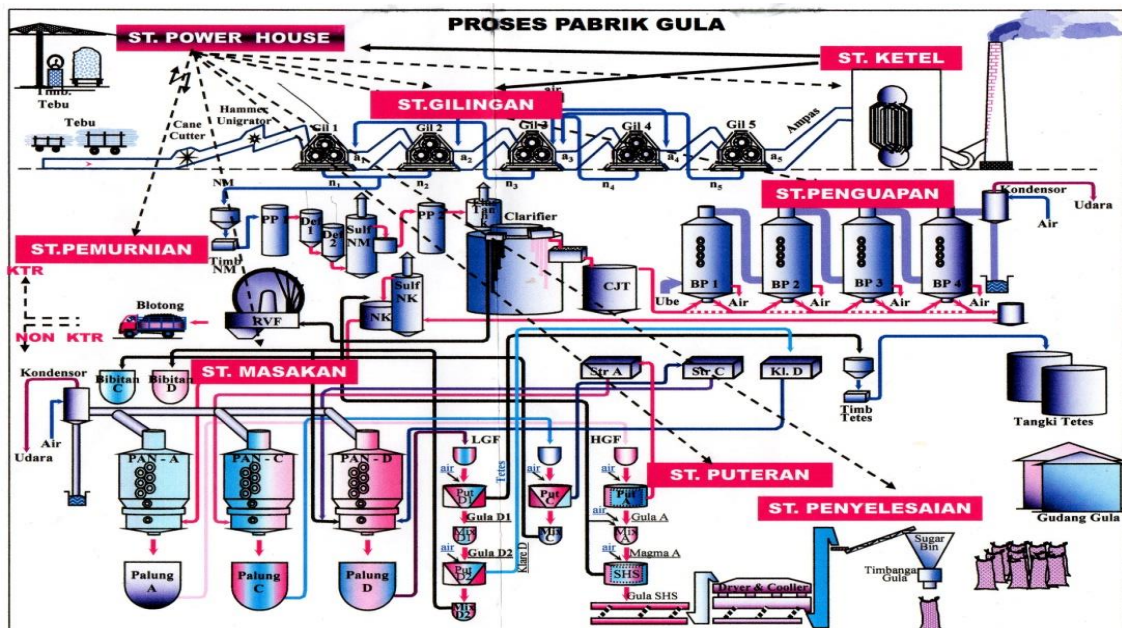


BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Identifikasi Komponen Kritis

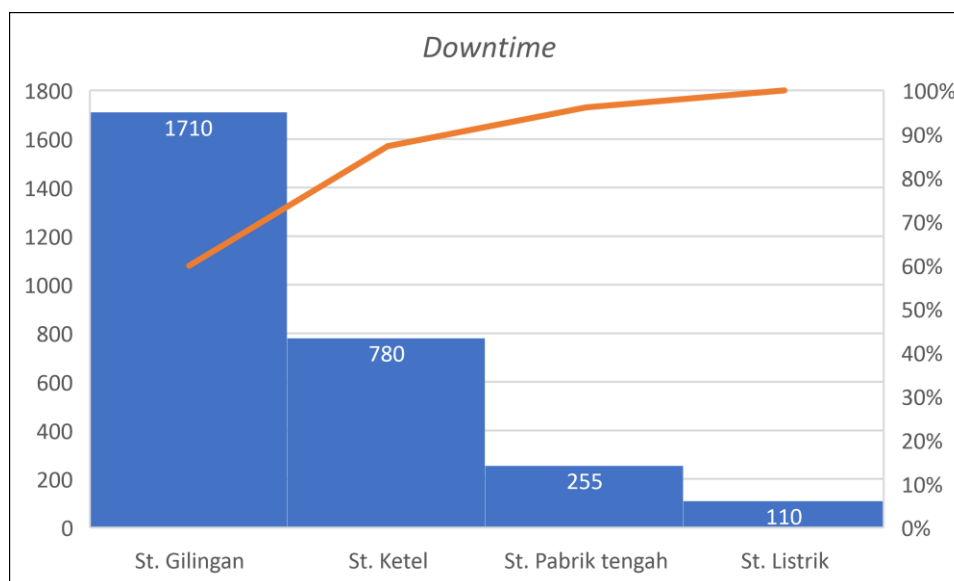
Dalam perusahaan pabrik gula madu Baru, terdapat 5 stasiun kerja yang harus dilewati untuk menghasilkan produk gula yaitu stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan, stasiun puteran, dan stasiun penyelesaian dijelaskan dalam gambar 4.1.



Gambar 4.1 Proses produksi gula

Stasiun gilingan berfungsi untuk mengekstrak nira dari tebu, stasiun pemurnian berfungsi untuk memisahkan nira dari ampas tebu halus sisa gilingan. Stasiun penguapan berfungsi untuk memisahkan air dari nira, stasiun masakan berfungsi untuk mengubah nira kental menjadi gula kristal, stasiun putaran berfungsi untuk memindahkan gula dan stasiun penyelesaian berfungsi sebagai penyimpanan gula.

