



**SEMINAR NASIONAL
MESIN DAN INDUSTRI
(SNMI) 5 - 2009**

**Auditorium Gedung Utama
Universitas Tarumanagara
Jakarta, 08 Oktober 2009**

**RISET APLIKATIF
BIDANG TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI**

**Diselenggarakan oleh:
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Tarumanagara**



Kata Pengantar

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan kasih-Nya, Seminar Nasional Mesin dan Industri SNMI5 2009 dapat berlangsung dengan baik.

SNMI5 2009 diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara dalam rangka Dies Natalis ke-27 Program Studi Teknik Mesin dan Dies Natalis ke-3 Program Studi Teknik Industri di Universitas Tarumanagara. Seminar Nasional ini mengambil tema : **"Riset Aplikatif Bidang Teknik Mesin dan Industri"**.

Tujuan penyelenggaraan SNMI5 2009 adalah sebagai berikut:

1. Menumbuhkan sikap inovatif, kreatif serta tanggap terhadap perkembangan IPTEK.
2. Menjadi forum komunikasi hasil penelitian terbaru antar Peneliti, Praktisi, Industri, Akademisi, dan Mahasiswa.
3. Menjadi wadah presentasi ilmiah sehingga memacu pengembangan program penelitian lebih lanjut.

SNMI5 2009 menampilkan 3 (tiga) pembicara kunci yang sangat berkompeten di bidangnya, yaitu:

1. Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto (Universitas Indonesia)
2. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel (Universitas Indonesia)
3. Alexander Chandra, MBA (Praktisi Industri)

Selain pembicara kunci, dalam SNMI5 2009 juga dipresentasikan 50 makalah yang berasal dari berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia.

Pada kesempatan ini Panitia SNMI5 2009 mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung terselenggaranya seminar ini dengan baik.

Akhirnya, panitia mengucapkan selamat berseminar kepada seluruh pemakalah dan peserta, semoga melalui SNMI5 2009 ini, peserta dapat membagikan dan memperoleh berbagai pengalaman dan pengetahuan baru di Bidang Teknik Mesin dan Industri.

Jakarta, 08 Oktober 2009
Ketua Panitia SNMI5 2009

Delvis Agusman, ST, M.Sc

Daftar isi

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Susunan Panitia	vii
Susunan Acara	ix

Makalah Pembicara Kunci

1. Riset Aplikatif Bidang Teknik mesin dan Teknik Industri Bambang Sugiarto	1
2. TQM – <i>Strenghtening Indonesian Industry</i> T. Yuri Zagloel	2
3. Usaha Kecil dan Menengah Sebagai Peluang Membangun Industri Umat Alexander Chandra	3

Makalah Bidang Teknik Industri

4. Peranan Teknologi Informasi dalam Implementasi Manajemen Rantai Pasok Diana Suzana Mandar	4
5. Analisa Pengendalian Kualitas di PT. Mega pelita Jaya Feliks Prasepta	5
6. Implementasi Kesehatan dan keselamatan kerja di YIMM Feliks Prasepta	6
7. Pengurangan Biaya yang Ditimbulkan <i>Waste</i> dengan Konsep <i>Lean Manufacturing</i> pada PT. FJ Helena J Kristina, Darwin Sumarlin	7
8. Analisis produk terbaik dengan metode AHP dan Fuzzy AHP: studi kasus Pemilihan produk MP4 Player Windita Fitri N, Andi Sudiarmo	8

9. Integrasi Metode Balanced Scorecard dan AHP dalam pemilihan Strategi Peningkatan Kinerja perusahaan Diah Pramestari	9
10. <i>Production Sceduling</i> Using genetic Algoritma Method di PT ABC Trifenaus P Hidayat, Benny Saputra	10
11. Plant layout Design Using Modular Layout Trifenaus P Hidayat, Benny Saputra	11
12. Pendekatan Metode Modular, corelap dan Aldep Untuk perbaikan Tata Letak lantai produksi, Hotma AH, Anityo Lestari	12
13. Pendekatan Metode Response Surface dan Metode Taguchi Untuk penentuan Setting Optimal Mesin, Hotma AH, Anityo Lestari	13
14. Perancangan Tas yang Ergonomi I Wayan S	14
15. Rumusan strategi Produk Yang berorientasi Pada tuntutan pelanggan (studi Kasus pada Perusahaan Perakit Komputer tidak bermerk di Bandung) Chevy Heri Sumerli A.	15
16. Studi Klatering Wilayah Kecamatan Untuk Kawasan Industri Berdasarkan Potensi Sumber Daya Alam Dan Sosial Kependudukan (Studi Kasus Di Bantalan Madura) Fitri Agustina	16
17. Analisa kepuasan pelanggan Pada penanganan Pelanggan di Departemen Sales dan Marketing dengan Menggunakan Servqual Marselinus bahtiar, Adela Putri Arum	17
18. Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Efektifitas Penilaian Kerja Dengan Metode Persamaan Struktural di PT. X Tbk Marselinus bahtiar, Adela Putri Arum	18
19. Penentuan Rute Distribusi Dengan pendekatan Vehicle Routing Problem dan Metode Tabu Search Untuk Minimasi Biaya Transportasi Ayu Budiarti, Lestari Setiawan	19

