengandung material pengotor. Pengotor batubara dapat berupa pengotor homogen yang terjadi di alam saat pembentukan batubara itu sendiri, yang disebut dengan *Inherent Impurities*, maupun pengotor yang dihasilkan dari operasi penambangan itu sendiri, yang disebut *extraneous impurities*.

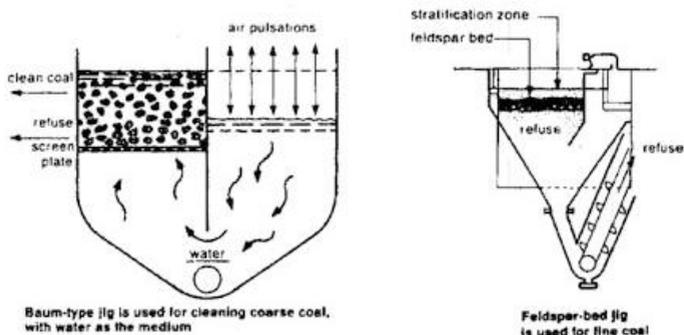
Dengan demikian pencucian batubara bertujuan untuk memisahkan dari material pengotornya dalam upaya meningkatkan kualitas batubara sehingga nilai panas bertambah dan kandungan air serta debu berkurang. Batubara yang terlalu banyak pengotor cenderung akan menurunkan kualitas batubara itu sendiri sehingga tidak dapat

diandalkan dalam upaya penjualan ke konsumen. Pada umumnya persyaratan pasar menghendaki kandungan abu tidak lebih dari 10 %, dan pada umumnya menghendaki nilai panas yang berkisar antara 6000-6900 kcal/kg.

Macam-Macam Alat Pencucian Batubara:

1. *Jig*.

Pencucian dengan alat ini didasarkan pada perbedaan *specific gravity*. Proses yang dilakukan *Jig* ini adalah adanya stratifikasi dalam *bed* sewaktu adanya air hembusan. Kotoran cenderung tenggelam dan batubara bersih akan timbul di atas. *Basic jig*, Baum jig sesuai digunakan untuk pencucian batubara ukuran besar, walaupun *Baum Jig* dapat melakukan pencucian pada batubara ukuran besar tetapi lebih efektif melakukan pencucian pada ukuran 10 – 35 mm dengan *spesifik gravity* 1,5 – 1,6. Modifikasi *Baum jig* adalah *Batac jig* yang biasa digunakan untuk batubara ukuran halus. Untuk batubara ukuran sedang, prinsipnya sama yaitu *pulsing* (tekanan) air hembusan berasal dari samping atau dari bawah *bed*. Untuk menambah *bed* atau mineral keras yang digunakan untuk meningkatkan *stratifikasi* dan menghindari pencampuran kembali, mineral yang digunakan biasanya adalah *felspar* yang berupa *lump silica* dengan ukuran 60 mm.

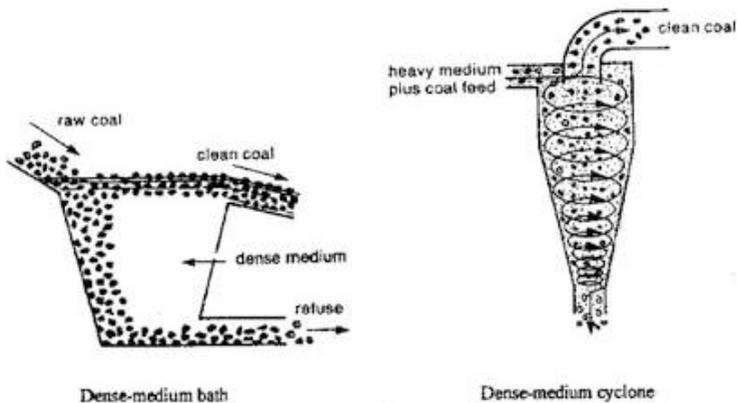


Gambar 2.2 *Baum Jig and a felspar Jig*

## 2. Dense Medium Separator (DMS)

*Dense medium* ini juga dioperasikan berdasarkan perbedaan *specific gravity*. Menggunakan medium pemisahan air, yaitu campuran *magnetite* dan air. Medium campuran ini mempunyai *specific gravity* antara batubara dan pengotornya. *Slurry magnetite* halus dalam air dapat mencapai densitas relatif sekitar 1,8 ukuran batubara yang efektif untuk dilakukan pencucian adalah 0,5 – 150 mm dengan *Spesifik gravity* 1,3 – 1,9 *type dense-medium separator* yang digunakan dapat berupa *bath cyclone* dan *cylindrical centrifugal*.

Untuk *cylinder centrifugal separator* digunakan untuk pencucian batubara ukuran besar dan sedang. *Dense medium cyclone* bekerja karena adanya kecepatan *dense medium*, batubara dan pengotor oleh gaya *centrifugal*. Batubara bersih ke luar menuju ke atas dan pengotornya menuju ke bawah.

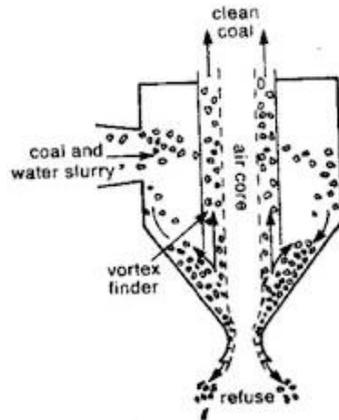


Gambar 2.3 *Dense Medium separators*

## 3. Hydrocyclone.

*Hydrocyclone* adalah *water based cyclone* dimana partikel-partikel berat berkumpul dekat dengan dinding *cyclone* dan kemudian akan ke luar lewat *cone* bagian bawah. Partikel-partikel yang ringan (partikel bersih) menuju pusat

dan kemudian ke luar lewat *vortex finder*. Diameter *cyclone* sangat berpengaruh terhadap efektifitas pemisahan. Kesesuaian ukuran partikel batubara yang akan dicuci adalah 0,5 – 150 cm dengan *spesifik gravity* 1,3 – 1,5.