Untuk menentukan stasiun yang akan diteliti, data waktu kerusakan setiap stasiun dikumpulkan, setelah stasiun yang paling sering mengalami berhenti tak direncana pada saat produksi akan diteliti, setelah itu akan dilakukan pencarian komponen kritis. Komponen kritis didefinisikan sebagai komponen yang memiliki dampak besar terhadap proses produksi (Tampubolon, 2004). Berikut adalah jumlah *downtime* pabrik yang tidak terjadwal selama tahun produksi 2017 yang mulai produksi dari tanggal 8 Mei 2017 pukul 10.00 WIB dan berakhir pada tanggal 17 September 2017 pukul 17.45 WIB:



Gambar 4.2 Persentase *Downtime* Pabrik Tiap Stasiun

berdasarkan grafik *pareto* di atas, diketahui bahwa stasiun gilingan merupakan stasiun dengan jumlah *downtime* paling banyak dibandingkan stasiun lain dan berkontribusi sekitar 65% atas total *downtime* pabrik sehingga penelitian akan difokuskan pada stasiun gilingan.

Berikut adalah mesin beserta komponen mesin yang memiliki frekuensi kerusakan dan jumlah TBF dominan pada stasiun gilingan:

Tabel 4.1 Daftar Mesin dan Komponen

No.	Mesin	Komponen	Frekuensi	Kumulatif TBF (menit)
1	Gilingan	<i>Scrapper</i>	63	1516195
2	Gilingan	Baut suri blok atas	50	1900735
3	<i>Cane carrier</i>	Motor penggerak pisau 2 tebu	18	146125
4	<i>Cane carrier</i>	Pisau tebu 2	13	290060
5	<i>Cane carrier</i>	<i>Stang hammer</i> 3	16	804765

Komponen di atas merupakan komponen dengan frekuensi kerusakan dan jumlah TBF dominan dan memiliki dampak yang besar terhadap proses produksi yaitu dapat menghentikan aktivitas produksi sehingga komponen tersebut dianggap komponen kritis. Penelitian akan difokuskan pada 5 komponen di atas.

4.2 Proses Produksi di Stasiun Gilingan

Proses yang ada dalam stasiun gilingan adalah pemerahan nira. Tujuan utama dari proses ini adalah memeras nira dari dalam tebu sebanyak mungkin dan sekaligus menekan kehilangan gula dari dalam ampas sekecil mungkin. Setelah diperas, sisa ampas tebu digunakan untuk bahan bakar pada stasiun ketel untuk membangkitkan tenaga listrik.

Sebelum tebu digiling, ada beberapa proses yang harus dilalui yang disebut proses pendahuluan. Proses pendahuluan pertama yaitu tebu dipindahkan dari lori ke meja tebu

menggunakan *crane* untuk ditimbang agar volume tebu yang masuk ke mesin gilingan sesuai dengan kemampuan mesin. Proses pendahuluan kedua yaitu tebu akan dibawa ke *cane carrier* 1 dimana tebu akan dibawa melewati *leveler* sehingga tebu akan memiliki tinggi yang sama ketika keluar dari *cane carrier* 1 menuju *cane carrier* 2. Di *cane carrier* 2 tidak dilakukan proses apa pun selain pemindahan tebu ke *cane carrier* 3 agar mesin tidak mengalami *overload* saat memindahkan tebu. Di *cane carrier* 3, terdapat *hammer unigrator* yang berfungsi untuk memotong, mencacah, dan memukul tebu menjadi serpihan serabut lembut agar mudah diolah di dalam mesin gilingan. Besar kecilnya serabut dapat diatur dengan mengubah kedudukan *anvil* bergerigi terhadap kedudukan ujung *stang hammer*. Pada *unigrator* di *cane carrier* 3 juga dilengkapi dengan *leveler* sehingga volume tebu yang keluar dari *unigrator* dan masuk ke mesin gilingan kurang lebih sama.

Tebu yang sebelumnya sudah diolah *unigrator* masuk ke dalam mesin giling untuk dilakukan proses pemerahan nira. di dalam pabrik terdapat 5 mesin giling dan 4 mesin IMC. Mesin giling disusun secara seri dan mesin IMC menjadi perantara antara mesin giling untuk transportasi tebu. Mesin giling memiliki komponen rol atas, rol muka, rol belakang, plat ampas, dan saluran nira. Mesin giling juga dilengkapi dengan saringan pasir dan saringan ampas halus/kasar.

Tebu yang masuk mesin gilingan akan mengeluarkan nira yang dikandung dengan cara memberi tekanan pada tebu. Pada gilingan I, nira yang dihasilkan berupa nira murni atau Nira Perahan Pertama (NPP) yang langsung ditampung di dalam bak penampungan. Sedangkan ampasnya akan masuk gilingan II. Nira hasil gilingan II juga ditampung dalam bak terpisah dari nira gilingan I. Proses giling yang sama terjadi pada giling selanjutnya.

Air imbibisi ditambahkan untuk memperlancar proses pada gilingan III. Air imbibisi adalah air bersuhu 80.7°C yang berfungsi untuk mengurangi kehilangan nira dari ampas gilingan II karena air dapat melarutkan nira dalam tebu yang tidak dapat dikeluarkan mesin giling. Nira hasil gilingan III akan dipompa ke bak penampungan gilingan II. Pada nira hasil gilingan IV, yang menggunakan ampas dari gilingan III, akan dicampur dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ agar pH nira berada pada sekitar 6.2 sehingga mikroorganisme

tidak dapat masuk dan merusak nira, lalu akan dipompa menuju gilingan III. Nira hasil gilingan V juga dicampur dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan akan dipompa menuju gilingan IV.