20. Analisis Sistem Antrian Guna Tercapainya Jumlah Teller Yang optimal Pada kantor Cabang Pembantu Bank X Aditya Wardiman, A. Amaningsih Junhur	20
21. Analisis Perbaikan Lini Produksi Pada Proses Produksi Produk X dengan Metode Value Stream Mapping (studi kasus di plant 1 PT. XYZ) Muslimin	21
22. Analisis Kualitas Jasa Periklanan Pada Media Cetak yang Efektif Untuk Meningkatkan Kualitas pelayanan Pelanggan Rini A, Kartiko EP, Dahmir Dahlan	22
23. Analisa Model Penggantian Komponen Berdasarkan Kriteria Total Down Time Terkecil Guna Menentukan Tingkat Persediaan Pengaman dan Reorder Point Ahmad	23
24. Analisa Pengaruh Koordinasi Dan Peranan Staf Terhadap Efektifitas Pelayanan Dengan Model Korelasi Dan Regresi Berganda Ahmad	24
25. Penyusunan Program komputasi Analisis Statik ada Struktur Truss dengan Pendekatan Elemen Hingga Dedi Suryadi	25
26. Pengaruh Aliran Fluida Gas Cair Terhadap Getaran Pada Belokan Pipa Horisontal Muh. Irsyad	26
27. Rancang Bangun Perkakas Ekstrusi Skala Laboratorium P.Y.M. Wibowo Ndaruhadi, War'an Rosihan dan Martijanti	27
28. Pengaruh Geometri Tahapan Pembentukan Pada Proses Tempa Dingin Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Aluminium Paduan P.Y.M. Wibowo Ndaruhadi dan Martijanti	28
29. Perancangan Penjejak Garis Pada Robot Berbasis Mikrokontroler Syarif Hidayatuloh, Dede Lia Zariatn, Yohannes Dewanto	29
30. Pengaruh Alat Penghemat Bbm "Elektrolizer" Pada Mesin Mobil Arijanto	30

31. Analisis Kekuatan Chassis Gokart Tipe Kadet Hasil Modifikasi Dengan Menggunakan Program Berbasis Finite Element Analysis (Fea) Toto Triantoro dan War'an Rosihan	32
32. Pengaruh Pemanfaatan Zeolit Pelet Tekan Pembebanan Kejut Asal Lampung yang Diaktivasi Fisik Terhadap Prestasi Motor Diesel 4 Langkah Herry Wardono	32
33. PERANCANGAN SEPEDA MOTOR <i>HYBRID</i> DENGAN METODA <i>QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT</i> Riyadi	
34. Pengaruh Rake Angle Terhadap Gaya Potong Pada External Turning Rosehan, Erry Y.T. Adesta, Muhammad Averrusd	33
35. Analisis Struktur Chassis Kendaraan Serbaguna Untuk Perkebunan Noor Eddy	34
36. Rancang Bangun Kendaraan Serbaguna Untuk Perkebunan Noor Eddy	35
37. Studi dan Pengembangan Sambungan Adesif Pada Pipa Komposit Yang Mendapat Beban Kombinasi Internal Pressure Dan Puntir Jamiatul Akmal, Ign Wiratmaja Puja, Satryo Sumantri Brodjonegoro, Rochim Suratman, dan I Wayan Suweca	36
38. Peningkatan Ergonomi Dengan Penerapan Teknik Sentuh pada Pengendalian Kecepatan Motor Dc Agus Sofwan dan Novizal	37
39. Perancangan Angkutan Umum yang Ergonomis Bagi Penumpang (Studi Kasus Pada Mikrobus) Lamto Widodo, Lina Gozali dan Handrie	38
40. Perancangan Sistem Pengukuran Kinerja Dengan Menggunakan Analytic Network Process (Anp) Di PT. X Al Ikbal Arbi dan Diah Pramestari	39
41. Analisis Produk Terbaik Dengan Metode <i>Alaytical Hierarchy Process</i> Dan <i>Fuzzy Analytical Hierarchy Process</i> : Studi Kasus Pemilihan Produk Mp4 Player Windita Fitri Nugraheni Dan Andi Sudiarso	40

42. Pengaruh Pengurangan Kadar Abu Terhadap Kenaikan Nilai Kalori Batubara Tanjung Enim: Perbandingan Metoda Pencucian Batubara Aglomerasi Air-Minyak Sawit dan Air Bergelembung Nukman	41
43. Energi Aktivasi Dari Dekomposisi Batubara Yang Dicuci Dengan Metode Aglomerasi Minyak Sawit Nukman	42
44. Optimalisasi Proses <i>Parting</i> Pada <i>Machining</i> Benda Kerja <i>Throttle</i> Didi Widya Utama dan Wilson Kosasih	43
45. Evaluasi Level Keandalan Sebagai Dasar Optimasi Keandalan Mesin Zuliantoni	44
46. Analisis Respon Dan Kestabilan Sistem Kontrol Hidrolik pada Pengangkat Forklift Zuliantoni	45
47. Model Matematis Variabel Pemotongan Terhadap Keausan Tepi Pahat pada Proses Gurdi Zuliantoni	46
48. STUDI DESAIN TERMAL BEJANA PRESSURIZER PWR DAYA 600 MWe - 1000 MWe Suroso	
49. Studi Awal Perancangan <i>Escapade</i> pada Kendaraan Bermotor Roda Dua Saat Mengalami Gangguan Ban Delvis Agusman	47
50. Pengaruh filler metal pada proses pengelasan baja AISI 1045 Sofyan Djamil	48



