

Analisis Persediaan Suku Cadang Kritis Dan Reliabilitas Mesin Water Injection Pump di PT. Pertamina EP UBEP Jambi

By :

***Faizal Rahman
Dr. Samsir, SE.,M.Si
Iwan Nauli Daulay, ST.,MM***

*Faculty of Economic Riau University, Pekanbaru, Indonesia
e-mail : Lubis.Faizal@gmail.com*

Abstract

Critical parts and reliability analysis of water injection pump in PT. Pertamina EP UBEP Jambi

This Study was conducted at PT. Pertamina EP located at Jakarta in order to analyze reliability of machines that used in that company. This study is to suggest the company the picture of the aspect that still inefficient in the operational system. This study is using prime and secondary data with water injection pump type GASO 3364-7 as the study object that located in business, explorations and production unit (UBEP) Jambi. the data is collected from spare part changes within 2011-2012 period. Using ABC analysis, the critical parts within the machines will be sorted out and each of the critical parts will be measured the mean time between failure with comparing the total uptime of the spare part and total breakdown per critical component in that period of time.

As the result of the study, can be concluded that water injection pump machine, with 3 month averages will have a breakdown that involving the critical parts. The recommendation is, the management has to pay attention at the inventory level of critical parts so it can be more efficient where is the inventory level is not bigger than usage level considering critical parts have high price above all parts that will make higher inventory cost if the supply is more than usage and lack of inventory will causing major shutdown that will cost company some costly opportunity.

Keywords : Reliability, Maintenance.

LATAR BELAKANG

Proses produksi merupakan cara, metode dan teknis dalam menciptakan atau menambah kegunaan barang dengan menggunakan sumber-sumber produksi (tenaga kerja, mesin, bahan-bahan, dana). Empat macam saling terkait dan mempunyai kontribusi pada proses produksi. Proses produksi dapat berjalan lancar apabila bahan baku dapat tersedia secara cukup dan tersedianya tenaga kerja yang terampil serta mesin siap dioperasikan. Dalam faktor produksi, mesin

perlu dipelihara dengan baik dan dirawat secara rutin supaya terhindar dari berbagai kerusakan atau kemacetan dalam proses produksi berlangsung.

Seiring dengan perekonomian yang belum stabil dan semakin tajamnya persaingan di dunia industri, maka keadaan tersebut memaksa suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan kelancaran, efektivitas dan efisiensi kegiatan operasinya. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin-mesin produksi

dalam melaksanakan tugasnya. Untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar mesin dapat selalu digunakan terus sehingga kontinuitas produksi dapat terus terjamin, maka dibutuhkan perawatan mesin atau *maintenance* yang baik.

Perawatan mesin atau peralatan/*Maintenance* yang rusak merupakan kegiatan memperbaiki kembali komponen yang lama dan masih dapat dipakai lagi dan penggantian mesin yang sudah aus pada waktu digunakan serta tidak dapat diperbaiki lagi. Dalam proses perbaikan yang perlu diperhatikan adalah biaya perbaikan dibanding dengan harga komponen mesin, jika biaya perbaikan lebih murah dan masih dapat bertahan lama sebaiknya tidak perlu diganti yang baru. Sebaliknya jika biaya perbaikan lebih mahal dan setelah diperbaiki tidak dapat bertahan lama maka sebaiknya diganti dengan yang baru agar kegiatan proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

Terjadinya kerusakan mesin akibat rusaknya komponen bisa juga tidak dapat diketahui dengan pasti. Kondisi tersebut menyebabkan diperlukan tersedianya suku cadangan komponen yang memadai pada saat dibutuhkan. Penyediaan suku cadang yang sedikit terkadang menyerap dana perawatan yang sangat besar, terutama pada suku cadang yang sering rusak karena mesin akan sering mengalami “break down”, yang akhirnya menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Penyediaan suku cadang harus didasarkan atas beberapa hal salah satunya berdasarkan tingkat kekritisannya yaitu pada komponen yang sering mengalami kerusakan yang berarti berhubungan dengan biaya penyediaan suku cadang.

