

PENENTUAN WAKTU *PREVENTIVE MAINTENANCE* DAN *REABILITY* MESIN *WIRE MESH* MENGGUNAKAN METODE *NOMOGRAPH*

Sri Kaidah*, Andika Fernanda

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No.1 Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 11650, Indonesia

*email: sri.kaidah@mercubuana.ac.id

Abstrak

Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin-mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya. Mesin merupakan alat produksi yang terbentuk dari rangkaian sistem yang kompleks, sehingga memerlukan perencanaan dan penanganan perawatan yang unik dan memadai. Salah satu industri yang memproduksi baja dan wire mesh memiliki permasalahan manajemen pemeliharaan dan pengawasan terhadap mesinnya, seperti mesin wire mesh. Berdasarkan hasil observasi, mesin wire mesh merupakan mesin dengan waktu penggunaan yang tinggi. Selain itu, kerusakan part didapatkan pada mesin wire mesh dengan kuantitas yang besar. Sehingga akan ditentukan waktu Preventive Maintenance dan Reability Mesin Wire Mesh sebagai upaya perbaikan menggunakan metode Nomograph. Dapat disimpulkan bahwa mesin Wire Mesh 01 harus dilakukan perawatan besar, nilai optimum preventive maintenance yang di dapat adalah 9,6 Jam, nilai keandalan dengan menggunakan perawatan berkala setiap 9,6 jam adalah 85%.

Kata Kunci: *Nomograph, Preventive Maintenance, Wire Mesh*

MAINTENANCE AND TIME ABILITY WIRE MESH MACHINE USES THE NOMOGRAPH METHOD

Abstract

One of the things that support the smooth operation of a company is the readiness of production machines to carry out their duties. Machines are production tools formed from a series of complex systems, so they require unique and adequate maintenance planning and management. One of the industries that produce steel and wire has problems with maintenance management and supervision of its machines, such as wire mesh. machine based on the results of observation, wire machine mesh is a machine that has a high usage time. In addition, part damage is found on wire mesh machines in large quantities. So the time for Preventive Maintenance and Reliability of the Wire Mesh Machine will be determined as an improvement effort using the Nomograph method. Results above, it can be concluded that the Wire Mesh 01 machine must undergo extensive maintenance, the optimal preventive maintenance value obtained is 9.6 hours, the reliability value using periodic maintenance every 9.6 hours is 85%. One of the things that supports the smooth operation of a company is the readiness of production machines to perform their tasks. Machines are production tools formed from

a series of complex systems, so they require unique and adequate maintenance planning and management. One of the industries that produce steel and wire has problems with maintenance management and supervision of its machines, such as wire mesh. machine based on the results of observation, wire machine mesh is a machine that has a high usage time. In addition, part damage is found on wire mesh machines in large quantities. So the time for Preventive Maintenance and Reliability of the Wire Mesh Machine will be determined as an improvement effort using the Nomograph method. Based on the calculation results above, it can be concluded that the Wire Mesh 01 machine must undergo extensive maintenance, the optimal preventive maintenance value obtained is 9.6 hours, the reliability value using periodic maintenance every 9.6 hours is 85%.

Keywords: *Nomograph, Preventive Maintenance, Wire Mesh*

PENDAHULUAN

Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin-mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya. Mesin merupakan alat produksi yang terbentuk dari rangkaian sistem yang kompleks, sehingga memerlukan perencanaan dan penanganan perawatan yang unik dan memadai (Shodikin, 2010)

Salah satu metode yang sering dijumpai di berbagai perusahaan terkait pengukuran kinerja dan efektivitas adalah mencari nilai availability dan Reability untuk mencari waktu yang tersedia dan tingkat keandalan mesin yang ada. Setelah ditemukannya tingkat keandalan mesin dan waktu yang tersedia selanjutnya akan dihitung dengan sistem nomograph. Sistem nomograph dapat menghitung nilai keandalan (*Reliability*) dan mampu mengetahui apakah mesin ini memerlukan perawatan besar atau tidak. Metode ini juga memiliki keuntungan lain yaitu dapat digunakan untuk mesin – mesin yang tidak memproduksi atau menghasilkan suatu produk / output.