Nira pada bak penampung gilingan I dan gilingan II dipompa menuju *bagasilo* untuk memisahkan antara ampas dan nira mentah. Kecepatan putaran *bagasilo* adalah 20 rpm. Kemudian nira mentah dipompa menuju *DSM screen* yang terletak pada dekat atas gilingan III untuk memisahkan ampas halus dengan nira bersih. Nira bersih tersebut selanjutnya ditampung pada bak *rawsap* I. Nira pada *rawsap* I dicampur dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ setelah itu akan dialirkan menuju stasiun pemurnian.

Sisa ampas gilingan V akan diangkut dengan *baggase conveyor* dan melewati *rotary screener* untuk memisahkan ampas halus dan ampas kasar. Ampas kasar akan dibawa ke stasiun ketel untuk bahan bakar, sedangkan ampas halus ditampung untuk dicampur dengan nira kotor hasil pengendapan yang akan dipompa ke *rotary vacuum filter*, sehingga nira tipis dan blotong dapat dipisahkan. Blotong dapat digunakan sebagai pupuk pada kebun tebu.

.

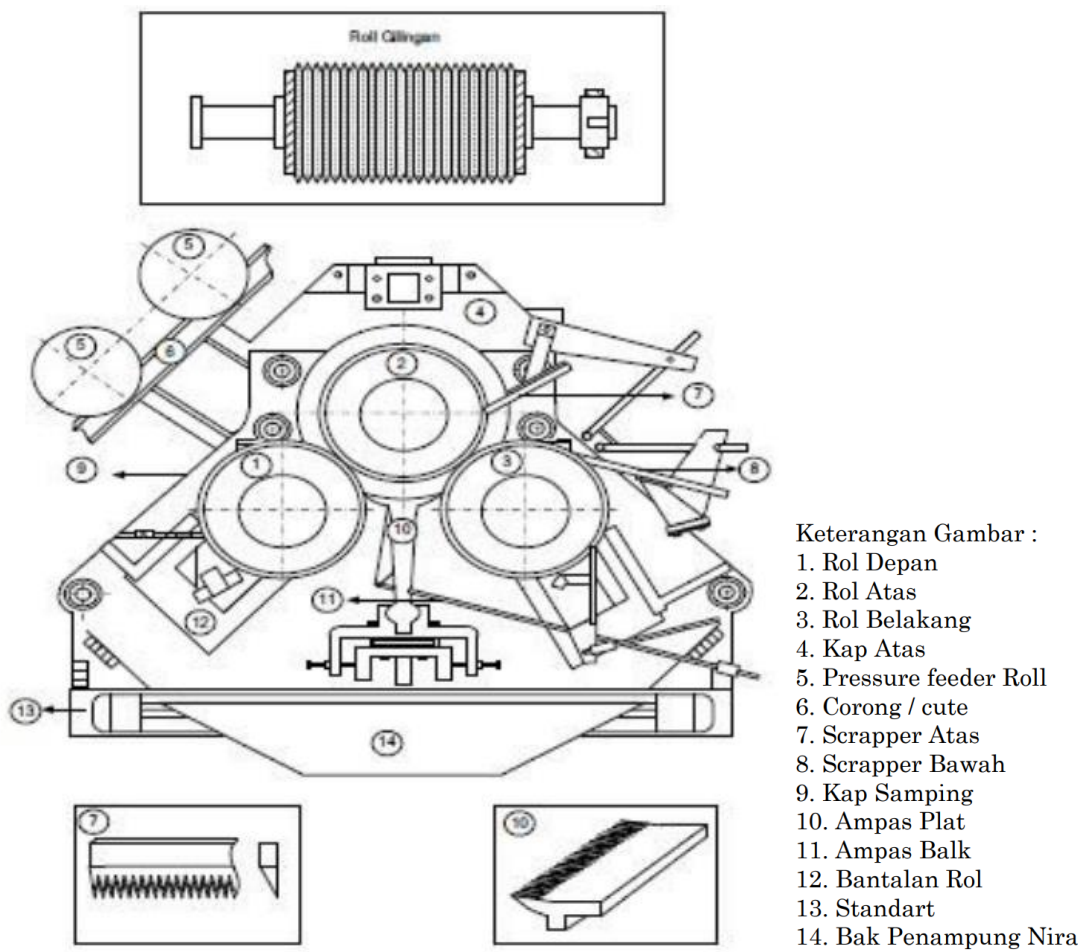
4.3 Interval Pelaksanaan Perawatan

4.3.1 Komponen *Scraper*

Komponen *scraper* sebagaimana digambarkan dalam gambar di bawah ini adalah yang bernomor 7.