Investasi persediaan suku cadang memerlukan biaya yang sangat tinggi, akan tetapi suku cadang harus siap sedia digudang untuk kelangsungan proses pelayanan dalam pemeliharaan dan perbaikan suku cadang mesin dan juga untuk mencapai jumlah pemesanan yang

ekonomis dan total biaya persediaan yang optimal. Hal ini kadang tidak dilakukan perusahaan dengan penghitungan yang cermat dan kurang efisien, yaitu rata-rata penyimpanannya melebihi daripada kebutuhan yang harus dipenuhi.

PT.Pertamina EP adalah perusahaan yang berada dibawah naungan PT. Pertamina Persero yang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam bidang tambang yang hasil utamanya adalah minyak dan gas bumi. Dalam rangka menuju *World Class Company* pada tahun 2014 Pertamina saat ini sedang melakukan pembenahan diri di berbagai sektor dalam menjalankan kegiatan operasionalnya mulai dari HSE hingga dalam proses pengadaan material produksi yang mendukung.

Dalam proses produksi, perusahaan ini sering mengalami kendala dalam bentuk tidak bekerjanya sistem yang disebabkan adanya kerusakan mesin produksi atau menunggu datangnya unit mesin/komponen yang dipesan/dibeli untuk menggantikan komponen yang rusak karena tidak adanya sistem yang diterapkan dalam mengelola persediaan suku cadang. Sementara itu kelancaran proses produksi merupakan tuntutan utama yang harus dipenuhi agar target perusahaan dapat tercapai.

Pada perusahaan tersebut, di Unit Bisnis Eksplorasi & Produksi (UBEP) Jambi yang merupakan subyek yang dipilih peneliti, menerapkan sistem yang bernama *Enhance Oil Recovery* (EOR). *Enhanced Oil Recovery* adalah suatu metode peningkatan perolehan minyak bumi dengan cara menginjeksikan material atau bahan lain ke dalam reservoir. Dalam hal di UBEP Jambi, sistem EOR yang diterapkan adalah menginjeksikan kembali air terproduksi (air ikutan dari proses pengambilan minyak dengan rasio tertentu) kedalam formasi sekaligus meniadakan pembuangan air terproduksi ke dalam lingkungan pada proses *Lifting* minyak bumi.

Selama ini PT. Pertamina EP khususnya UBEP Jambi tidak memiliki peranan sistem perawatan yang kurang optimal dikarenakan tidak adanya keseragaman dalam menerapkan kebijakan. Mesin dan peralatan mendapatkan penanganan setelah mengalami kerusakan (*corrective maintenance*) tanpa memperhatikan faktor keandalan dari komponen/sparepart mesin tersebut. Selain itu bila terjadi kerusakan pada spare part mesin, perusahaan tidak memiliki persediaan yang cukup untuk menggantikan spare part yang mengalami kerusakan. Selama ini penentuan jumlah persediaan *sparepart* mesin hanya dengan menggunakan perkiraan berdasarkan permintaan masa lalu.

Mesin produksi memiliki komponen-komponen sparepart yang dalam aktifitas operasionalnya akan mengalami kerusakan sampai jangka waktu tertentu. Kerusakan mesin produksi dapat mengganggu kelancaran proses produksi yang akan menyebabkan kerugian sebab tidak tercapainya target perusahaan. Faktor keandalan perlu diperhatikan dari system perawatan, untuk itu perlu dilakukan analisis keandalan dari mesin untuk mengetahui sejauh mana kondisi mesin., berdasarkan hal ini, penulis tertarik tentang *Reliability* suatu mesin yang dituangkan dalam sebuah karya ilmiah dengan judul : **Analisis Persediaan Suku Cadang Kritis Dan Reliabilitas Mesin Water Injection Pump di PT. Pertamina EP UBEP Jambi**

STUDI PUSTAKA

Perawatan (*Maintenance*)

adalah kegiatan pendukung utama yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi (peralatan, mesin) sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakai sesuai dengan kondisi yang diharapkan (Lindley dan Mobley, 2013). Hal ini dapat dicapai antara lain dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan tindakan perawatan dengan tetap memperhatikan fungsi

pendukungnya dan dengan memperhatikan kriteria minimal ongkos untuk mengantisipasi tingkat kerusakan dan mencegah terputusnya kegiatan produksi.