ANALISA MODEL PENGGANTIAN KOMPONEN BERDASARKAN KRITERIA TOTAL DOWN TIME TERKECIL GUNA MENENTUKAN TINGKAT PERSEDIAAN PENGAMAN DAN REORDER POINT

Ahmad

Teknik Industri Univ. Tarumanagara

ABSTRACT

The regulation to change material in a good way is one of some ways to run production process in order to get a good quality of product. The damage of a material in irregular way influences very much the smoothness of the production process. To solve this problem, it needs to substitute (change) the material regularly by prevention based on total down time. This is to be the basic regulation in the company inventory. The analysis are done to the two substitutes models by using the smallest total down time criterion. In the first model, the down time is 3,45 minutes occurred in the time change 15 days. While in the second model, the smallest down time is 3,15 minutes occurred in the time change 16 days. So, the best regulation based on the smallest down time is change the material in the 16th days.

Key words: *Substitutes model, the minimum down time*

ABSTRAK

Kebijakan penggantian komponen yang tepat menjadi salah satu syarat yang harus dipenuhi agar proses produksi tetap berlangsung dan menghasilkan kualitas produk yang diharapkan. Kerusakan komponen yang tidak beraturan sangat berpengaruh pada kelancaran proses produksi, untuk itu diperlukan kebijakan perawatan yang tepat agar proses produksi tidak terganggu. penggantian komponen yang optimal dengan cara pencegahan berdasarkan total down time menjadi salah satu solusinya. Keputusan tersebut menjadi dasar kebijakan inventori perusahaan. Analisis dilakukan terhadap dua model penggantian dengan kriteria total down time terkecil. Pada model I, di ketahui down time sebesar 3,45 menit terjadi pada waktu penggantian (tp) sebesar 15 hari. Sedangkan model II, down time terkecil terjadi pada waktu penggantian (tp) 16 hari sebesar 3,15 menit. Untuk itu kebijakan terbaik berdasarkan down time terkecil yaitu melakukan penggantian komponen pada hari ke 16. Berdasarkan keputusan penggantian pada hari ke 16 tersebut, maka dengan analisis tingkat persediaan diketahui tingkat persediaan pengaman dan reorder point masing-masing 4,23 dan 16,23 box dengan pemesanan setiap 43 hari.

Kata kunci: *Model penggantian, down time terkecil, Persediaan*

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, kebijakan perawatan yang tepat terhadap sistem produksi yang beroperasi dengan kapasitas tinggi sangatlah diperlukan. Hal ini dimaksudkan agar kontinuitas produksi tetap berlangsung. Untuk menjamin kelancaran proses produksi pada suatu industri, diperlukan cara yang efisien dan efektif untuk mencegah terjadinya kerusakan yang menyebabkan berhentinya proses yang sedang berlangsung¹. Pengoptimalan keefektifan sistem akan mampu menekan kerugian-kerugian seperti kerugian karena produk cacat, Penurunan produksi karena perbedaan start, serta kemacetan yang terjadi sewaktu-waktu. Kebijakan penggantian komponen sangat bermanfaat bagi industri yang bergerak dalam bidang otomotif, percetakan, tekstil, teknologi informasi (komputer), dan perusahaan-perusahaan lain yang memprioritaskan ketepatan waktu produksi dan kualitas produksi. Dengan penggantian pencegahan sebelum terjadi kerusakan yang berdasarkan catatan historis mengenai kerusakan-kerusakan produk/komponen yang memberikan gambaran jangka waktu berbagai kerusakan dalam periode waktu tertentu, maka gangguan program kerja, kehilangan produksi, kemacetan dan menurunnya kualitas dalam berproduksi dapat dikurangi sehingga terjadi penurunan biaya pemeliharaan. Keuntungan lain yang didapatkan jika waktu penggantian yang optimal diketahui adalah berkaitan dengan masalah inventori (penyediaan) komponen, dimana jumlah kebutuhan setiap kali penggantian komponen menjadi input dalam mengendalikan persediaan sehingga tetap terjaga dan minimnya biaya persediaan¹.

Artikel ini membahas analisa penentuan penggantian suatu komponen yang dianggap kritis dan berpengaruh pada kualitas hasil produksi pada mesin Spinning di salah satu perusahaan tekstil. Analisa didasarkan pada data yang dikumpulkan dan dari hasil wawancara. Data komponen yang dianalisa adalah data interval penggantian, data waktu penanganan pencegahan, dan data waktu penanganan jika terjadi kerusakan. Komponen yang dijadikan contoh dalam tulisan ini adalah komponen traveler 1/0 yang terbuat dari baja yang bergerak naik turun dengan kecepatan tertentu. Kebijakan penggantian komponen traveler selama ini waktunya tidak tentu dan biasanya setelah

mengalami kerusakan parah pada komponen traveler (seperti sudah berwarna hitam) dan penurunan kualitas produk benang seperti berbulu dan terputus.

Tujuan utama penelitian ini melakukan analisa terhadap dua model penggantian komponen untuk mendapatkan waktu penggantian komponen yang tepat berdasarkan Kriteria waktu total down time terkecil. Berdasarkan analisis penggantian tersebut, maka dilakukan analisa persediaan untuk menentukan waktu pemesanan, jumlah pemesanan komponen, dan persediaan pengaman untuk menunjang tetap berlangsungnya proses produksi. Dalam tulisan ini ditekankan pada analisa berdasarkan data statistik penggantian komponen dan tidak membahas berkurangnya ketebalan komponen per satuan waktu, serta tidak melibatkan unsur mekanik komponen dan sebab-sebab teknis lainnya.