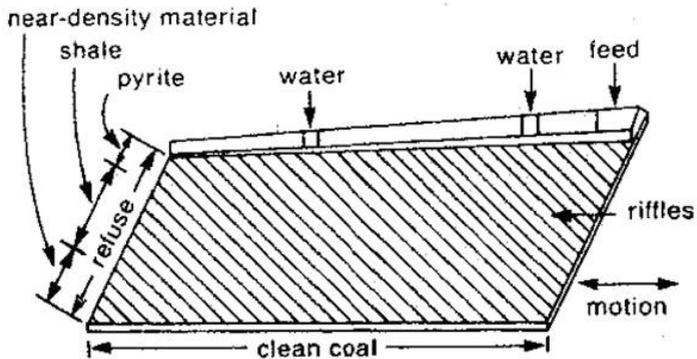


Gambar 2.4 *Hydrocyclone*

#### 4. *Concentration Tables*

Proses konsentrasi table adalah konsentrasi dengan meja miring terdiri dari *rib-rib* (tulang-tulang) bergerak ke belakang dan maju terus menerus dengan arah yang horisontal.

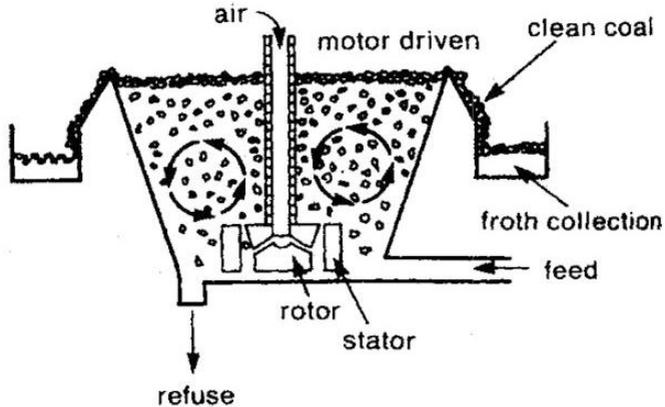
Partikel-partikel batubara bersih (*light coal*) bergerak ke bawah *table*, sedangkan partikel-partikel kotor (*heavy partical*) merupakan partikel yang tidak diinginkan terkumpul dalam *rib* dan bergerak ke bagian akhir table. Batubara ukuran halus dapat dicuci dengan alat ini secara murah tetapi kapasitasnya kecil dan hanya efektif untuk melakukan pencucian pada batubara dengan *spesifik gravity* lebih besar 1,5 dengan ukuran partikel batubara yang dicuci 0,5 – 15 mm.



Gambar 2.5 Concentration Tables

### 5. Froth Flotation

*Froth Flotation* merupakan metode pencucian batubara yang banyak digunakan untuk ukuran batubara halus. *Froth flotation cell* digunakan untuk membedakan karakteristik permukaan batubara. Campuran batubara dan air dikondisikan dengan *reagen* kimia supaya gelembung udara melekat pada batubara dan mengapung sampai ke permukaan, sementara itu partikel-partikel yang tidak diinginkan akan tenggelam. Gelembung udara naik ke atas melalui slurry di dalam cell dan batubara bersih terkumpul dalam gelembung busa berada di atas. Kesesuaian ukuran butir batubara yang dicuci < 0,5 mm dengan *spesifik gravity* 1,3.



Gambar 2.6 *Froth Flotation*

#### 2.1.4 Pengayak (*Screen*)

*Screening* pada prinsipnya menggunakan pola geometri untuk mengontrol ukuran, secara umum digunakan untuk mengontrol ukuran mencapai ukuran  $250 \mu\text{m}$ , *sizing* yang lebih halus biasanya dilakukan dengan *classification*.

Batas antara dua metode tersebut bergantung dari beberapa faktor, seperti jenis bijih, perencanaan *plant*, dan lain-lain. *Performa* dari *screening* ini di tentukan oleh tiga *parameter*, yaitu *motion* (pergerakan), *inclination* (kemiringan), dan *media screen*.

Tujuan utama *screening* di dalam *industry mineral* adalah :

- Mencegah masuknya *undersize* ke dalam mesin *crushing*, sehingga meningkatkan kapasitas dan efisiensi.
- Mencegah material *oversize* lewat ke tahap selanjutnya pada sirkuit.
- Mempersiapkan umpan dengan ukuran presisi ke dalam proses *gravity concentration* tertentu.
- Untuk menghasilkan produk dengan ukuran presisi. Hal ini penting dalam pertambangan, dimana ukuran

produk akhir adalah sebuah bagian penting dalam spesifikasi.

Kinerja *Screen* dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain adalah permukaan *screen*. Geometri permukaan *screen* akan mempengaruhi kinerja *screen* tersebut. Ada beberapa jenis permukaan *screen* yang sering digunakan dalam *industry mineral*, seperti permukaan dengan bentuk *geometri bar*, kabel/kawat, lingkaran, persegi dan persegi panjang, seperti tampak pada gambar dibawah ini.

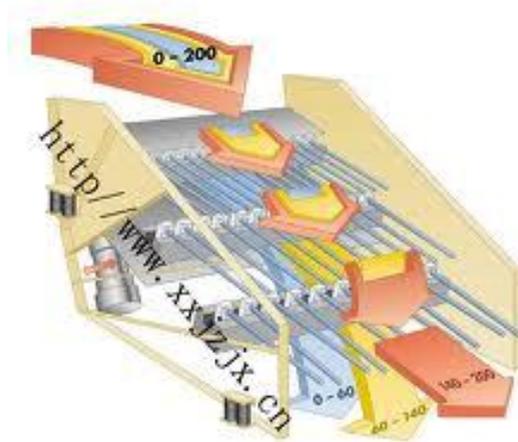


Gambar 2.7.berbagai macam bentuk geometri ayakan.

#### **2.1.4.1 Media Jatuhnya Biji *Screen***

##### **1. *Screening* Susun**

Dengan menyusun material bijih pada *screen*, kondisi material bijih akan terbagi dalam tingkatan-tingkatan. Pada saat *screen* digerakkan akan terjadi perbedaan gaya gesek antara permukaan material, yang akan menyebabkan menurunnya gaya gesek internal antar material. Dengan demikian berarti partikel yang memiliki ukuran lebih kecil akan dapat melewati rongga antar partikel yang ukurannya lebih besar, sehingga akan terjadi proses pemisahan secara *signifikan*.