Banyak hal yang mempengaruhi tingkat kepercayaan konsumen kepada produsen ataupun perusahaan, salah satunya adalah bagaimana tingkat pelayanan yang diberikan perusahaan yang mempengaruhi kepuasan konsumen. Hal yang dianggap penting adalah mengenai masalah ketepatan waktu dalam menyelesaikan pesanan dari konsumen. Hal ini merupakan tanggung jawab dari departemen produksi. Faktor yang menyebabkan hal ini adalah ketidaklancaran proses produksi. Yang menjadi penyebab ketidaklancaran proses produksi ini antara lain kerusakan yang dialami mesin ketika proses produksi sedang berjalan. Untuk mencegah hal tersebut perlu dilakukan tindakan perawatan (*maintenance*) terhadap mesin.

Keandalan (*Reliability*)

Perawatan komponen atau peralatan tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan (*reliability*). Selain keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem perawatan juga keandalan digunakan untuk menentukan penjadwalan perawatan sendiri. Akhir-akhir ini konsep keandalan digunakan juga pada berbagai industri, misalnya dalam penentuan jumlah suku cadang dalam kegiatan perawatan.

Ukuran keberhasilan suatu tindakan perawatan (*maintenance*) dapat dinyatakan dengan tingkat *reliability*. Secara umum *reliability* dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem atau produk dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan (Govil, 2004) . Berdasarkan definisi *reliability* dibagi atas empat komponen pokok, yaitu:

1. Probabilitas

Merupakan komponen pokok pertama, merupakan input numerik bagi pengkajian

reliability suatu sistem yang juga merupakan indeks kuantitatif untuk menilai kelayakan suatu sistem. Menandakan bahwa reliability menyatakan kemungkinan yang bernilai 0-1

2. Kemampuan yang diharapkan (*Satisfactory Performance*)

Komponen ini memberikan indikasi yang spesifik bahwa kriteria dalam menentukan tingkat kepuasan harus digambarkan dengan jelas. Untuk setiap unit terdapat suatu standar untuk menentukan apa yang dimaksud dengan kemampuan yang diharapkan.

3. Tujuan yang Diinginkan

Tujuan yang diinginkan, dimana kegunaan peralatan harus spesifik. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa tingkatan dalam memproduksi suatu barang konsumen.

4. Waktu (*Time*)

Waktu merupakan bagian yang dihubungkan dengan tingkat penampilan sistem, sehingga dapat menentukan suatu jadwal dalam dalam fungsi reliability. Waktu yang dipakai adalah MTBF (*Mean Time Between Failure*) dan MTTF (*Mean Time to Failure*) untuk menentukan waktu kritik dalam pengukuran reliability.

5. Kondisi Pengoperasian (*Specified Operating Condition*)

Faktor-faktor lingkungan seperti: getaran (vibration), kelembaban (humidity), lokasi geografis yang merupakan kondisi tempat berlangsungnya pengoperasian, merupakan hal yang termasuk kedalam komponen ini. Faktor- faktornya tidak hanya dialamatkan untuk kondisi selama periode waktu tertentu ketika sistem atau produk sedang beroperasi, tetapi juga ketika sistem atau produk berada di dalam gudang (storage) atau sedang bergerak (trasformed) dari satu lokasi ke lokasi yang lain.

Secara umum untuk menentukan reliabilitas suatu produk atau sistem, dapat

ditentukan dengan analisis *Mean Time Between Failure* (Heizer & Berry Render , 2011).

Sistem Persediaan

persediaan adalah bahan mentah, barang dalam proses (work in process), barang jadi, bahan pembantu, bahan pelengkap, komponen yang disimpan dalam antisipasinya terhadap pemenuhan permintaan (Baroto 2004).

Pada umumnya persoalan yang dihadapi dalam pengendalian persediaan selalu berkaitan dengan usaha untuk menentukan besarnya persediaan yang optimal yang meminimumkan ongkos penyimpanan dan memaksimumkan tingkat ketersediaan, dan usaha untuk menentukan ukuran pemesanan yang optimal yang meminimumkan ongkos pesan dan ongkos penyimpanan.