TINJAUAN TEORI

Pengertian Perawatan

Perawatan dimaksudkan sebagai kegiatan yang diarahkan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi dan peralatanya. Dalam hal ini diusahakan agar dapat menekan kerusakan seminimal mungkin. Masalah perawatan merupakan kegiatan untuk menjaga keandalan atau daya tahan sistem produksi pada kondisi operasi dan waktu tertentu. Ada dua prinsip utama dalam sistim perawatan yaitu²:

1. Menekan atau memperpendek periode kerusakan sampai batas minimum
2. Menghindari kerusakan tidak terencana (mendadak).

Dalam analisis kerusakan suatu komponen/produk, faktor yang diperhatikan adalah laju kerusakan komponen setiap saat selama masa operasinya. Analisa kerusakan suatu komponen dapat dilakukan dalam dua cara yaitu: menentukan sebab-sebab kerusakan berdasarkan aspek-aspek teknis dan menekankan pada ketergantungan mekanisme kerusakan terhadap waktu tanpa memperhatikan sebab-sebab kerusakan komponen. Dalam tulisan ini dikhususkan pada cara yang kedua yaitu analisa kerusakan komponen yang akan dibahas dengan cara statistik dari data-data yang dikumpulkan.

Model Penggantian Pencegahan

Pada dasarnya *downtime* didefinisikan sebagai waktu suatu komponen sistem tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi terbaik), sehingga membuat kondisi fungsi tidak berjalan. Pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen perawatan adalah menekan periode kerusakan sampai batas minimum, maka keputusan penggantian berdasarkan down time minimum menjadi sangat penting. Ada dua model penggantian komponen yaitu²:

1. Model Penggantian berdasarkan interval waktu

Model ini bertujuan untuk menentukan penggantian pencegahan yang optimum dengan segera pada saat kerusakan terjadi berdasarkan interval waktu, tp . Total down time model ini diformulasikan :

$$D(tp) = \frac{H(tp) \cdot Tf + Tp}{tp + Tp} \dots\dots\dots(1)$$

$D(tp)$: Total down time

$H(tp)$: Nilai harapan/ banyaknya kerusakan dalam interval $(0, tp)$

Tf : Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena kerusakan

Tp : Waktu yang diperlukan untuk penggantian karena tindakan preventif

$tp + Tp$: Panjang satu siklus

Untuk komponen yang memiliki distribusi kegagalan mengikuti distribusi peluang tertentu dengan fungsi peluang $f(t)$, maka nilai harapan banyaknya kegagalan dalam interval waktu $(0, tp)$ adalah :

$$H(tp) = \sum_{i=0}^{tp-1} [1 + H(tp - 1 - i)] \int_i^{i+1} f(t) \cdot dt \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan fungsi kegagalan yang mengikuti distribusi normal, nilai $H(tp)$ pada persamaan (2) diatas menjadi persamaan:

$$H(tp) = \sum_{i=0}^{tp-1} [1 + H(tp - 1 - i)] \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int \exp. \left[-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \dots\dots\dots (3)$$

Dimana μ dan σ adalah masing-masing mean dan standar deviasi.

Sedangkan bentuk integral dari persamaan fungsi yang mengikuti fungsi kegagalan distribusi normal pada persamaan (3) diatas dapat dihitung sebagai:

$$\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int \exp. \left[-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt = F \left[\frac{(t - \mu)}{\sigma} \right] - F \left[\frac{-(t - \mu)}{\sigma} \right] \dots\dots\dots (4)$$

Dengan tranformasi variabel normal baku yang berdistribusi normal N(0,1), maka suatu variable acak waktu kegagalan berdistribusi normal N (μ, σ) akan menjadi:

$$Z = \frac{t - \mu}{\sigma}$$

Z = ordinat kurva distribusi normal

Variabel baru z akan berdistribusi normal N(0,1) dengan fungsi distribusi kumulatif:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp. \left(-\frac{z^2}{2} \right) dz \dots\dots\dots (5)$$

2. Model Penggantian komponen berdasarkan umur komponen

Model ini bertujuan menentukan penggantian yang optimum berdasarkan umur komponen, t_p , yang mana melalui penggantian itu akan meminimumkan down time per satuan waktu. Total down time per unit waktu yaitu perbandingan total down time yang diharapkan per siklus dengan panjang siklus yang diharapkan. Notasi secara matematik adalah sebagai berikut:

$$D(tp) = \frac{T_p.R(tp) + T_f.\{1 - R(tp)\}}{(tp + T_p).R(tp) + \{M(tp) + T_f\}\{1 - R(tp)\}} \dots\dots\dots (6)$$

dimana,

t_p : panjang siklus preventif



SNMI
Seminar Nasional Mesin dan Industri
2009
Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagara

Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI5) 2009
"Riset Aplikatif Bidang Teknik Mesin dan Industri"
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