Gambar 4.3 mesin gilingan



Gambar 4.4 detail mesin gilingan

Pada tahun produksi 2017, komponen ini mengalami *downtime* yang tidak direncanakan selama 5 jam 50 menit sebanyak 17 kali. Hal tersebut tentu mengurangi produktivitas dan potensi nira yang dapat diperoleh mengingat waktu produksi yang tidak mencapai 4 bulan. Berikut adalah data TBF yang berhasil didapatkan:

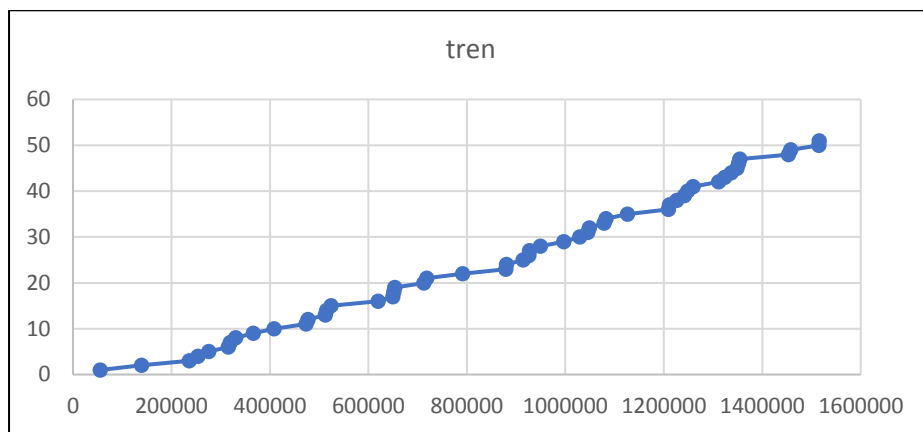
Tabel 4.2 Data TBF komponen *Scrapper*

breakdown ke-n	TBF	Kumulatif TBF	breakdown ke-n	TBF	Kumulatif TBF
1	55725	55725	27	1285	927450
2	83955	139680	28	21960	949410
3	97025	236705	29	47710	997120
4	17535	254240	30	32245	1029365
5	22030	276270	31	16785	1046150
6	39410	315680	32	2835	1048985
7	3710	319390	33	29830	1078815
8	11030	330420	34	3860	1082675
9	35805	366225	35	43905	1126580
10	42815	409040	36	83060	1209640
11	64940	473980	37	2040	1211680
12	3805	477785	38	15235	1226915
13	35000	512785	39	15035	1241950
14	2400	515185	40	7060	1249010
15	9510	524695	41	10695	1259705
16	95395	620090	42	51780	1311485
17	29725	649815	43	12355	1323840
18	2185	652000	44	13465	1337305
19	2180	654180	45	11505	1348810
20	58810	712990	46	2990	1351800
21	5790	718780	47	3125	1354925
22	73015	791795	48	98460	1453385
23	87405	879200	49	5010	1458395
24	1305	880505	50	56770	1515165
25	34090	914595	51	1030	1516195
26	11570	926165			

Selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap data tersebut untuk menentukan model matematis reliabilitas yang sesuai. Uji tersebut adalah:

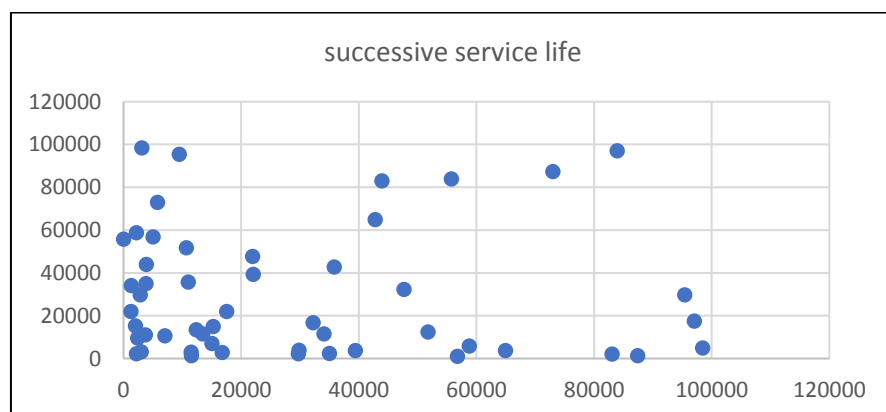
a. Uji grafik

Uji grafik yang pertama yaitu *trend plot* dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF sebagai sumbu X dengan kumulatif frekuensi kegagalan sebagai sumbu Y akan terlihat apakah ada kecenderungan tren tertentu. Uji grafik yang kedua yaitu *successive service life plot* dengan melakukan *scatter plot* data TBF ke- n sebagai sumbu Y dan membandingkannya dengan TBF ke- $(n-1)$ sebagai sumbu X. Jika terbentuk lebih dari 2 kluster atau membentuk garis lurus, mengindikasikan ada tren pada data TBF tersebut. Jika ditemukan tren dari salah satu uji di atas, akan dilakukan proses NHPP. Berikut adalah hasil uji grafik tren plot:



Gambar 4.5 *tren plot komponen scrapper*

Dan berikut merupakan grafik uji *successive service life plot* pada komponen:



Gambar 4.6 *successive service life plot komponen scrapper*

b. *Goodness of fit*

Uji kebaikan suai distribusi probabilitas menggunakan perangkat lunak *minitab* 17. Data TBF memiliki fungsi distribusi eksponensial dengan nilai *goodness of fit* 1.343.