Salah satu industri yang memproduksi baja dan *wire mesh* memiliki permasalahan manajemen pemeliharaan dan pengawasan terhadap mesinnya, seperti mesin *wire mesh*. Berdasarkan hasil observasi, mesin *wire*

mesh merupakan mesin dengan waktu penggunaan yang tinggi. Selain itu, kerusakan part didapatkan pada mesin *wire mesh* dengan kuantitas yang besar. Sehingga akan ditentukan waktu *Preventive Maintenance* dan *Reability Mesin Wire Mesh* sebagai upaya perbaikan menggunakan metode *Nomograph*.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data pada penelitian diperoleh dari dokumen perusahaan dan wawancara langsung yang dilakukan baik dengan pembimbing lapangan, kepala divisi maintenance maupun dengan operator mesin. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan pada penelitian ini:

1. Menghitung Nilai Tbf
 - a) Mencari nilai *Time Between Failure*, dengan menggunakan rumus Interval dari mesin bekerja sampai dengan mesin berhenti.
 - b) Mencari nilai $R(t)$ dan $F(t)$, dengan menggunakan rumus :

$$R(t) = \frac{[(N - n) + 1]}{(N + 1)} \quad (1)$$

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (2)$$

2. Hubungan Standar Deviasi Dengan Tbf

Standar Deviasi menunjukkan data yang sedang diteliti atau dapat dikatakan sebagai jumlah rata – rata

variabilitas di dalam satu set data pengamatan. Semakin besar nilai pada standar deviasi, maka semakin besar jarak rata-rata setiap unit data terhadap rata – rata hitung (*mean*). Ini dikarenakan nilai standar deviasi dihitung sebagai rata – rata jarak semua data pengamatan terhadap titik *mean*. Rumus standar deviasi adalah sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

3. Grafik Hubungan β Dengan Mdt (mean down time). *Penjelasan dalam grafik tersebut sebagai berikut :*

- Grafik hubungan β dengan MDT Menunjukkan *Schedule Overhaul* atau *Repair or Replacement Only at Failure*
- Angka pada sumbu X menunjukkan nilai pada hasil dari pembagian antara MDT 1 dan MDT 2
- Angka pada sumbu Y menunjukkan hasil dari β

4. Menghitung Nilai *Optimum Preventive Maintenance*

Menurut Herry dan Arinto (2011), pada tahap ini akan diperoleh nilai optimum preventive maintenance interval yang sebelumnya telah diketahui dari nilai β dengan MDT. Rumusnya adalah :

$$Z = \frac{T_0 - MTFB}{\sigma} \quad (4)$$

5. Menghitung Nilai Keandalan

Pada tahap ini, adalah untuk menghitung dari nilai keandalan dari waktu optimum yang telah dihitung atau dengan waktu yang ingin digunakan Rumusnya adalah :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin *Wire mesh* adalah mesin yang digunakan untuk merangkaian kawat beton berbentuk jaring-jaring

dengan spasi tertentu yang pada tiap titik pertemuannya dihubungkan dengan proses *spot welding*/las titik menggunakan listrik bertegangan tinggi sehingga memiliki kualitas las yang baik. Mesin ini memiliki konveyor pengumpanan kawat garis otomatis.

Mesin ini mengadopsi teknologi kontrol sinkron, pengelasan fase terpisah dan waktu pengelasan terdiri dari pemograman digital sistem PLC. Terdapat dua jenis panel input tablet PC, Satu jenis panel sentuh, yang lain adalah Keyboard. Pengoperasian lebih cerdas dan rasionalisasi . Mesin dapat menekan panel dengan erat sekali, dan mengelas beberapa kali. Pada panel yang sama, mesin ini dapat mengelas 30 jenis ukuran mesh yang berbeda antara pakan dan pakan. Itulah keuntungan terbesar dari mesin ini.