T_p : waktu yang diperlukan untuk penggantian pencegahan

T_f : Waktu penggantian karena kerusakan

$R(tp)$: peluang keandalan

$1 - R(tp)$: peluang kerusakan/gagal

$M(tp)$: nilai harapan panjang siklus kerusakan, dengan formula :

$$M(tp) = \frac{\int_{-\infty}^{tp} t \cdot f(t) \cdot dt}{1 - R(tp)} \dots\dots\dots (7)$$

hasil substitusi persamaan (7) ke persamaan (6) dapat ditulis secara lengkap :

$$D(tp) = \frac{Tp \cdot R(tp) + Tf \cdot \{1 - R(tp)\}}{(tp + Tp) \cdot R(tp) + \int_{-\infty}^{tp} t \cdot f(t) \cdot dt + Tf \cdot \{1 - R(tp)\}} \dots\dots\dots (8)$$

fungsi distribusi kegagalan komponen yang mengikuti distribusi normal , maka besaran integral pada persamaan (8) diatas dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\int_{-\infty}^{tp} t \cdot f(t) \cdot dt = -\sigma G\left[\frac{t - \mu}{\sigma}\right] + \mu F\left[\frac{t - \mu}{\sigma}\right]$$

$$= -\sigma \cdot G(z) + \mu \cdot F(z) \dots\dots\dots (9)$$

dimana, $G(z)$ = ordinat kurva normal

$F(z)$ = Fungsi distribusi normal kumulatif

= standar deviasi

μ = rata-rata

Sedangkan besaran keandalan $R(tp)$ produk dapat ditentukan :

$$R(tp) = \int_{tp}^{\infty} f(t) \cdot dt \dots\dots\dots (10)$$

Kegagalan komponen yang mengikuti distribusi normal, maka besaran $R(tp)$ pada persamaan (10) dapat dihitung sebagai berikut :

$$R(tp) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{tp}^{\infty} \exp - 1/2 \left[\frac{(t - \mu)^2}{\sigma^2} \right] dt \dots\dots\dots (11)$$

Jika t ditransformasikan kedalam z , maka $R(tp) = R(zp)$, sehingga dapat ditentukan sebagai berikut:

$$R(zp) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{zp}^{\infty} \exp - \left[\frac{z^2}{2} \right] dz$$

$$R(zp) = F(z = \infty) - F(z = zp)$$

$$R(zp) = 1 - F(zp) \dots\dots\dots (12)$$

II. Model Persediaan

Secara umum model persediaan di bagi dua yaitu:

1. Model Deterministik adalah model yang menganggap semua parameter telah di ketahui dengan pasti. Model ini biasa di kenal dengan nama model EOQ, yang mengasumsikan leadtime sama dengan nol.
2. Model probabilistik adalah: model yang menganggap satu atau lebih parameternya dapat merupakan variable-variabel acak. Model ini biasa di kenal dengan nama model sistim Q. Dalam model ini, dilakukan penentuan banyaknya persediaan pengaman yang diperlukan dan selama waktu tunggu.

Model Persediaan sistim Q

Parameter-parameter yang di gunakan adalah:

1. Ongkos pemesanan (C_r)
2. Prosentase ongkos penyimpanan (C_c)
3. Tenggag waktu dua pemesanan berurutan (t) hari
4. Kebutuhan bahan selama setahun (D)
5. Harga item per satuan (c)
6. Ongkos kekurangan persediaan (K)
7. Kebutuhan serlama waktu tunggu (R)
8. Fungsi distribusi kemungkinan ($f(y)$)
9. Nilai distribusi normal dari tabel (w)
10. Persediaan Pengaman (W)

11. Standar deviasi kebutuhan selama waktu tunggu (SR)
12. Rata-rata waktu tunggu (L)
13. Jumlah hari kerja setahun (T)
14. Pemakaian rata-rata per hari (X)
15. Standar deviasi kebutuhan toleransi kebutuhan manajemen perawatan yang diizinkan (S)
16. Jumlah pemesanan optimal (Q)
17. Titik pemesan kembali (ROP)
18. TC = total kost

Dari parameter-parameter tersebut, dapat di bentuk persamaan sebagai berikut:

1. Ongkos pesanan per tahun (OP) = $(T/t) \cdot Cr$ (13)

2. Ongkos Penyimpanan (OMP) = $(t.D.c.Cc) / 2T$ (14)

3. Ongkos persediaan pengaman (OPP) = $W.c.Cc$ (15)

4. Ongkos kekurangan persediaan (OKP) = $\left(T \cdot \frac{K}{t}\right) \int_{R+w}^{\infty} f(y) dy$ (16)

5. Total Biaya = OP + OMP + OPP + OKP (17)

6. $SR = S \sqrt{\left(\frac{t}{T}\right)}$
 (18)

7. $Q = t \cdot X$ (19)

8. $W = SR \cdot w$ (20)

9. $ROP = R+W$ (21)

10. $[G(w)]^2 = \frac{Sr^2 \cdot 2 \cdot c \cdot Cc [Cr + K(1 - F(R+w))]}{D \cdot K^2}$ [22]

11. $TC = \left(\frac{T}{t}\right) \cdot Cr + \frac{t \cdot D \cdot c \cdot Cc}{2T} + W \cdot c \cdot Cc + \frac{T \cdot K[1 - F(R+w)]}{t}$ (23)

12. $t = \frac{T \cdot K \cdot f(R+w)}{c \cdot Cc}$ (24)



ANALISIS DAN PEMBAHASAN:

Tabel 1. Data waktu interval penggantian (TI)