Gambar 2.8. Screening Susun

### 1. **Screening Free Fall**

Kalau kita menggunakan tipe *screening* sebelumnya (yakni *screening* susun) akan tetapi dengan menaikkan sudut kemiringannya (yakni dari 10-15 menjadi 20-30 derajat), maka untuk penggunaan *screening* jenis ini dinamakan *screening* jatuh bebas (*free fall*), karena dalam keadaan yang demikian tidak ada lapisan partikel bijih yang menumpuk diatas *screen*.

Pada metode ini yang berperan utama dalam memisahkan partikel bijih yang kecil dengan yang besar adalah media *screen* itu sendiri, sehingga kapasitasnya semakin bertambah, tetapi pemisahan yang terjadi tidak signifikan (distribusi ukuran masih bervariasi). Penggunaan media jenis ini disarankan untuk partikel bijih dalam jumlah besar dengan distribusi ukuran rata-rata sudah baik (*hamper* seragam) sehingga pemisahan ini akan terjadi dengan cepat dan optimal.



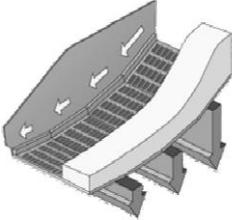
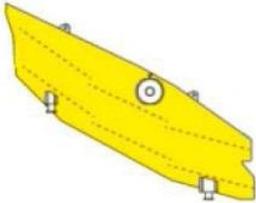
Gambar 2.9 *Screening Free Fall*

#### 2.1.4.2 Jenis-jenis **Screening**

Ada banyak jenis-jenis *screen*, tetapi secara umum jenis *screen* dibedakan menjadi empat jenis, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini. Dari keempat jenis *screen* tersebut, yang paling banyak digunakan di seluruh dunia (sekitar 80 % pengguna) adalah *screen* dengan jenis *single inclination*, untuk media jatuh *stratifications screen*. Jenis yang lainnya *double inclination*, *triple inclination*, atau *multiple inclination*, yang mana penggunaan *screen* dengan metode jatuhnya bijih yakni dengan *stratification* (susun) maupun *free fall* (jatuh bebas) dikombinasikan untuk jenis-jenis aplikasi yang berbeda.

Tabel 2.1 Jenis-jenis *Screen*

No	Jenis <i>Screen</i>	Karakteristik	Gambar
1.	<i>Single Inclination</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Screen</i> Susun</li> <li>- Gerakan <i>Circular</i> (15 derajat)</li> <li>- Gerakan <i>Linear</i> (0-5 derajat)</li> <li>- <i>Selektifitas</i> tinggi</li> </ul>	
2.	<i>Double Inclination</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Screen</i> Jatuh bebas</li> <li>- Padat – untuk kapasitas besar tetapi selektifitas</li> </ul>	

		<p>rendah.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Digunakan pada sirkuit <i>screening</i></li> </ul>	
3.	<i>Triple Inclination</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gabungan dari kapasitas dan selektifitas</li> <li>- Digunakan untuk produk fraksi bijih yan tinggi.</li> </ul>	
4.	<i>Multiple Screen (Banana Screen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efektif untuk <i>screen</i> “lembaran yang tipis”.</li> <li>- Sangat</li> </ul>	

		populer untuk tambang mineral dan batubara.	
--	--	--	--

## 2.2 Pemeliharaan pada TCWP

Sejak TCWP dioperasikan sebagai unit produksi dan penghasil batubara siap pakai, hal ini membuat tantangan yang lebih besar pada bagian tim pemeliharaan untuk memastikan ketersediaan dan kehandalan yang tinggi. Seiring dengan fluktuatifnya harga batubara di pasaran maka pihak manajemen perusahaan menuntut tingkat efisiensi dari pemeliharaan terhadap peralatan yang berada pada TCWP agar selalu bisa beroperasi dengan baik.

TCWP dan seperti banyak perusahaan tambang batubara lainnya di Indonesia membuat manajemen *system* pemeliharaan mereka sendiri yang disesuaikan dengan kebutuhan pemeliharaan.

Kebanyakan produsen peralatan merekomendasikan praktek pemeliharaan peralatan dalam petunjuk manual pemeliharaan. Rekomendasi mereka menganggap aplikasi dan pengoperasian peralatan sesuai dengan kondisi desain. Dalam prakteknya, peralatan jarang dioperasikan sesuai dengan desain. *Overloading* atau *underutilizing* peralatan dan operasi mereka dalam kondisi lingkungan tidak selalu sesuai dengan desain sehingga menghasilkan kondisi perawatan seperti yang direkomendasikan di manual pemeliharaan tidak efektif.

## 2.3 Strategi dan Metode Manajemen Pemeliharaan.

Oleh karena biaya pemeliharaan bagi sebagian besar industri cukup *signifikan*, sebuah *evolusi* dalam manajemen pemeliharaan telah menjadi kekuatan pendorong untuk mengurangi biaya perawatan, meningkatkan produktivitas, kualitas kerja dan memastikan keselamatan manusia, peralatan dan lingkungan.

Literatur tentang metode pemeliharaan yang berbeda cukup banyak. Untuk skripsi ini, metode manajemen pemeliharaan seperti pemeliharaan *preventif* (PM), pemeliharaan berbasis kondisi (CBM), pemeliharaan korektif (CM) bersama dengan enam *sigma*, *lean maintenance* dan pemeliharaan berbasis kehandalan (RCM) akan menjadi ulasan.

### 2.3.1 Preventive Maintenance

*Preventive Maintenance* (PM) adalah metode perawatan berbasis waktu di mana kegiatan pemeliharaan direncanakan dan dijadwalkan berdasarkan *interval* kerja yang telah ditentukan untuk mencegah terjadinya kerusakan dan kegagalan (Cley, 2008). Dalam buku '*applied reliability centered maintenance*' (Jim Agustus, 1999) mendefinisikan PM sebagai tugas-tugas pencegahan terjadwal yang dimaksudkan untuk mengurangi probabilitas kegagalan peralatan. Pemeliharaan (PM) pendekatan *preventif* untuk mencegah masalah yang terkait dengan CM sehingga untuk menyingkirkan limbah dan mengurangi biaya siklus hidup aset.