Terdapat beberapa jenis mesin. Berikut adalah jenis – jenis mesin:

- Mesin *Wire Mesh (Mesh Line Bar-Coil)*
- Mesin *Wire Mesh (Smart Mesh Bar-Bar)*

Pada industri terdapat dua (2) mesin *welding* atau mesin *wire mesh*, namun pada penelitian ini hanya difokuskan kepada mesin *wire mesh* 01 yang memiliki umur mesin lebih lama dibandingkan dengan lainnya. Setelah didapatkan data kerusakan rata – rata paling banyak diantara mesin lainnya selanjutnya dihitung menggunakan metode yang tersedia untuk menemukan *Time Between Failure* dengan menghitung interval dari mesin bekerja sampai dengan mesin tersebut berhenti karena mengalami kerusakan atau perawatan, seperti mesin bekerja di tanggal 02 Febuari 2018 dan mengalami perawatan Welding Elektroda pada tanggal 08 Agustus 2018, sehingga $11/12/2016 - 20/08/2016 = 20$ jam. Rekapitulasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data *Time Between Failure* 2018 - 2019

Tanggal Mulai Bekerja	Tanggal Mulai Kerusakan	TBF (Jam)
02/01/2018	08/01/2018	20
08/01/2018	15/01/2018	60
15/01/2018	18/01/2018	80
18/01/2018	12/01/2018	125
12/02/2018	06/03/2018	130
06/03/2018	16/03/2018	130
16/03/2018	11/04/2018	140
11/04/2018	23/05/2018	150
23/05/2018	25/05/2018	180
25/05/2018	04/06/2018	210
04/06/2018	14/08/2018	220
14/08/2018	29/11/2018	230
29/11/2018	10/12/2018	230
10/12/2018	09/01/2019	280
09/01/2019	06/02/2019	320
06/02/2019	08/03/2019	320
08/03/2019	20/03/2019	320
20/03/2019	09/04/2019	390
09/04/2019	02/05/2019	440

(Sumber: Pengolahan Data, 2019)

Setelah di dapatkan hasil dari *Time Between Failure* (TBF) selanjutnya data tersebut diolah dengan cara mencari nilai R(t) dan F(t). Contoh perhitungan pada baris pertama adalah sebagai berikut:

$$R(t) = \frac{[(19-1)+ 1]}{(19+1)}$$

$$= \frac{19}{20} = 0,95$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

$$= 1 - 0,95 = 0,05$$

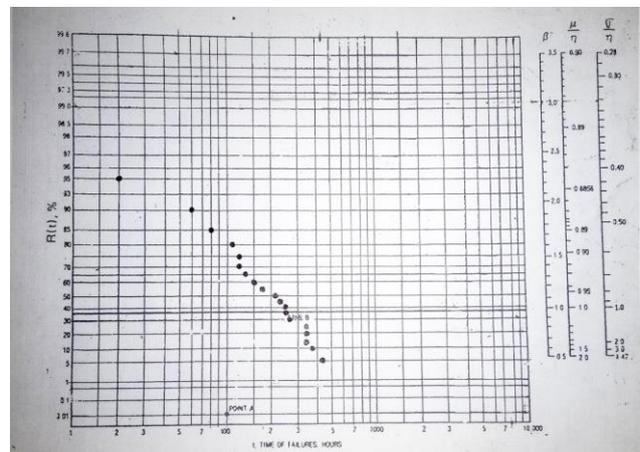
Rekapitulasi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data R(t) dan F(t)

TBF (Jam)	F(t)	R(t)
20	0.05	0.95
60	0.10	0.90
80	0.15	0.85
125	0.20	0.80
130	0.25	0.75
130	0.30	0.70
140	0.35	0.65
150	0.40	0.60
180	0.45	0.55
210	0.50	0.50
220	0.55	0.45
230	0.60	0.40
230	0.65	0.35
280	0.70	0.30
320	0.75	0.25
320	0.80	0.20
320	0.85	0.15
390	0.90	0.10
440	0.95	0.05
Σ	3975	
x	209	

(Sumber: Pengolahan Data, 2019)