No. UP	Interval WP (hari)	No. UP	Interval WP (hari)	No. UP	Interval WP (hari)	No. UP	Interval WP (hari)
1	19	13	18	25	18	37	15
2	20	14	20	26	16	38	16
3	18	15	22	27	17	39	17
4	14	16	23	28	22	40	17
5	24	17	16	29	18	41	18
6	18	18	15	30	20	42	17
7	22	19	24	31	21	43	19
8	23	20	15	32	17	44	23
9	14	21	23	33	18	45	15
10	25	22	17	34	17	46	17
11	25	23	19	35	18	47	19
12	21	24	24	36	20	48	18

Up = urutan penggantian, WP = waktu penggantian

Tabel 2. Data waktu penggantian karena kerusakan (menit)

No. up	Tf (menit)	No. up	Tf (menit)	No. up	Tf (menit)
1	73	11	73	21	74
2	76	12	72	22	75
3	72	13	73	23	75
4	75	14	74	24	75
5	75	15	74	25	75
6	74	16	76	26	76
7	77	17	74	27	76
8	74	18	76	28	77
9	76	19	76	29	77
10	76	20	74	30	72

Tabel 3. Data waktu penggantian karena pencegahan

No. up	Tp (menit)	No. up	Tp (menit)	No. up	Tp (menit)
1	44	11	44	21	44
2	47	12	43	22	47
3	46	13	43	23	47
4	46	14	42	24	45
5	46	15	42	25	46
6	43	16	44	26	46
7	44	17	44	27	46
8	42	18	45	28	46
9	45	19	45	29	46
10	45	20	45	30	46

Data-data diatas dianalisis secara statistik dengan program SPSS 11.0, maka dapat diketahui kenormalan data pada $\alpha = 0,05$, dimana :

H0 : data berdistribusi normal

H1 : data tidak berdistribusi normal

Keputusan pengujian: jika probabilitas hasil uji $> \alpha$, maka keputusanya terima Ho.

Hasil pengolahan dengan program SPSS 11.0 menggunakan uji kenormalan kolmogorov dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini³:

Tabel 4. Rangkuman hasil Tl, Tp, dan Tf menggunakan SPSS 11.0

	Tl	Tp	Tf
Banyak data	48	30	30
Mean	19	45	75
Standar dev	3	14.5	1.48
Kolmogorov z	1.122	2.041	0.931
Asymp sig (2 tailed)	0.161	0.60	0.351

Hasil pengolahan dengan SPSS 11.0 menunjukkan *Asymp.sig* semuanya lebih dari 0,05 maka data berdistribusi normal. Pada tabel 1, diketahui $\mu = 19$ $\sigma = 3$. tabel 2 diketahui $\mu = 45$ $\sigma = 1,55$, dan pada tabel 3 didapat $\mu = 75$ $\sigma = 1,5$

Dengan bantuan tabel statistik distribusi kumulatif normal maka nilai-nilai H(tp) pada persamaan (3) untuk model I dapat dihitung dengan asumsi nilai H(tp) pada tp =0 ditetapkan sama dengan nol. Maka nilai H(tp) pada tp=1 berdasarkan persamaan tersebut dapat dihitung :

$$H(1) = \{1 + H(0)\} \int_0^1 \frac{1}{3\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-19)^2}{2 \cdot 3^2}\right) dt$$

$$H(1) = \{1 + H(0)\} \left\{ F\left(\frac{(1-19)}{3}\right) - F\left(\frac{(0-19)}{3}\right) \right\}$$

$$H(1) = (1+0) \{ F(z = -6) - F(z = -6,3) \}$$

$$H(1) = (1) \cdot (0 - 0) = 0$$

dan untuk H(tp) pada tp=2

$$H(2) = \int_0^1 f(t)dt + \int_1^2 f(t)dt$$

$$H(2) = \{1 + H(1)\}(0) + \{1 + H(0)\} \left\{ F\left(\frac{(2-19)}{3}\right) - F\left(\frac{(1-19)}{3}\right) \right\}$$

$$H(2) = (1+0)(0) + (1) \{ F(z = -5,7) - F(z = -6) \}$$

$$H(2) = (1) \cdot (0) + (1) \cdot (0 - 0) = 0$$

Sedangkan untuk nilai-nilai H(tp) dari tp=14 sampai tp=25 hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4 berikut :



Tabel 5. nilai peluang $H(tp)$ dari waktu penggantian komponen

TP	H(tp)
14	0,0474
15	0,0917
16	0,1586
17	0,2513
18	0,3706
19	0,4999
20	0,6292
21	0,7485
22	0,8412
23	0,9082
24	0,9524
25	0,9771

Dari rata-rata $Tp=45$ menit= $0,03125$ hari, dan rerata Tf sebesar 75 hari atau 0,05210, maka nilai $D(tp)$ persamaan (1) model I dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$D(tp) = \frac{H(tp) \cdot (0,0521) + (0,03125)}{tp + 0,03125}$$

Sehingga nilai $D(tp)$ berdasarkan nilai pada tabel 5 diatas dapat dihitung:

Tabel 6. nilai down time tiap-tiap waktu penggantian

TP	D(tp) total (menit)
14	3,4602
15	3,45024
16	3,54960
17	3,74688
18	4,03632
19	4,33296
20	4,60224
21	4,80816
22	4,90608
23	4,91040
24	4,84416
25	4,72464