PM dilakukan untuk menghindari kegagalan, untuk mendeteksi kegagalan awal, atau untuk menentukan kegagalan tersembunyi (Smith, 1993).

Hal ini menghasilkan tiga jenis tugas PM:

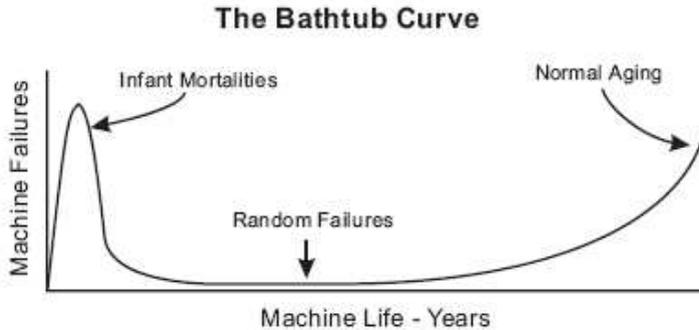
- (1) *time-directed* (TD);
- (2) CBM; dan
- (3) *fault-finding* (FF).

Tugas TD (*time-directed*) mungkin mengacu pada penggantian komponen, dalam hal ini adalah pilihan yang cocok ketika tingkat bahaya adalah fungsi bertambahnya usia (yaitu item baru yang lebih baik dari yang lama dalam hal probabilitas kegagalan atau tindakan lain dari kegunaan), dan biaya penggantian pencegahan jauh berkurang dari biaya kegagalan dan perbaikan yang terkait (*Mann et al.*, 1995).

Tugas CBM untuk melihat kegagalan awal jauh sebelum terjadinya kegagalan. CBM menggunakan teknik pemantauan kondisi untuk mengetahui apakah ada masalah dalam peralatan, seberapa parah masalahnya, dan berapa lama peralatan dapat dijalankan sebelum kegagalan, atau untuk mendeteksi dan mengidentifikasi komponen-komponen tertentu (misalnya set gigi, bantalan) dalam peralatan yang memburuk (yaitu modus kegagalan). Tugas FF dilakukan pada rencana untuk memutuskan dan memverifikasi kondisi kesehatan jarang digunakan barang-barang seperti alat pelindung dan *unit standby*.

Tujuan PM adalah untuk meningkatkan kinerja peralatan dan kehandalan dengan mencegah kegagalan peralatan. PM umumnya digunakan pada rentang usia kegagalan peralatan terkait atau di manatingkat kegagalan peralatan mengikuti apa yang disebut kurva bak mandi.

(Gambar 2.10)



Gambar 2.10 Kurva Bak mandi untuk pemeliharaan *preventif* (Moble, RK, 2002)

Tugas lain yang dilakukan dalam PM mencakup pemeriksaan, penyesuaian, tes, *kalibrasi*, membangun kembali dan penggantian suku cadang.

Tujuan dan manfaat mengadopsi PM, (Cley, 2008):

- Peningkatan keandalan sistem.
- Penurunan biaya penggantian.
- Penurunan *downtime* sistem.
- Manajemen persediaan suku cadang yang lebih baik.

Namun, untuk menjalankan sistem PM yang baik, daftar alat, suku cadang dan instrumen yang diperlukan harus tersedia. Sebuah prosedur untuk mencatat pengukuran juga harus dibuat. Penekanannya harus dilakukan pada batas atau rentang parameter yang akan diukur. Prosedur keselamatan yang diperlukan seperti isolasi dan mengunci juga harus tersedia.

Dalam rangka untuk dapat mengatur strategi PM, rekomendasi dimanual pemeliharaan dari pemasok peralatan harus tersedia bersama dengan pengetahuan dari orang-orang yang berbeda bekerjasama dalam tim pemeliharaan.

Seperti semua sistem pemeliharaan, kelebihan dan kekurangan memang ada seperti dibahas di bawah ini. Kinerja PM memiliki banyak keuntungan termasuk peningkatan ketersediaan peralatan, dilakukan sebagai dalam kondisi nyaman, beban kerja seimbang, peningkatan pendapatan produksi, konsistensi dalam kualitas, pengurangan kebutuhan peralatan siaga, *stimulasi preaction* bukan reaksi, pengurangan persediaan suku cadang, meningkatkan keamanan dan ketersediaan mudah dalam menjadwalkan sumber daya. Padahal, beberapa kelemahan dari PM adalah: mengekspos peralatan untuk kemungkinan kerusakan, menggunakan lebih banyak bagian, kenaikan biaya awal, kegagalan dalam bagian-bagian baru/komponen, dan tuntutan akses yang lebih sering untuk peralatan. (B.S Dhillon, 2002)

### **2.3.2 Condition based maintenance**

Sistem CBM atau Pemeliharaan *prediktif* (PDM) metode merupakan perpanjangan dari pemeliharaan *preventif* dan telah terbukti untuk meminimalkan biaya pemeliharaan, meningkatkan keselamatan operasional dan mengurangi frekuensi dan keparahan kegagalan mesin *in-service*. Teori dasar pemantauan kondisi adalah untuk mengetahui kondisi komponen mesin memburuk, baik sebelum kerusakan.

Perawatan berbasis kondisi adalah seperangkat tindakan perawatan berdasarkan bukti kebutuhan untuk pemeliharaan diperoleh dari penilaian kondisi *real time* peralatan yang diperoleh dari sensor tertanam dan tes eksternal dan pengukuran yang diambil oleh peralatan portabel. (Michael VBrown, 2003). Pemeliharaan prediktif (PDM) juga melibatkan kegiatan membandingkan trenparameter fisik diukur terhadap batas rekayasa yang dikenal untuk tujuan mendeteksi, menganalisis dan memperbaiki masalah sebelum terjadi kegagalan.