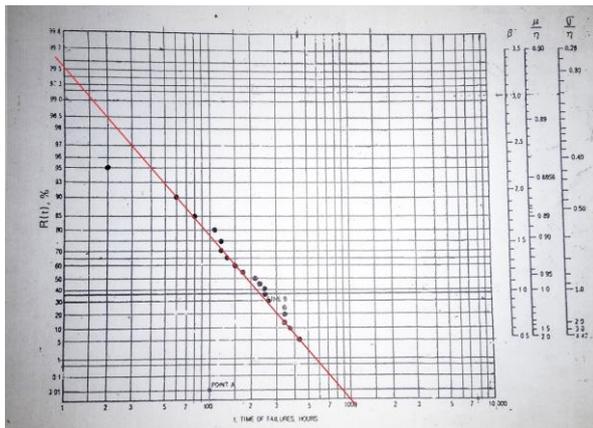
Dari Perhitungan R(t) dan F(t) diatas, masukkan nilai TBF dan nilai R(t) dari data yang sudah diapat ke dalam tabel NOMOGRAPH seperti gambar 1.



Gambar 1. Titik pada Grafik Weibull (Sumber Nomograph : Luis E. Niño, 1974)

1. Nilai titik pertama pada tabel grafik Nomograph adalah (20:0,95) nilai 20 adalah nilai *Time Between Failure* dan nilai 0,95 adalah nilai dari $R(t)$,
2. Titik ke dua nilai nya (60:0,90),
3. Titik ke tiga (80:0,85),
4. Titik ke empat (125:0,80),
5. Titik kelima (130:0,75),
6. Titik ke enam (130:0,70),
7. Titik ke tujuh (140:0,65),
8. Titik ke delapan (150:0,60),
9. Titik ke sembilan (180:0,55),
10. Titik ke sepuluh (210:0,50),
11. Titik ke sebelas (220:0,45),
12. Titik ke duabelas (230:0,40),
13. Titik ke tigabelas (230:0,35),
14. Titik ke empatbelas (280:0,30),
15. Titik ke limabelas (320:0,25),
16. Titik ke enambelas (320:0,20),
17. Titik ke tujuhbelas (320:0,15),
18. Titik ke delapanbelas (390:0,10),
19. Titik ke sembilanbelas (440:0,05).

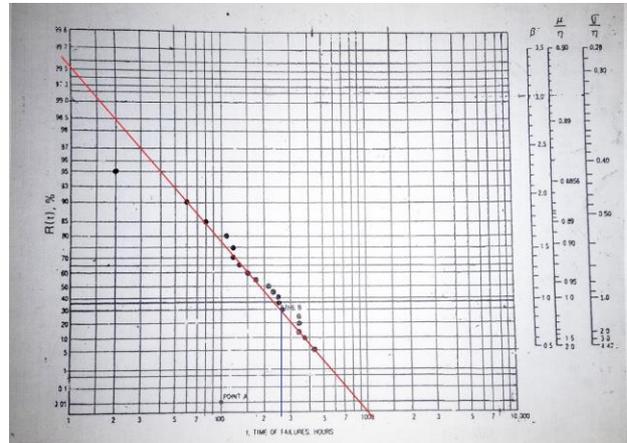
Kemudian membuat garis lurus pada titik yang sudah di dapat, garis ini merupakan garis yang dominan memotong titik titik nilai *Time Between Failure* dan $R(t)$.



Gambar 2. Garis Nyata pada Grafik Weibull
(Sumber *Nomograph* : Luis E. Niño, 1974)

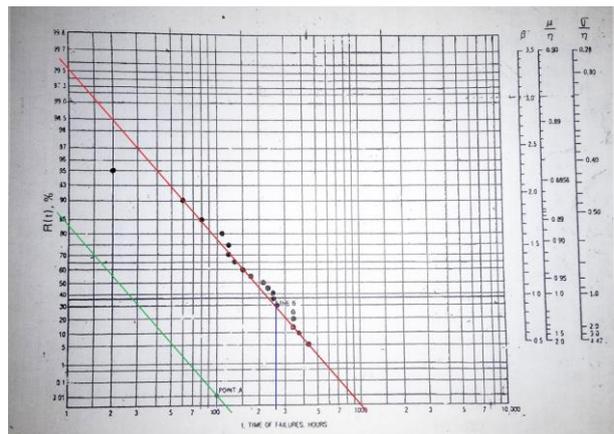
Kemudian membuat garis perpotongan dengan line bayangan ditandai dengan garis berwarna biru, line B sendiri adalah garis perpotongan dengan garis perpotongan nilai titik *Time Between Failure* dan $R(t)$ untuk