Berdasarkan analisis penggantian model I pada tabel 6, maka dipilih $tp=15$ dengan total down time paling kecil sebesar 3,4502 menit

Sedangkan analisis perhitungan dengan model II yang bertujuan menentukan penggantian yang optimum berdasarkan umur komponen. Maka berdasarkan nilai rata-

rata $\mu=19$, $T_f = 75$ menit = 0,0521 hari dan nilai $T_p=45$ menit atau 0,03125 hari, dengan $\sigma =3$, maka persamaan Down time model II sesuai persamaan (8) akan menjadi :

$$D(tp) = \frac{(0,03125).R(tp) + (0,0521). \{1 - R(tp)\}}{(tp + 0,03125).R(tp) + \int_{-\infty}^{tp} t.f(t).dt + (0,0521). \{1 - R(tp)\}}$$

Dengan memanfaatkan tabel distribusi normal kumulatif dan tabel ordinat kurva normal maka nilai –nilai integral dapat diselesaikan sesuai persamaan (9):

$T_p = 14$, maka $z = (14-19)/3 = -1,67$. dengan $z=-1,67$ maka nilai $G(z)$ berdasarkan tabel ordinat kurva normal didapatkan 0,0989 dan nilai $F(z)$ tabel distribusi normal kumulatif didapatkan 0,0475, sehingga nilai integral untuk $tp=14$ adalah:

$$\int_{-\infty}^{tp} t.f(t).dt = -3.(0,0989) + 19.(0,0475) = 0,6058$$

Hasil perhitungan integral untuk nilai $tp=15$ sampai $tp=25$ dapat dilihat pada rangkuman tabel berikut:

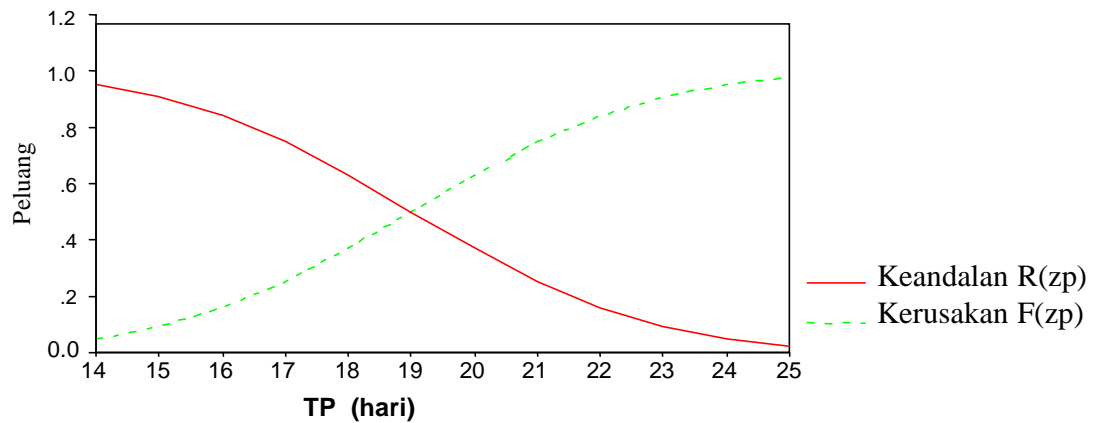
Tabel 7. hasil perhitungan integral dari tiap-tiap tp

Tp	$\int_{-\infty}^{tp} t.f(t).dt = -\sigma .G(z) + \mu.F(z)$
14	0,6058
15	1,2501
16	2,2893
17	3,8205
18	5,9099
19	8,3033
20	10,823
21	13,267
22	15,258
23	16,762
24	17,801
25	18,405

Sedangkan perhitungan nilai keandalan $R(tp)$ dari tiap-tiap tp didasarkan pada nilai-nilai $F(zp)$ sesuai persamaan (12) dapat dilihat pada tabel 8 dan gambar 1 berikut:

Tabel 8. nilai keandalan tiap-tiap tp

TP	Z	F(zp)	R(zp)
14	-1,67	0.0475	0.9525
15	-1,33	0.0918	0.9082
16	-1	0.1587	0.8413
17	-0,67	0.2514	0.7486
18	-0,33	0.3707	0.6293
19	0	0.5	0.5
20	0,33	0.6293	0.3707
21	0,67	0.6486	0.2514
22	1	0.8413	0.1587
23	1,33	0.9082	0.0918
24	1,67	0.9525	0.0475
25	2	0.9772	0.0228



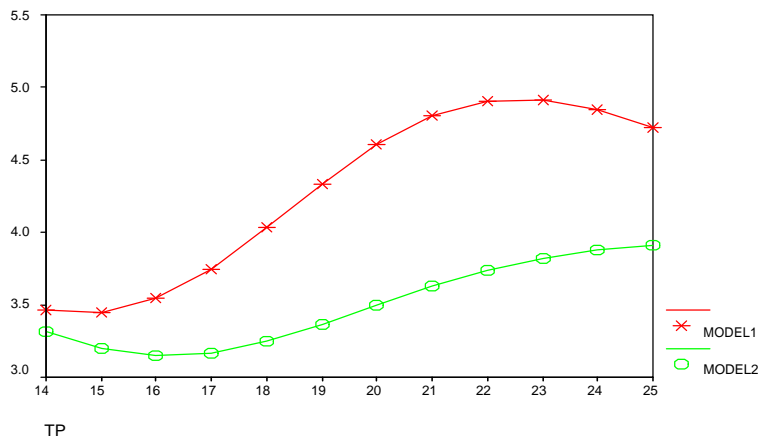
Gambar I : kurva peluang keandalan dan kerusakan komponen