c. Analisis Reliabilitas

Analisis reliabilitas dilakukan dengan cara mencari nilai MTTF lalu menghitung reliabilitas dari komponen dengan formula dari distribusi eksponensial. Dari data TBF didapatkan MTTF komponen dengan nilai 495.489 jam sehingga parameter tingkat kegagalan (λ) yang didapat yaitu 0.002. Dari nilai MTTF tersebut dapat diperoleh reliabilitas dengan perhitungan interval PM 480 jam sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung probabilitas keandalan komponen pada saat t , bukan untuk menghitung kumulatif probabilitas keandalan saat t_0-t . Sehingga didapatkan nilai reliabilitas komponen tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan waktu kelipatan 480 jam dalam waktu 720 jam, didapatkan nilai reliabilitas sebelum dan sesudah *preventive maintenance* tiap 20 hari pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Reliabilitas komponen *Scrapper* dengan PM setiap 480 jam

T	R(t)	n	T	t-nT	R(T)ⁿ	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.952717	0	0	24	1	0.952717	0.952717
48	0.90767	0	0	48	1	0.90767	0.90767
72	0.864753	0	0	72	1	0.864753	0.864753
96	0.823865	0	0	96	1	0.823865	0.823865
120	0.784911	0	0	120	1	0.784911	0.784911
144	0.747798	0	0	144	1	0.747798	0.747798
168	0.71244	0	0	168	1	0.71244	0.71244
192	0.678754	0	0	192	1	0.678754	0.678754
216	0.646661	0	0	216	1	0.646661	0.646661
240	0.616085	0	0	240	1	0.616085	0.616085
264	0.586955	0	0	264	1	0.586955	0.586955
288	0.559202	0	0	288	1	0.559202	0.559202

T	R(t)	n	T	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
312	0.532761	0	0	312	1	0.532761	0.532761
336	0.507571	0	0	336	1	0.507571	0.507571
360	0.483572	0	0	360	1	0.483572	0.483572
384	0.460707	0	0	384	1	0.460707	0.460707
408	0.438924	0	0	408	1	0.438924	0.438924
432	0.41817	0	0	432	1	0.41817	0.41817
456	0.398398	0	0	456	1	0.398398	0.398398
480	0.379561	1	480	0	0.379561	1	0.379561
504	0.361614	1	480	24	0.379561	0.952717	0.361614
528	0.344516	1	480	48	0.379561	0.90767	0.344516
552	0.328226	1	480	72	0.379561	0.864753	0.328226
576	0.312707	1	480	96	0.379561	0.823865	0.312707
600	0.297921	1	480	120	0.379561	0.784911	0.297921
624	0.283835	1	480	144	0.379561	0.747798	0.283835
648	0.270414	1	480	168	0.379561	0.71244	0.270414
672	0.257628	1	480	192	0.379561	0.678754	0.257628
696	0.245447	1	480	216	0.379561	0.646661	0.245447
720	0.233842	1	480	240	0.379561	0.616085	0.233842

Contoh perhitungan keandalan komponen tanpa *preventive maintenance* pada nilai 504 jam.

$$R(504) = e^{-(0.002 \cdot 504)} = 0.3616$$

Sehingga didapatkan reliabilitas komponen pada jam ke 504 sebesar 36.1%.

Dengan dilakukan *preventive maintenance* dengan selang waktu 480 jam, pada jam ke 504 komponen memiliki peluang keandalan untuk waktu $t-nT$ dari tindakan *preventive maintenance*, $R(t-nT)$ sebesar:

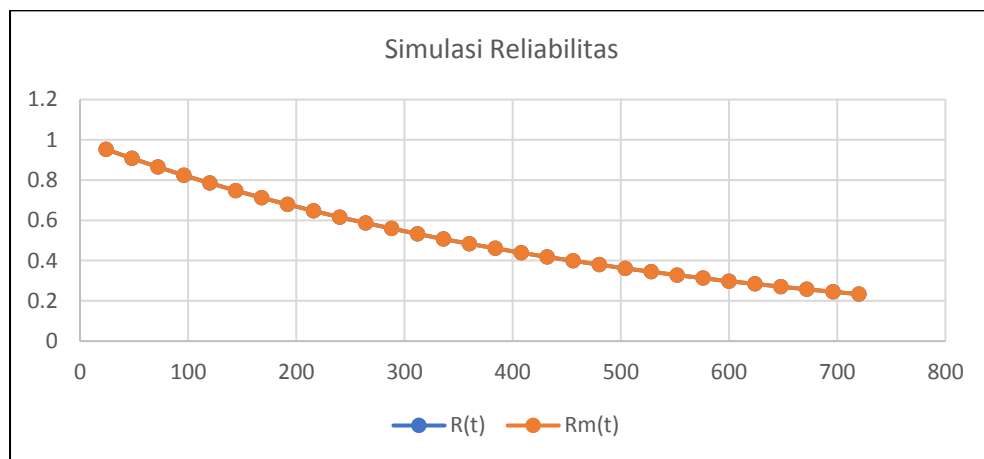
$$R(t - nT) = e^{-\lambda(t-nT)}$$

$$R(504 - 480) = e^{-0.002 \cdot (504-480)} = 0.952$$

Sehingga peluang keandalan pada komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ sebesar:

$$R_m(504) = R(480)^1 * R(504) = 0.3791 * 0.952 = 0.3616$$

Berikut adalah grafik hasil dari tabel simulasi reliabilitas di atas:



Gambar 4.7 Reliabilitas komponen *Scraper* dengan PM setiap 480 jam

4.3.2 Komponen Baut Suri Blok Atas

Berdasarkan data yang terkumpul, komponen baut suri ini mengalami *downtime* yang tidak direncanakan selama 19 jam 40 menit sebanyak 50 kali. Hal tersebut tentu mengurangi produktivitas dan potensi nira yang dapat diperoleh. Berikut adalah data TBF yang berhasil didapatkan:

Tabel 4.4 Data komponen Baut

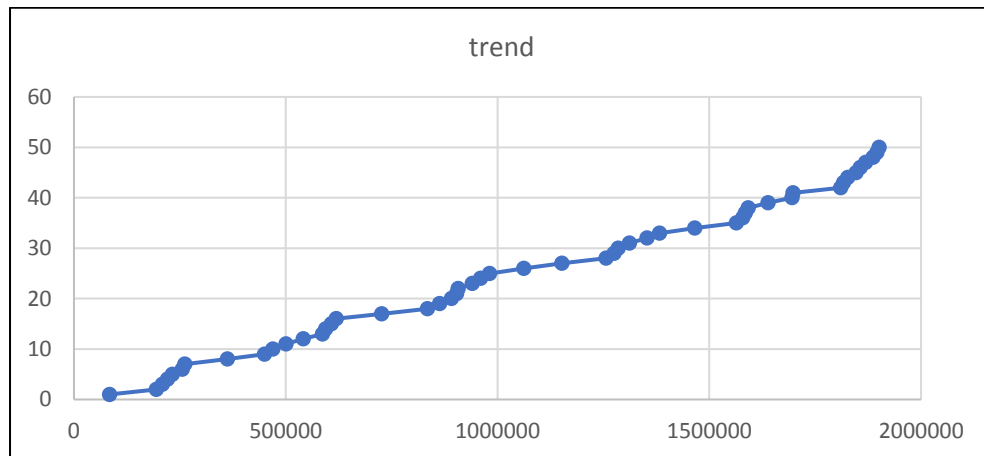
Breakdown ke-n	TBF	kumulatif TBF	Breakdown ke-n	TBF	kumulatif TBF
1	83955	83955	26	80490	1062160
2	110330	194285	27	90265	1152425
3	14820	209105	28	104155	1256580
4	11620	220725	29	18730	1275310
5	11940	232665	30	9750	1285060
6	23320	255985	31	26845	1311905
7	5800	261785	32	41260	1353165
8	100645	362430	33	29770	1382935
9	87405	449835	34	83060	1465995
10	19760	469595	35	98220	1564215
11	31010	500605	36	14725	1578940
12	41020	541625	37	6065	1585005
13	45015	586640	38	7015	1592020
14	7665	594305	39	46470	1638490
15	13320	607625	40	56970	1695460
16	11490	619115	41	2555	1698015
17	107580	726695	42	111950	1809965
18	107715	834410	43	7350	1817315
19	28620	863030	44	9995	1827310
20	28085	891115	45	18980	1846290
21	11995	903110	46	10395	1856685
22	3800	906910	47	12705	1869390
23	33760	940670	48	16905	1886295
24	19240	959910	49	9200	1895495
25	21760	981670	50	5240	1900735

Selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap data tersebut untuk menentukan model matematis reliabilitas yang sesuai. Uji tersebut adalah:

a. Uji grafik

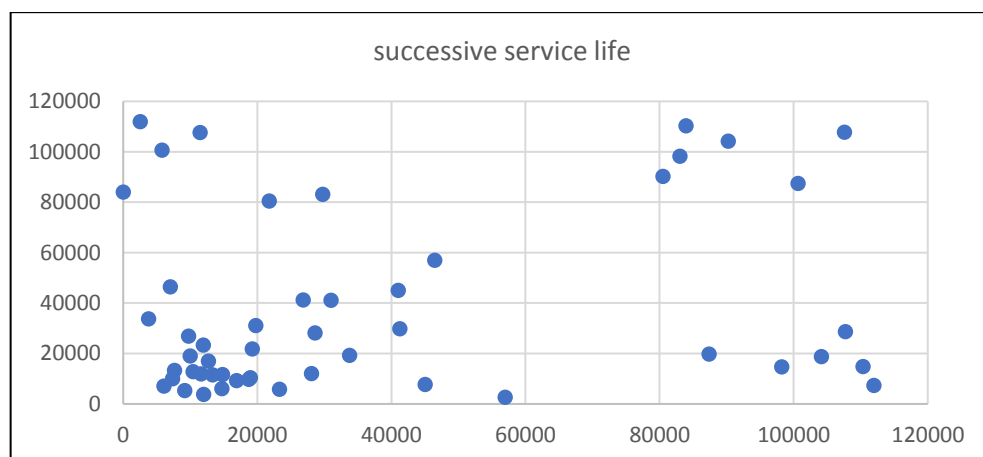
Uji grafik yang pertama yaitu *trend plot* dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF sebagai sumbu X dengan kumulatif frekuensi kegagalan sebagai sumbu Y akan terlihat apakah ada kecenderungan tren tertentu. Uji grafik yang kedua yaitu *successive service life plot* dengan melakukan *scatter plot* data TBF ke-n sebagai sumbu Y dan membandingkannya dengan TBF ke-(n-1) sebagai sumbu X. Jika terbentuk lebih dari 2 klaster atau membentuk garis lurus, mengindikasikan ada tren

pada data TBF tersebut. Jika ditemukan tren dari salah satu uji di atas, akan dilakukan proses NHPP. Berikut adalah hasil uji grafik tren plot:



Gambar 4.8 plot tren komponen baut

Dan berikut merupakan grafik uji *successive service life plot* pada komponen:



Gambar 4.9 *successive service life plot* komponen baut

b. *Goodness of fit*

Uji kebaikan suai distribusi probabilitas menggunakan perangkat lunak *minitab 17*. Berdasarkan perhitungan *Minitab 17*, data TBF memiliki fungsi distribusi statistik

Weibull dengan nilai 1.554, *shape parameter* dengan nilai 1.097, dan *scale parameter* 653.9.

c. Analisis Reliabilitas

Analisis reliabilitas dilakukan dengan cara mencari nilai MTTF lalu menghitung reliabilitas dari komponen dengan formula yang sesuai dengan distribusi weibull. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai MTTF yaitu 631.667 jam sehingga akan dilakukan simulasi PM pada interval 624 jam

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

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung probabilitas keandalan komponen pada saat t , bukan untuk menghitung kumulatif probabilitas keandalan saat t_0-t . Sehingga didapatkan nilai reliabilitas komponen tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan waktu kelipatan 624 jam dalam waktu 1440 jam, didapatkan nilai reliabilitas sebelum dan sesudah *preventive maintenance* tiap 26 hari pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.5 Reliabilitas komponen Baut dengan PM setiap 624 jam

t	R(t)	n	T	t-nT	R(T)ⁿ	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.973715	0	0	24	1	0.973715	0.973715
48	0.944615	0	0	48	1	0.944615	0.944615
72	0.914942	0	0	72	1	0.914942	0.914942
96	0.885254	0	0	96	1	0.885254	0.885254
120	0.855829	0	0	120	1	0.855829	0.855829
144	0.826831	0	0	144	1	0.826831	0.826831
168	0.798365	0	0	168	1	0.798365	0.798365
192	0.770501	0	0	192	1	0.770501	0.770501
216	0.743286	0	0	216	1	0.743286	0.743286
240	0.716753	0	0	240	1	0.716753	0.716753
264	0.690922	0	0	264	1	0.690922	0.690922
288	0.665804	0	0	288	1	0.665804	0.665804
312	0.641407	0	0	312	1	0.641407	0.641407
336	0.617731	0	0	336	1	0.617731	0.617731

t	R(t)	n	T	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
360	0.594774	0	0	360	1	0.594774	0.594774
384	0.572528	0	0	384	1	0.572528	0.572528
408	0.550987	0	0	408	1	0.550987	0.550987
432	0.53014	0	0	432	1	0.53014	0.53014
456	0.509975	0	0	456	1	0.509975	0.509975
480	0.49048	0	0	480	1	0.49048	0.49048
504	0.471641	0	0	504	1	0.471641	0.471641
528	0.453443	0	0	528	1	0.453443	0.453443
552	0.435872	0	0	552	1	0.435872	0.435872
576	0.418911	0	0	576	1	0.418911	0.418911
600	0.402546	0	0	600	1	0.402546	0.402546
624	0.38676	1	624	0	0.38676	1	0.38676
648	0.371537	1	624	24	0.38676	0.973715	0.376594
672	0.356862	1	624	48	0.38676	0.944615	0.365339
696	0.342719	1	624	72	0.38676	0.914942	0.353862
720	0.329092	1	624	96	0.38676	0.885254	0.34238
744	0.315965	1	624	120	0.38676	0.855829	0.331
768	0.303323	1	624	144	0.38676	0.826831	0.319785
792	0.29115	1	624	168	0.38676	0.798365	0.308775
816	0.279433	1	624	192	0.38676	0.770501	0.297999
840	0.268155	1	624	216	0.38676	0.743286	0.287473
864	0.257303	1	624	240	0.38676	0.716753	0.277211
888	0.246863	1	624	264	0.38676	0.690922	0.267221
912	0.236821	1	624	288	0.38676	0.665804	0.257506
936	0.227163	1	624	312	0.38676	0.641407	0.24807
960	0.217877	1	624	336	0.38676	0.617731	0.238914
984	0.208948	1	624	360	0.38676	0.594774	0.230034
1008	0.200366	1	624	384	0.38676	0.572528	0.221431
1032	0.192118	1	624	408	0.38676	0.550987	0.2131
1056	0.184192	1	624	432	0.38676	0.53014	0.205037
1080	0.176576	1	624	456	0.38676	0.509975	0.197238
1104	0.16926	1	624	480	0.38676	0.49048	0.189698
1128	0.162232	1	624	504	0.38676	0.471641	0.182412
1152	0.155483	1	624	528	0.38676	0.453443	0.175374
1176	0.149002	1	624	552	0.38676	0.435872	0.168578
1200	0.142778	1	624	576	0.38676	0.418911	0.162018
1224	0.136804	1	624	600	0.38676	0.402546	0.155688
1248	0.131068	2	624	0	0.149583	1	0.149583
1272	0.125563	2	624	24	0.149583	0.973715	0.145651
1296	0.12028	2	624	48	0.149583	0.944615	0.141298
1320	0.11521	2	624	72	0.149583	0.914942	0.13686
1344	0.110346	2	624	96	0.149583	0.885254	0.132419

t	R(t)	n	T	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
1368	0.105679	2	624	120	0.149583	0.855829	0.128018
1392	0.101202	2	624	144	0.149583	0.826831	0.12368
1416	0.096908	2	624	168	0.149583	0.798365	0.119422
1440	0.092789	2	624	192	0.149583	0.770501	0.115254

Contoh perhitungan keandalan komponen tanpa *preventive maintenance* pada nilai 720 jam.

$$R(720) = e^{-\left(\frac{720}{653.9}\right)^{1.097}} = 0.329$$

Sehingga didapatkan reliabilitas komponen pada jam ke 720 sebesar 32.9%.