mendapatkan nilai efisiensi, nilai efisiensi merupakan nilai yang digunakan untuk mencari nilai rata rata jam kerja mesin, satuan dari nilai efisiensi ini adalah (jam/hrs) nilai efisiensi tersebut berdasarkan nilai sumbu X dari grafik Nomograph.



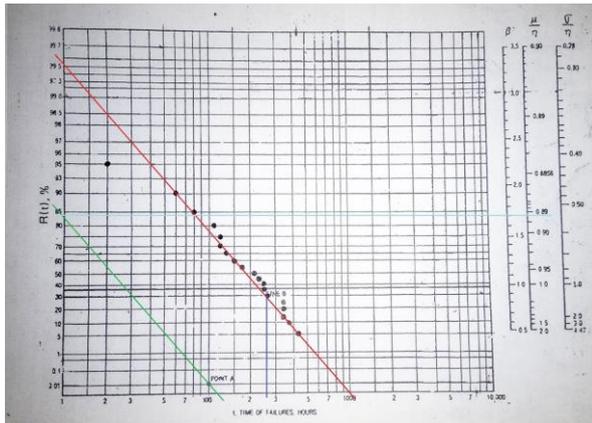
Gambar 4.3 Garis nyata dan garis efisiensi pada Grafik Weibull
(Sumber *Nomograph* : Luis E. Niño, 1974)

Kemudian membuat garis bayangan dengan warna Merah terhadap garis tegak lurus pertama dan simetris.



Gambar 4. Garis nyata dan garis bantu pada Grafik Weibull
(Sumber *Nomograph* : Luis E. Niño, 1974)

Kemudian tarik garis tegak lurus dari hasil garis bayangan pada point A untuk mencari nilai μ/n dan β .



Gambar 5. Garis nyata dan garis hitung pada Grafik Weibull
(Sumber *Nomograph* : Luis E. Niño, 1974)

Setelah mencari nilai $R(t)$ dan $F(t)$ dan memasukkannya ke dalam tabel *Nomograph*, langkah selanjutnya adalah dengan menghitung nilai Uji Kebenaran Grafik. Setelah menghitung Uji Kebenaran Grafik, dan *Realibity Function* dengan nilai $-t$, selanjutnya adalah menghitung nilai Standar Deviasi dengan memasukan nilai *Time Between Failure* dengan nilai jumlah rata-rata nilai *Time Between Failure* ke dalam tabel, berikut adalah nilai Standar Deviasi pada tabel 3 dibawah:

Tabel 3. Standar Deviasi

X_i	X	$X_i - X$	$X_i - X^2$
20	209	-189	35721
60	209	-149	22201
80	209	-129	16641
125	209	-84	7056
130	209	-79	6241
130	209	-79	6241
140	209	-69	4761
150	209	-59	3481
180	209	-29	841
210	209	1	1
220	209	11	121
230	209	21	441
230	209	21	441
280	209	71	5041
320	209	111	12321

X_i	X	$X_i - X$	$X_i - X^2$
320	209	111	12321
320	209	111	12321
390	209	181	32761
440	209	231	53361
Σ	3975		232314
x	209		12227

(Sumber: Pengolahan Data, 2019)

Untuk mencari nilai Standar Deviasi adalah dengan cara menjumlahkan seluruh nilai $(x_i - x)^2$ dari baris pertama hingga baris terakhir, selanjutnya membagi nya dengan nilai dimana adalah jumlah seluruh nilai *Time Between Failure*.

$$\sigma (s) = \sqrt{\frac{\Sigma(20 - 209)^2 + \dots + (440 - 209)^2}{19 - 1}}$$

$$\sigma (s) = \sqrt{\frac{232314}{18}}$$

$$\sigma (s) = \sqrt{12906} = 114$$

Setelah mencari dari nilai standar deviasi, tahap selanjutnya adalah menentukan nilai mean down.