Ada jenis peralatan penting dalam *coal washing plant*. Komponen-komponen ini memerlukan pemeriksaan rutin

untuk memastikan integritas mereka. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengidentifikasi degradasi dalam integritas sistem selama hidup layanan mereka dan untuk memberikan peringatan dini agar tindakan perbaikan dapat diambil sebelum terjadi kegagalan. Penilaian kondisi ini diperlukan untuk mengoptimalkan jadwal inspeksi dan pemeliharaan, sehingga dapat membuat keputusan dan untuk menghindari kerusakan serta *shut-down* tidak terencana.

Untuk menjaga efisiensi dan menghindari kegagalan peralatan penting, maka perlu untuk menjaga bagian penting dari peralatan tersebut. Pengaruh pemeliharaan yang direncanakan tergantung pada metode yang digunakan dalam pemeliharaan. Kombinasi perawatan berbasis *korektif*, *preventif* dan kondisi yang *primordial* untuk peralatan kritis. Jenis kebijakan dan strategi pemeliharaan akan meningkatkan kinerja melalui ketersediaan peralatan kritis.

CBM adalah sistem yang berusaha untuk mengidentifikasi kesalahan sebelum mereka menjadi kritis yang memungkinkan perencanaan yang akurat dari PMS. Dengan CBM, peralatan penting yang berbeda dinilai sementara dalam operasi dan dibuat keputusan apakah mereka membutuhkan perawatan atau tidak dan jika demikian, kapan itu harus dilakukan untuk mencegah kegagalan. Penilaian dapat di mulai semua jenis pilihan seperti *inspeksi visual* sederhana atau sistem otomatis untuk merasakan, menerima dan data kinerja proses, pengawasan, mendiagnosa dan memprediksi kegagalan.

### **Teknik pemantauan kondisian aplikasi mereka untuk coal washing plant**

Pemantauan getaran mengukur frekuensi dan *amplitudo* getaran yang disebabkan oleh *misalignment*, rotasi ketidak seimbangan, keausan dan instalasi yang tidak tepat dari peralatan, dan longgarnya bagian yang dirakit. Getaran tidak diinginkan karena dapat menyebabkan kerusakan dan akhirnya kegagalan dari

peralatan. Pemantauan getaran dan *analisis* merupakan sarana penting untuk mendeteksi kegagalan di masa depan mesin rotasi dan dapat digunakan untuk mencegah kegagalan yang mahal.

Dalam analisis minyak, sampel pelumas, *oli hidrolis*, atau dielektrik diperiksa pada periode sering untuk menentukan kualitas dan kandungan logam dari minyak. Jika pengukuran ini menunjukkan bahwa kualitas minyak yang dimiliki memburuk ke tingkat yang tidak bisa ditolerir, maka akan diganti untuk menjamin operasi yang memadai dari peralatan. Analisis ini terdiri dari teknik *spectrographic* dan prosedur *diagnostik* untuk memeriksa elemen yang terkandung dalam sampel minyak. Keadaan kesehatan mesin juga dapat diungkapkan dengan meneliti ukuran, bentuk, kuantitas dan komposisi partikel keausan pada sampel minyak.

Teknologi *ultrasonik* juga digunakan dalam CBM karena alat *ultrasonik* yang sensitif terhadap suara frekuensi tinggi. Suara-suara frekuensi tinggi yang tidak terdengar oleh telinga manusia dan aparat karena ultrasonik membedakan mereka dari suara frekuensi rendah dan getaran mekanik. Gesekan mesin gesekan dan stres menghasilkan suara khas dalam kisaran *ultrasonik* atas dan perubahan dalam gesekan dan stres gelombang dapat menunjukkan kondisi memburuk untuk peralatan tertentu. Suatu peralatan *ultrasonik* dapat membedakan keausan normal akibat pemakaian *abnormal*, kerusakan fisik, kondisi tidak seimbang dan masalah pelumasan. Oleh karena itu hal ini memberikan waktu yang cukup untuk mempersiapkan pemeliharaan dan membantu dalam pengelolaan *spare part*.

### **2.3.3 Corrective Maintenance**

Pemeliharaan korektif (CM), juga dikenal sebagai pemeliharaan terinci, dilakukan untuk membawa kembali

peralatan keadaan kondisi kerja setelah terjadi kegagalan. Logika manajemen adalah *run-to-kegagalan*.

Sebuah pabrik menggunakan manajemen *run-to-kegagalan* tidak menghabiskan uang pada pemeliharaan sampai mesin atau sistem rusak. Namun, beberapa pabrik menggunakan *filosofi* manajemen *run-to-kegagalan*. Di hampir semua contoh, pabrik melaksanakan tugas pencegahan dasar (penyesuaian yaitu, pelumasan dan mesin) bahkan dalam jangka-kegagalan lingkungan. Biaya besar terkait dengan jenis manajemen pemeliharaan adalah:

- Biaya persediaan suku cadang tinggi.
- Biaya lembur tenaga kerjatinggi.
- *Downtime* mesin tinggi.
- Ketersediaan produksi rendah.

### **2.3.4 Reliability-centered maintenance (RCM)**

Dalam *Reliability-centered maintenance* (RCM), secara sistematis semua fungsi dan kegagalan fungsional aset harus diidentifikasi. Proses ini juga mengidentifikasi semua kemungkinan penyebab kegagalan. Kemudian hasil RCM untuk mengidentifikasi dampak dari mode kegagalan dan mengidentifikasi efek dari kegagalan peralatan. Setelah itu telah mengumpulkan informasi ini, proses RCM kemudian memilih kebijakan manajemen aset yang paling tepat. (L.R. Higgins, 2008)

Di sisi lain, majalah Keandalan berpusat pemeliharaan (RCM) memberikan definisi berikut RCM: "suatu proses yang digunakan untuk menentukan persyaratan pemeliharaan aset fisik dalam konteks operasi."