Untuk mencapai tujuan tersebut, terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu:

- a. Sifat barang yang akan dibeli
- b. Jumlah barang yang akan dibeli
- c. Jumlah persediaan keamanan
- d. Kapan pemesanan dilakukan dan selang waktu pemesanan

Analisis Klasifikasi ABC

Pemilihan suku cadang yang akan ditentukan persediaannya dilakukan dengan menggunakan metode ABC, yaitu penentuan berdasarkan tingkat harga tertinggi dari biaya penggunaan material per periode waktu tertentu (harga per unit material dikalikan volume penggunaan dari material itu sampai periode waktu tertentu) Sofjan, 2008 .

Klasifikasi ABC mengikuti prinsip 80-20, atau hukum pareto dimana sekitar 80 % dari nilai inventori material dipersentasikan (diwakili) oleh 20 % material inventori.

Tujuan dari analisis ABC adalah untuk menentukan:

1. Frekuensi perhitungan inventori (cycle routing), dimana material kelas A harus diuji lebih sering dalam hal akurasi catatan inventori dibandingkan material-material kelas B atau C.
2. Prioritas rekayasa (engineering), dimana material-material kelas A dan B memberikan petunjuk pada bagian rekayasa dalam peningkatan program reduksi biaya ketika mencari material-material tertentu yang perlu difokuskan.
3. Prioritas pembelian, dimana aktifitas pembelian seharusnya difokuskan pada bahan-bahan baku bernilai tinggi (high cost) dan penggunaan dalam jumlah tinggi (high usage). Fokus pada material-material kelas A untuk pemasok (sourcing) dan negosiasi.
4. Keamanan: meskipun nilai biaya per unit merupakan indikator yang lebih baik dibandingkan nilai penggunaan (usage value), namun analisis ABC boleh digunakan sebagai indikator dari material-material (kelas A dan B) yang seharusnya lebih aman disimpan dalam ruangan terkunci untuk mencegah kehilangan, kerusakan, atau pencurian.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dipakai pada tugas akhir ini adalah penelitian yang bersifat deskriptif yang menjelaskan kondisi dari suatu sistem dengan pengamatan yang dilakukan.

Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah komponen mesin produksi yang berperan vital dalam kelancaran proses produksi di PT. Pertamina UBEP Jambi. Dalam hal ini yang menjadi objek penelitian adalah mesin *Water Injection Pump*. Alasan pemilihan *Water Injection Pump* karena mesin ini memiliki peranan yang besar, hal ini terlihat

dari fungsi mesin *Water Injection Pump* adalah menginjeksikan air terproduksi kedalam perut bumi yang diperlukan untuk proses pengangkatan (*lifting*) minyak bumi..

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah mesin *water injection pump* tipe GASO 3364-7 yang beroperasi di UBEP Jambi dikarenakan tipe mesin ini merupakan yang paling banyak digunakan di area operasional tersebut yang berjumlah 6 mesin.

Jenis Dan Sumber Data

Data Primer, dalam penelitian ini data primer diperoleh dengan cara melakukan observasi langsung terhadap urutan produksi, meninjau departemen yang menangani pengurutan produksi dan sistem informasi yang digunakan untuk pengurutan produksi, serta wawancara dengan pihak manajemen perusahaan, pembimbing lapangan yang tersedia, dan terhadap pekerja produksi.

Data sekunder, Data ini merupakan data yang diperoleh dari dokumen perusahaan, hasil penelitian yang sudah lalu dan data lainnya. Dalam penelitian ini data diperoleh dari karyawan logistik dan operator objek penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

1. Data Pemakaian Spare Part
2. Data Kerusakan Spare Part
3. Harga pembelian masing masing suku cadang

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang diperlukan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Teknik Observasi, yaitu melakukan pengamatan langsung terhadap objek penelitian dengan melaksanakan pengamatan terhadap proses produksi minyak bumi yang memasukkan objek penelitian dalam proses pembuatannya

yaitu pada tahapan lifting minyak bumi.