Tabel 4. Tabel *Mean Down Time*

Tanggal Mulai Bekerja	Tanggal Mulai Kerusakan	Data Kerusakan
02/01/2018	08/01/2018	Perbaikan welding elektroda
08/01/2018	15/01/2018	Perbaikan welding (geser elektroda)
15/01/2018	18/01/2018	Perbaikan pipa angin gripper
18/01/2018	12/01/2018	Pasang piston dan stopper bar FC LW
12/02/2018	06/03/2018	setting mesin
06/03/2018	16/03/2018	Sambung LW 5A
16/03/2018	11/04/2018	Ganti holder ganti

Tanggal Mulai Bekerja	Tanggal Mulai Kerusakan	Data Kerusakan
		elektroda
11/04/2018	23/05/2018	Bongkar holder bawah ganti clam
23/05/2018	25/05/2018	Bongkar holder atas bawah dan pasang piston
25/05/2018	04/06/2018	Repair elektroda
04/06/2018	14/08/2018	Ganti gigi grifer
14/08/2018	29/11/2018	Ganti elektroda dan sensor disk error
29/11/2018	10/12/2018	Perbaikan dudukan garpu dan perbaikan welding
10/12/2018	09/01/2019	Perbaikan welding dan geser gigi griper
09/01/2019	06/02/2019	Setting TM GA (lembaran) angkat dan isi spooler di pay off
06/02/2019	08/03/2019	Ganti holder bawah dan ganti gigi griper
08/03/2019	20/03/2019	Menunggu LW TM 8B
20/03/2019	09/04/2019	Perbaikan holder dan clam
09/04/2019	02/05/2019	Ganti selang holder

(Sumber: Pengolahan Data, 2019)

Data diatas menunjukkan hasil dari MDT (1) dan MDT (2). Yang memiliki pengertian :

1. MDT (1) = merupakan waktu berhentinya mesin dikarenakan kerusakan diluar jadwal perbaikan
 2. MDT (2) = merupakan waktu berhentinya mesin dikarenakan jadwal perbaikan
- MDT (1) harus lebih besar dari MDT (2).

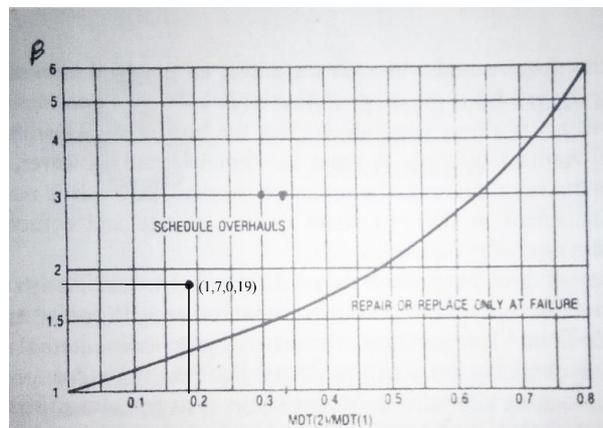
Hasil dari tabel diatas adalah untuk daerah yang diarsir kuning menunjukkan MDT (2) dan daerah yang tidak diarsir merupakan MDT(1).

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan} &= \frac{\text{MDT (2)}}{\text{MDT (1)}} \\ &= \frac{3}{16} = 0,18 \end{aligned}$$

Setelah mencari dan menghitung nilai *Mean Down Time*, tahap selanjutnya adalah membuat grafik β terhadap nilai MDT untuk menentukan apakah mesin sudah harus perawatan besar atau belum.