Pada dasarnya, metodologi RCM berkaitan dengan beberapa isu kunci yang tidak ditangani oleh program perawatan lainnya dan menyadari bahwa semua peralatan di fasilitas tidak sama samabaik proses atau keselamatan fasilitas. Juga mengakui bahwa desain peralatan dan operasi berbeda dan peralatan yang berbeda akan memiliki tinggi

probabilitas untuk menjalani kegagalan dari mekanisme degradasi yang berbeda dari yang lain. RCM juga menggunakan pendekatan penataan program pemeliharaan mengakui bahwa fasilitas tidak memiliki keuangan *unlimited* dan sumber daya personil dan bahwa penggunaan keduanya harus diprioritaskan dan dioptimalkan. Oleh karena itu, RCM adalah suatu pendekatan sistematis untuk mengevaluasi peralatan fasilitas dan sumber daya untuk menggabungkan terbaik dua dan menghasilkan tingkat kehandalan yang tinggi fasilitas dan efektivitas biaya.

Beberapa keuntungan dan kerugian dari RCM adalah:

### **Keuntungan**

- Dapat menjadi program pemeliharaan yang paling efisien.
- Biaya yang lebih rendah dengan menghilangkan pemeliharaan yang tidak perlu atau *overhaul*.
- Meminimalkan *frekuensi overhaul*.
- Mengurangi kemungkinan kegagalan peralatan mendadak.
- Mampu untuk memfokuskan kegiatan pemeliharaan pada komponen kritis.
- Peningkatan Keandalan komponen
- Menggabungkan analisis akar penyebab.

### **Kekurangan**

•Dapat memiliki biaya *startup signifikan*, pelatihan, peralatan, dll

• Potensi tak terlihat tidak mudah diketahui oleh manajemen  
Prosedur ini melibatkan beberapa pertanyaan sebagai berikut dalam RCM:

- Fungsi dan standar kinerja terkait item dalam kondisi kerja yang ada.
- Kemungkinan cara dimana item mungkin gagal untuk melaksanakan tugas-tugas yang diperlukan.
- Penyebab setiap kegagalan fungsional.
- Peristiwa yang mengikuti setiap kegagalan.
- Signifikansi setiap kegagalan.

- Langkah-langkah untuk mencegah kegagalan.
- Tindakan korektif yang dapat diambil jika tidak ada langkah pencegahan yang tepat.

### **Proses RCM**

Proses RCM mengambil tempat pertama selama desain peralatan dan tahap pengembangan, bila digunakan untuk mengembangkan rencana perawatan. Selama proses produk dan penggunaan, rencana ini kemudian direvisi berdasarkan bidang pengalaman. Berikut dua kriteria kunci untuk rencana perawatan:

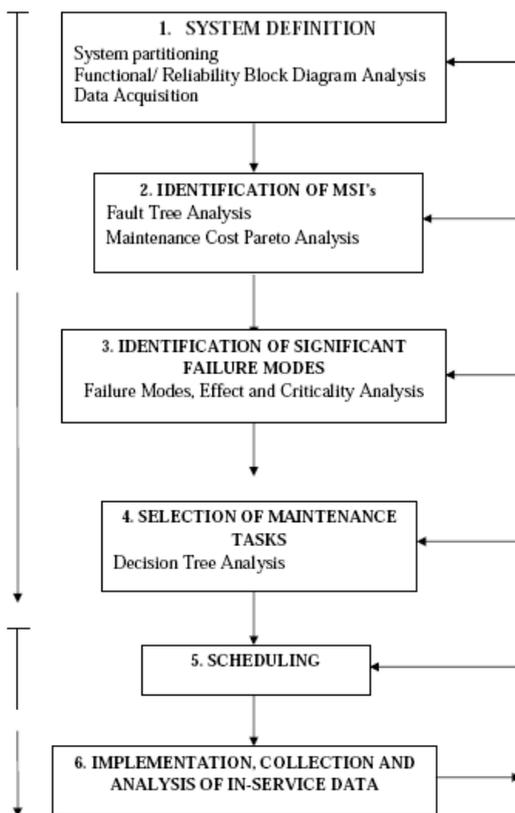
- Bagian yang tidak penting untuk keselamatan. Dalam hal ini, tugas-tugas pemeliharaan *preventif* harus dipilih yang akan mengurangi kepemilikan biaya siklus hidup.
- Bagian yang sangat penting untuk keselamatan. Dalam hal ini, tindakan pemeliharaan *preventif* harus dipilih yang akan membantu untuk mencegah keandalan atau keamanan dan mengurangi ke tahap yang tidak diinginkan, atau akan membantu untuk mengurangi kepemilikan biaya siklus hidup. Ini adalah melalui program perawatan pencegahan yang awal kegagalan diidentifikasi dan diperbaiki, kemungkinan kegagalan menurun, deteksi kegagalan tersembunyi, dan efektivitas biaya program pemeliharaan ditingkatkan.

### *Metodologi RCM*

*Metodologi RCM* benar-benar dijelaskan dalam empat fitur unik:

- Menjaga fungsi.
- Mendeteksi mode kegagalan yang dapat membuat fungsi gagal.
- Memprioritaskan kebutuhan fungsi (melalui mode kegagalan).
- Pilih perilaku dan PM efektif untuk mode kegagalan prioritas tinggi.

### Prosedur RCM(Kelly, 1997)



Gambar 2.11. *Flowchart* prosedur RCM (Kelly, 1997)

Proses RCM dasar terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Mengidentifikasi item penting yang berkaitan dengan pemeliharaan.

Biasanya, pemeliharaan item yang penting diidentifikasi dengan menggunakan teknik seperti kegagalan, modus, efek, dan analisis kekritisian (FMECA) dan analisis pohon kesalahan (FTA).