2. Mereview buku-buku laporan administrasi serta catatan-catatan pihak perusahaan yang berhubungan dengan data yang diperlukan yaitu data pemakaian suku cadang dan data kerusakan suku cadang untuk *Water Injection Pump*.
3. Teknik Wawancara, yaitu melakukan wawancara dengan supervisor dan karyawan divisi produksi yang dapat memberikan informasi yang diperlukan untuk menunjang penyelesaian masalah.
4. Teknik Kepustakaan, yaitu dengan membaca buku-buku dan jurnal-jurnal penelitian yang berkaitan dengan penerapan *reliability* dan *Water Injection Pump*.

Teknik Analisis Data

Pemilihan Komponen Kritis Dengan Metode ABC

penentuan berdasarkan tingkat harga tertinggi dari biaya penggunaan material per periode waktu tertentu (harga per unit material dikalikan volume penggunaan dari material itu sampai periode waktu tertentu) Sofjan, 2008 .

Klasifikasi ABC mengikuti prinsip 80-20, atau hukum pareto dimana sekitar 80 % dari nilai inventori material dipersentasikan (diwakili) oleh 20 % material inventori.

Penentuan Selang Waktu Antar Kerusakan (*MTBF*)

Standar unit dalam menghitung reability adalah *failure rate* (FR), *failure rate* atau tingkat kegagalan menghitung persentase kegagalan dari total produk yang diuji, FR(%), atau jumlah dari kegagalan dalam suatu periode waktu, FR(N). (Heizer & Berry Render , 2011).

$$FR (%) = \frac{\text{Total Jumlah Kegagalan}}{\text{Total Produk yang Diuji}} \times 100\%$$

$$FR (N) = \frac{\text{Total Jumlah Kegagalan}}{\text{Total Waktu Operasional}}$$

Secara umum, untuk mengetahui reabilitas suatu produk dapat dilihat melalui analisis MTBF yang sesuai dengan FR(N)

$$MTBF = \frac{1}{FR(N)}$$

Pembahasan dan Implikasi Manajerial

Komponen Kritis Pada Mesin *WIP (Water Injection Pump)*

Berdasarkan analisa pareto (Metoda ABC) diatas, diperoleh bahwa terdapat empat komponen yang termasuk kedalam kelas A yaitu, *Bearing: sleeve, gaso 3364 , Borgwarner npn sleeve: assy, qb3750/ 5a4x, Fan: 315 mm o/dia, for pump gaso 3364 dan Borgwarner npn basic seal assy for qb3750*

MTBF (Mean Time Between Failures)

Komponen Bearing: sleeve, gaso 3364

Persentase kegagalan :

$$FR(\%) = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Jumlah unit yang diuji}} \times 100\% = \frac{3}{6} \times 100\% = 50\%$$

Jumlah Kegagalan per hari operasional :

$$FR(N) = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Waktu operasional}} = \frac{3}{285} = 0.0105$$

$$MTBF = \frac{1}{FR(N)} = \frac{1}{0.0105} = 95 \text{ hari}$$

Komponen Borgwarner npn sleeve: assy, qb3750/ 5a4x

Persentase kegagalan :

$$FR(\%) = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Jumlah unit yang diuji}} \times 100\% = \frac{4}{6} \times 100\% = 66\%$$

Jumlah Kegagalan per hari operasional :

$$FR(N) = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Waktu operasional}} = \frac{4}{461} = 0.0086$$

7

MTBF = $1/(FR(N))=1/0.00867=115.25$
hari

Komponen Fan: 315 mm o/dia, for pump gaso 3364

Persentase kegagalan :

$$FR(\%) = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Jumlah unit yang diuji}} \times 100\% = \frac{3}{6} \times 100\% = 50\%$$

Jumlah Kegagalan per hari operasional :

$$FR(N) = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Waktu operasional}} = \frac{3}{359} = 0.00835$$

MTBF = $1/(FR(N))=1/0.00835=119.67$
hari

Komponen Borgwarner npn basic seal assy for qb3750

Persentase kegagalan :

$$FR(\%) = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Jumlah unit yang diuji}} \times 100\% = \frac{6}{6} \times 100\% = 100\%$$