Diketahui :

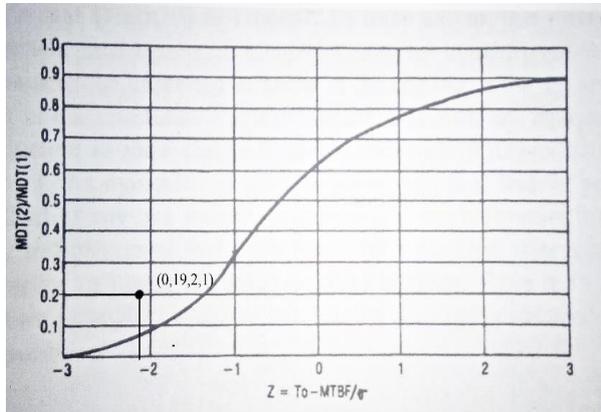
$$\begin{aligned} \beta &= 1,7 \\ \text{MDT}(2) / \text{MDT} (1) &= 0,18 \end{aligned}$$



Gambar 6. Grafik β terhadap nilai MDT (Sumber *Nomograph* : Luis E. Niño, 1974)

Karena titik berada diatas kurva dan berada pada daerah *Schedule Overhaul*. Maka, mesin *Mini Excavator* harus dilakukan *Overhaul*.

Setelah membuat grafik β terhadap nilai MDT untuk menentukan apakah mesin sudah harus perawatan besar atau belum, tahap selanjutnya adalah membuat kurva MDT untuk mencari nilai Z.



Gambar 7. Grafik nilai MDT
(Sumber *Nomograph* : Luis E. Niño, 1974)

Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa nilai Z nya adalah -2,1. Pada perhitungan kali ini akan diperoleh waktu optimum (paling baik) untuk dilakukannya perawatan secara berkala.

Diketahui :

$$MDT(2) / MDT (1) = 0,3$$

Pada gambar 4.7, nilai z adalah -2,1

Ditanya : T_o ?

Untuk menghitung waktu optimumnya, rumus yang digunakan adalah

$$Z = \frac{T_o - MTBF}{\sigma} = - 2,1$$

$$Z \sigma = T_o - MTBF$$

$$T_o = Z \sigma + MTBF$$

$$= (-2,1) \times (114) + 249$$

$$= (-239,4) + 249$$

$$= 9 \text{ jam } 6 \text{ menit}$$

Tahap selanjutnya adalah menghitung dari nilai keandalan dari mesin *Wire Mesh* ini dengan menggunakan waktu nilai optimum yang telah di dapat. Berikut adalah perhitungannya.

Diketahui :

$$-t = 9,6 \text{ jam}$$

$$\eta = 280$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

$$R(t) = 2,718^{-\left(\frac{9,6}{280}\right)^{1,7}}$$

$$R(t) = 2,718^{-0,16}$$

$$R(t) = 0,85$$

$$R(t) = 85\%$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa mesin *Wire Mesh* 01 harus dilakukan perawatan besar. Nilai optimum *preventive maintenance* yang di dapat adalah 9,6 Jam. Nilai keandalan dengan menggunakan perawatan berkala setiap 9,6 jam adalah 85%

DAFTAR PUSTAKA

- Barry, Render dan Jay. 2001. *Prinsip-prinsip Manajemen Operasi: Operations Management*. Jakarta: Salemba Empat
- Corder, Anthony. 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta
- Daryus, Asyari. 2007. *Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Jakarta: Universitas Darma Persada.
- Prabowo, A. H dan Asaditya, A. 2011. *Analisa Penentuan Kebutuhan Overhaul Turbin Gas Menggunakan Metode Nomograph (Studi Kasus Pada PT. Pertamina Gas Area JBB Distrik Bitung)*. Jurnal Pasti, 4 (3), 15-22.
- Setiawan, F. 2008. *Perawatan Mekanikal Mesin Produksi*. Yogyakarta: Maximus
- Sodikin, I. (2010). **PENENTUAN JUMLAH PERSEDIAAN SUKU CADANG RANTAI GARU MESIN PENGGILING TEBU BERDASARKAN TINGKAT KEKRITISAN KOMPONEN**

MODEL ABC MENGGUNAKAN
SPARE PART REQUIREMENT
NOMOGRAPH. JURNAL
TEKNOLOGI
TECHNOSCIENTIA, 36-45.

Stephens, M. 2004. *Productivity and
Reliability maintenance
Management*. New Jersey: Pearson
Education. Inc

Sudrajat. 2011. *Maintenance Sistem*.
Bandung: Politeknik Negeri
Bandung.