2. Mendapatkan data kegagalan yang sesuai.  
Dalam menentukan probabilitas terjadinya dan menilai kekritisannya, ketersediaan data tingkat kegagalan sebagian, probabilitas kesalahan operator, dan efisiensi inspeksi sangat penting. Jenis data yang berasal dari lapangan pengalaman, menggunakan data kegagalan generik, dll.
3. Mengembangkan pohon data analisis kesalahan.  
Probabilitas terjadinya kesalahan peristiwa-dasar, menengah, dan peristiwa atas dihitung sesuai Sifat gabungan dari unsur-unsur logika dalam analisis pohon kesalahan.
4. Menerapkan logika keputusan untuk mode kegagalan kritis.  
Logika keputusan dirancang untuk memimpin, dengan mengajukan pertanyaan standar penilaian, yang paling diinginkan preventif tugas kombinasi pemeliharaan. Logika yang sama diterapkan untuk setiap mode penting dari kegagalan masing-masing item pemeliharaan yang penting.
5. Klasifikasikan kebutuhan pemeliharaan.  
Kebutuhan pemeliharaan dikategorikan ke dalam tiga klasifikasi: Persyaratan pemeliharaan-kondisi, kebutuhan pemeliharaan kondisi-monitoring, dan kebutuhan pemeliharaan keras-waktu.
6. Melaksanakan keputusan RCM.  
Tugas dan frekuensi interval ditetapkan sebagai bagian dari strategi pemeliharaan secara keseluruhan atau rencana.
7. Terapkan mempertahankan rekayasa atas dasar pengalaman lapangan.  
Setelah sistem/peralatan mulai beroperasi, data kehidupan nyata mulai menumpuk. Pada saat itu, salah satu langkah yang paling mendesak adalah untuk mengevaluasi kembali semua RCM terkait keputusan default.

## Komponen RCM

Empat komponen utama RCM adalah: pemeliharaan *korektif*, pemeliharaan *preventif*, pengujian prediksi dan *inspeksi*, dan pemeliharaan proaktif.

Industri bisa mendapatkan banyak keuntungan dari RCM dalam berbagai cara seperti yang disebutkan di bawah ini:

- Lacak. Informasi, asumsi dan penalaran yang menyebabkan semua kebijakan perawatan keputusan sepenuhnya didokumentasikan. Oleh karena itu, keandalan pabrik selanjutnya dapat diaudit secara berkala pengalaman pemeliharaan ditinjau dan diperbarui strategi (bila perlu) secara rasional.
- Rasionalisme. Dengan mengidentifikasi pekerjaan pencegahan tidak perlu beban kerja pemeliharaan yang tercapai dapat dieliminasi.
- Penghematan Biaya. Beban kerja secara keseluruhan berkurang karena pergeseran umum dari jauh dari berbasis waktu karya *preventif* terhadap pekerjaan berbasis kondisi. Oleh karena itu, penurunan suku cadang yang berkontribusi.
- Peningkatan Plant. *Re-desain* menghilangkan kegagalan berulang atau miskin rawatan ini.
- Pendidikan. Seluruh latihan meningkatkan tingkat keterampilan dan teknis pengetahuan keseluruhan tenaga kerja. Selain itu, keberadaan yang sebenarnya dari sebuah *rezim* RCM sendiri akan cenderung menarik baik- terampil personil dalam pemeliharaan.

### 2.3.5 Lean Maintenance

*Lean Maintenance* berarti keandalan dan mengurangi kebutuhan untuk mengatasi masalah pemeliharaan dan perbaikan. *Lean Maintenance* juga berasal dari melindungi terhadap penyebab sebenarnya dari *downtime* peralatan dan bukan hanya gejalanya saja. (Howard C.Cooper, 2002).

Pada bagian itu, *Ricky Smith of Life Cycle Engineering* (LCE) mendefinisikan *lean maintenance* sebagai 'pemeliharaan operasi proaktif mengerjakan apa yang direncanakan dan dijadwalkan dalam kegiatan pemeliharaan melalui jumlah praktek pemeliharaan produktif menggunakan strategi pemeliharaan dikembangkan melalui penerapan keandalan berpusat pemeliharaan (RCM) logika keputusan dan dipraktekkan oleh diberdayakan (*self-directed*) tim tindakan menggunakan proses 5S, *Kaizen* peristiwa perbaikan mingguan, dan pemeliharaan otonom bersama dengan multi-terampil, teknisi pemeliharaan-dilakukan pemeliharaan melalui penggunaan berkomitmen sistem perintah kerja dan komputer mereka berhasil pemeliharaan sistem (CMMS) atau sistem manajemen asset perusahaan'(Ricky Smith, 2004).

Elemen-elemen kunci dari metode *lean maintenance* dapat diringkas seperti yang dijelaskan di bawah ini (Clety, 2008 dan Ricky Smith, 2004):

- Pemeliharaan Proaktif berarti bahwa perawatan ramping menggunakan strategi PM dan CBM untuk mencegah dan memprediksi kegagalan bukannya bereaksi untuk itu.
- Rencana dan jadwal berarti bahwa kegiatan pemeliharaan didokumentasikan sedemikian rupa, kebutuhan tenaga kerja, suku cadang dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas-tugas yang diketahui sebelumnya. Dengan yang dijadwalkan, kegiatan pemeliharaan diprioritaskan dan diberi petunjuk waktu tindakan.
- Penerapan logika keputusan RCM berarti tugas pemeliharaan ramping dioptimalkan.
- Tim yang diberdayakan cukup 'berarti tim dirancang ramping sehingga tim pemeliharaan memiliki semua keterampilan yang dibutuhkan untuk melaksanakan semua tugas dalam tim.
- Penerapan 5S: *sort* (menghapus item yang tidak diinginkan), *straighten* (mengatur), *scrub* (bersih),

*standarisai* (membuat rutin), *spread* (memperluas ke daerah lain).

- *Kaizen* berarti bahwa lean berfokus pada evaluasi dan perbaikan proses pemeliharaan dalam hal waktu, penggunaan sumber daya dan kualitas pekerjaan.

Dalam artikelnya 'prinsip *lean*' Jerry Kilpatrick mengklasifikasikan manfaat dari lean maintenance menjadi tiga jenis (Jerry Kilpatrick, 2003) :

1. Keuntungannya Operasional *lead time*-berkurang, meningkatkan produktifitas, mengurangi persediaan dan meningkatkan kualitas.
2. Perbaikan administrasi–dokumen berkurang, mengurangistaf, mengurangi kesalahan proses, efisien layanan pelanggan, pengurangan biaya, standarisasi kerja.
3. Keuntungan strategis dalam mencapai tujuan perusahaan secara keseluruhan.

Kishan Bagadia dalam *white paper* dari solusi *global Inform* mengidentifikasi empat bidang manfaat dari *leanmaintenance* sebagai optimasi pengelolaan persediaan suku cadang, pemeliharaan *preventif* mencapai kualitas melalui manajemen yang lebih baik, menjembatani pelatihan *staf* untuk gugus tugas multi-terampil dan perbaikan terus-menerus dalam spektrum pemeliharaan.