Berdasarkan nilai-nilai integral, $R(tp)$, dan $F(zp)$ maka nilai Down time tiap-tiap tp dengan persamaan model II dapat dihitung dan hasilnya pada tabel 9 berikut :

Tabel 9. nilai down time model II

TP	D(tp) (menit)
14	3,31776
15	3,20256
16	3,15216
17	3,16800
18	3,24864
19	3,36240
20	3,49488
21	3,62880
22	3,73680
23	3,81888
24	3,87504
25	3,90672

Hasil perhitungan pada model I dan model II, pada model I diketahui $D(tp)$ terkecil yaitu 3,45024 berada pada $tp=15$, sedangkan pada model II down time terkecil yaitu 3,15216 menit berada pada $tp=16$. kurva yang menggambarkan down time model I dan model II dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Kurva down time $D(tp)$ model I dan Model II

Pada gambar 2 atau dari hasil analisis terhadap nilai $D(tp)$, diketahui model II memiliki down time yang lebih kecil dibandingkan dengan model I. Berdasarkan down time dari masing-masing model tersebut, maka penggantian optimal dilakukan pada $tp=16$ berdasarkan model II dengan down time sebesar 3,15216 menit. Pada $tp=16$ tersebut keandalan komponen $R(zp)$ tinggal 84,13%. Sedangkan mulai pada $tp=19$ berdasarkan hasil perhitungan statistik peluang kerusakan $H(tp)$ komponen mendekati nilai 50 % yang semakin lama penggunaannya semakin besar peluang kerusakannya (sesuai kurva pada gambar 1). Kerusakan komponen juga dapat diamati secara langsung dilapangan yaitu terjadinya proses penipisan ketebalan komponen yang semakin besar pada pemakaian mulai pada hari ke 19 dengan warna yang kehitam-hitaman dari komponen traveler.

Analisa persediaan

Diketahui ; (Sumber data logistik)

- Biaya pemesanan (transport, formulir, telpon, dll) = Rp. 14.733
- Biaya penyimpanan (bunga investasi, premi asuransi, komponen rusak) = 15%
- Ongkos kekurangan persediaan (telpon, transport, formulir, dll) = Rp. 20.650

- Jam operasi mesin 1 hari= 24 jam mesin
- Jumlah mesin spinning = 123 mesin
- Harga traveler kualitas standar per kotak = Rp. 60.000
- Jumlah traveller per kotak = 5000 pcs
- Jumlah traveler per mesin = 416
- Jumlah hari kerja sebulan = 28 hari (setahun 336 hari)
- Rata-rata, dan standar deviasi waktu tunggu (setelah di uji berdistribusi normal dengan $\alpha=5\%$) = 19 dan 7,0
- Toleransi standar deviasi manajemen perawatan =10 % dari demand

Dari data tersebut, dapat di hitung:

1. Demand = $n \cdot 416 \cdot (336/tp) = 123 \times 416 \cdot (336/16) = 1074528$ pcs
 = 215 box per tahun
 Standar Deviasi (S) = $215 \times 10\% = 21,5$ Box
2. Rata-rata permintaan selama waktu tunggu = $19 \times 215/336 = 12$ box
3. Deviasi Standar kebutuhan selama waktu tunggu (SR) = $21,5 \sqrt{\left(\frac{19}{336}\right)}$
 = 5 Box
4. Dari persamaan (22) di dapatkan nilai $w = 0,056$, sehingga dengan menggunakan persamaan (24) interval pemesanan rata-rata= 43 hari
5. Jumlah pemesanan optimum : $t \times X = 43 \cdot (215/336) = 28$ box
6. Persediaan pengaman (W) = $w \cdot SR = 4,23$ box
7. ROP = $R+W = 16,23$ Box
8. Ongkos Total berdasarkan rumus (23), hasil pengembangan persamaan (17), di dapatkan total biaya sebesar Rp. 286.626. 885



KESIMPULAN

Dari hasil analisa terhadap data penggantian dan data persediaan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis kriteria down time paling rendah maka model penggantian yang paling baik adalah model berdasarkan umur komponen.
2. Jika perusahaan ingin melakukan penggantian komponen traveler yang dapat mencegah terhentinya proses produksi, maka waktu penggantian yang optimal berdasarkan kriteria down time dilakukan pada $t_p=16$ (hari ke 16).
3. Pemesanan rata-rata setiap 43 hari dengan reorder point 16,23 Box dan persediaan pengaman 4,23 Box. Sedangkan biaya persediaan total setahun Rp. 286.626.885

DAFTAR PUSTAKA

1. Lockyer, Keith. (1988). *Production and Operation Management*, Oakland, US
2. Gaspersz, Vincent. (1992). *Analisis system terapan berdasarkan pendekatan Teknik Industri*. Bandung: Ganesha
3. Wijaya.(2001), *Analisis Statistik dengan Program SPSS 11.0* ". Bandung: Alfabeta.
4. E. Ebeling, charles, (1997), *Reliability and Maintainability Engineering*, Mcgraw-Hill.