Jumlah Kegagalan per hari operasional :

$$FR(N) = \frac{\text{Jumlah kegagalan}}{\text{Waktu operasional}} = \frac{6}{455} = 0.01318$$

MTBF = $1/(FR(N))=1/0.01318=75.83$ hari

Nilai MTBF (*Mean Time Between Failure*) untuk komponen *Bearing: sleeve, gaso 3364* sebesar 95 hari, *Borgwarner npn sleeve: assy, qb3750/5a4x* sebesar 115.25 hari, *Fan: 315 mm o/dia, for pump gaso 3364* sebesar 119.67 hari, dan *Borgwarner npn basic seal assy for qb3750* sebesar 75.83 hari

Kesimpulan dan Saran

1. Berdasarkan hasil analisis, perusahaan disarankan menerapkan kebijakan penggantian komponen mesin secara terencana menimbang bahwa rata – rata dalam 3 bulan adanya downtime mesin water injection pump yang diakibatkan oleh salah satu dari empat komponen mesin yang bersifat kritis.

2. Perusahaan disarankan melakukan pencatatan waktu kerusakan dengan detail secara terus-menerus untuk memudahkan penentuan waktu penggantian komponen mesin dan pengadaan persediaan suku cadang yang optimum..

DAFTAR PUSTAKA

Assauri, Sofjan, "Manajemen Produksi", LPFE, Universitas Indonesia, Edisi Ke IV, Jakarta, 2008.

Baroto, Teguh., "Perencanaan dan Pengendalian Persediaan", Penerbit Erlangga, 2004

Blanchard, David., "Supply Chain Management", Wiley and Sons, 2005

Corder, Antony & Hadi, Kusnul, "Teknik Manajemen Pemeliharaan", Penerbit Erlangga, Jakarta, 2005.

D Louit, R Pascual, D Banjevic dan A K S Jardine., "Optimization models for critical spare parts inventories a reliability approach", Jurnal Internet. 2011

Daft, Richard L., " Management ", Cengage Learning, 2009

Govil, A. K, "Realibility Engineering", Mc. Graw Hill Publishing Co, New Delhi, 2004

H. Nababan, Charles, "Analisis Keandalan Dan Penentuan Persediaan Optimal Komponen Sludge Separator Di PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Pabatu", 2010.

Handoko, T. Hani., "Manajemen", BPFYogyakarta, 2004

Hasibuan, H. Malayu S.P., "Manajemen Sumber Daya Manusia", Jakarta, Bumi Aksara, 2005.

Hendro Asisco. Kifayah Amar. Dan Yandra Rahadian Perdana.,” Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di Pt. Perkebunan Nusantara Vii (Persero) Unit Usaha Sungai Niru Kab.Muara Enim”.,UIN.Jurnal Internet

Jay Heizer dan Barry Render.,”Operations Management”., Pearson, 2011

Lindley dan Mobley.,”Maintenance Engginering Handbook”.,Engels,2013

Maria Elena Nenni. dan Massimiliano Maria Schiraldi.,”Optimizing Spare Parts Inventory in Shipping Industry”., Department of Industrial Engineering. University of Naples Federico II

Martin Kenneth Starr, David Wendell Miller.,”Inventory Control : Theory and Practice.”,Prentice-hall, 2004

Siregar., Rosman.,” Menentukan Keandalan Pada Model Stress-Strength Pada suatu komponen”. Fakultas MIPA Jurusan Matematika., USU.Jurnal Internet

Sodikin, Imam., “Analisis Penentuan Waktu Perawatan Dan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu Yang Optimal”., IST AKPRIND.Jurnal Internet

Silalahi, Herwandi.,”Pengendalian Persediaan Suku Cadang Mesin-Mesin Pabrik di PT. Perkebunan Nusantara III PKS Rambutun TebingTinggi”.,USU.Jurnal Internet

Willem van Jaarsveld. dan Rommert Dekker.,”Integrating reliability centered maintenance and spare parts stock control”., Econometric institute, Erasmus. University Rotterdam