### 2.3.6 Six Sigma

Menurut Stan Grabill, ahli *Six Sigma* bersertifikat (*Black Belt*) menulis untuk kolom *Maintenance Technology's Viewpoint*. *Six Sigma* berfokus pada mengurangi variasi dalam proses internal bisnis 'menggunakan struktur ketat, pendekatan statistik yang terkait dengan hasil bisnis.

Dia juga menyatakan bahwa *Six Sigma* untuk menguarangi ketergantungan aset, variasi dalam desain, pengadaan, instalasi, operasi, kehandalan, dan pemeliharaan

aset peralatan dalam rangka untuk memberikan kinerja yang diprediksi pada kepemilikan biaya yang optimal.

Stan Grabbill menganggap *Six Sigma* sebagai penyebab *analisis* variasi akar, di mana satu set alat yang berbeda digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber variasi dan menentukan cara untuk mengurangi variasi "buruk" dan kontrol variasi "baik" untuk meningkatkan *output* produktivitas. Alasan untuk melakukan metodologi ini sangat terstruktur adalah untuk menuai manfaat bisnis mengurangi variasi, yang menghasilkan terobosan peningkatan produktivitas. (Stan Grabbill, 2001)

Berasal oleh *Motorola*, *Six Sigma* memegang peran besar di awal 1990-an. Fokusnya adalah mengurangi *variasi* dalam proses manufaktur.

*Six Sigma* tidak menciptakan alat-alat baru tetapi menggunakan yang sudah ada. Metodologi utama *Six Sigma* adalah *Define*, *Ukur*, *Analyze*, *Improve*, *Control* (DMAIC) dan *Desain untuk Six Sigma* (DFSS).

DMAIC (Robson Quinello, 2003)

*Robson Quinello* menjelaskan bahwa untuk menerapkan *Six Sigma* dalam pemeliharaan, kelompok kerja yang baik memiliki dan memahami teknik pemeliharaan *preventif* di samping komitmen kepemimpinan yang kuat harus menjadi hal pertama yang ditentukan.

Metodologi ini dibagi menjadi lima tahap yang berbeda:

- Tahap D (*Define*). Menetapkan tujuan departemen dan mengidentifikasi kualitas kritis pada proses. Pada fase ini, pemimpin, perencana, staf pemeliharaan, perlu bekerja sama untuk mengatur tujuan/gol departemen.
- Fase M (*Measure*). Setelah tim telah membuat pilihan mereka, indeks, rencana pengumpulan data, dan Metode analisis dapat dipilih. Beberapa *indeks* umum termasuk *frekuensi preventif* pemeliharaan, *frekuensi predictive maintenance*, produktivitas, jumlah kejadian korektif, biaya pemeliharaan, *downtime*, survei pulsa, efektifitas peralatan secara keseluruhan (OEE), dll

- Tahap A (*Analisa*). Tim akan menggunakan analisis grafik (*Pareto*, sebaran, menjalankan grafik, plotkotak, dll) untuk memvisualisasikan tren dan untuk mencari akar penyebab.
- Tahap I (*Improve*). Rencana dan kegagalan modus aksi dan *analisis* efek (FMEA) dapat membantu dalam Definisi tindakan untuk meningkatkan kinerja indeks yang dipilih.
- Tahap C (*Control*). Tim akan menguraikan rencana untuk mempertahankan keuntungan setelah akhir proyek. Departemen keuangan dapat membantu dalam perhitungan investasi, keuntungan, ROI, dll

Beberapa poin penting untuk program pemeliharaan yang sehat:

- Setiap orang dalam organisasi harus diinformasikan dan dilibatkan. Jika hanya manajemen puncak berpartisipasi dan manajer atau *supervisor* tidak terlibat sepenuhnya, program mungkin gagal.
- Peran dan tanggung jawab harus didefinisikan secara jelas.
- Kompensasi, rencana karir, dan rencana pensiun mereka yang terlibat dalam program harus didefinisikan.
- Sangat penting untuk menemukan kesamaan antara kelompok yang berbeda (orang kontrol kualitas, manajer, *supervisor*, *controller*, dll).
- Sasaran perlu ditetapkan dan tujuan yang *koheren* ditetapkan.
- Sebuah proses seleksi harus dibentuk untuk mencari bakat terbaik di perusahaan. Sebuah komitmen dari pemimpin puncak adalah penting.
- Ekstra program harus dikembangkan.
- Kegiatan Masa Depan harus didefinisikan untuk bakat terbaik setelah tahap belajar karena mereka akan berada dalam posisi khusus untuk mempengaruhi struktur departemen.

- Dukungan harus tersedia untuk pekerjaan dan proyek.
- Jika departemen pemeliharaan sudah terlibat dalam teknik pemeliharaan seperti TPM , prediksi pemeliharaan atau CMMS , akan lebih mudah untuk menerapkan *Six Sigma* karena ada dasar yang baik dari yang untuk bekerja.
- Departemen yang dipimpin oleh manajer atau *supervisor* tanpa visi atau tujuan tidak lingkungan yang akan merangsang pertumbuhan program. Mentalitas dan budaya perubahan mungkin diperlukan.
- Departemen pemeliharaan harus strategis dalam organisasi karena akan dalam sorotan.
- Kelompok Kerja harus dapat berfungsi secara independen dan menjadi hasil didorong.
- Proyek, kegiatan, metode atau program yang berkualitas, di daerah pemeliharaan mungkin tidak baik dipahami. Adaptasi adalah kunci untuk sukses.

Hasil yang dapat diharapkan dari *Six Sigma*:

- Hasil Berkelanjutan dalam jangka waktu pendek dan menengah.
- Disiplin kelompok kerja.
- Otonomi profesional pemeliharaan.
- Data didorong pemeliharaan.
- Dioptimalkan sumber.
- Peningkatan hubungan antara keuangan dan operasi.
- Peningkatan keuntungan finansial.
- Lingkungan Kinerja tinggi.
- Dukungan Kreativitas.
- Perawatan kelas dunia.