Dengan dilakukan *preventive maintenance* dengan selang waktu 624 jam, pada jam ke 720 komponen memiliki peluang keandalan untuk waktu t-nT dari tindakan *preventive maintenance*, R(t-nT) sebesar:

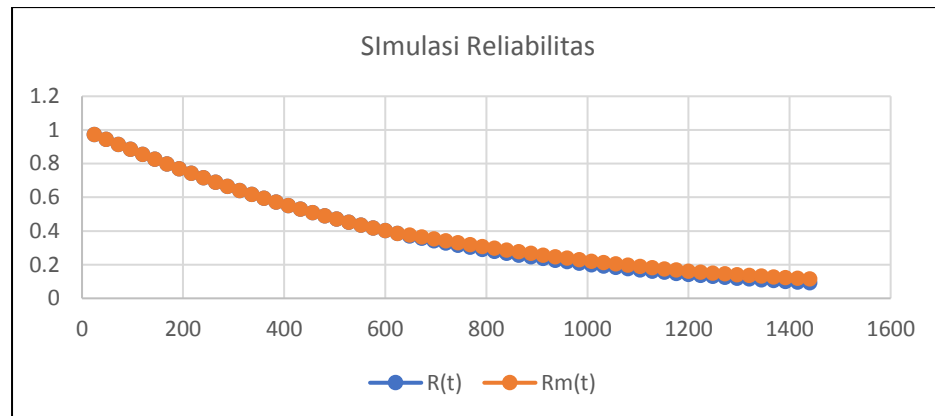
$$R(t - nT) = e^{-\left(\frac{t-nT}{\theta}\right)^{\beta}}$$

$$R(720 - 624) = e^{-\left(\frac{720-624}{653.9}\right)^{1.097}} = 0.885$$

Sehingga peluang keandalan pada komponen yang dilakukan *preventive maintenance* Rm(t) sebesar:

$$Rm(720) = R(624)^1 * R(96) = 0.3867 * 0.885 = 0.3423$$

Berikut adalah grafik hasil dari tabel simulasi reliabilitas di atas:



Gambar 4.10 Reliabilitas komponen baut dengan interval PM 624 jam

4.3.3 Komponen Motor Penggerak Pisau Tebu

Berdasarkan data yang terkumpul, komponen motor penggerak pisau tebu mengalami *downtime* yang tidak direncanakan selama 10 jam 10 menit sebanyak 18 kali. Hal tersebut tentu mengurangi produktivitas dan potensi nira yang dapat diperoleh. data TBF yang didapatkan:

Tabel 4.6 Data komponen Motor pisau tebu

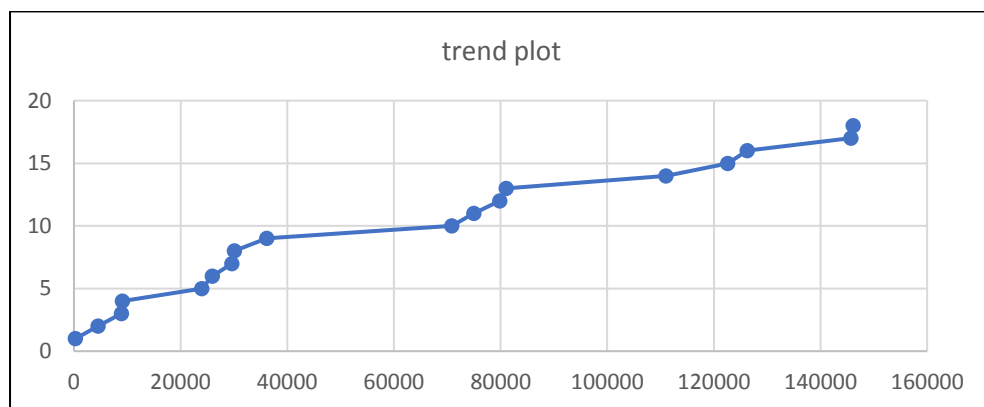
Breakdown ke- n	TBF	kumulatif TBF
1	295	295
2	4245	4540
3	4400	8940
4	130	9070
5	14900	23970
6	2020	25990
7	3615	29605
8	490	30095
9	6045	36140
10	34750	70890
11	4125	75015
12	4875	79890
13	1180	81070
14	29950	111020

Breakdown ke- n	TBF	kumulatif TBF
15	11610	122630
16	3645	126275
17	19430	145705
18	420	146125

Selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap data tersebut untuk menentukan model matematis reliabilitas yang sesuai. Uji tersebut adalah:

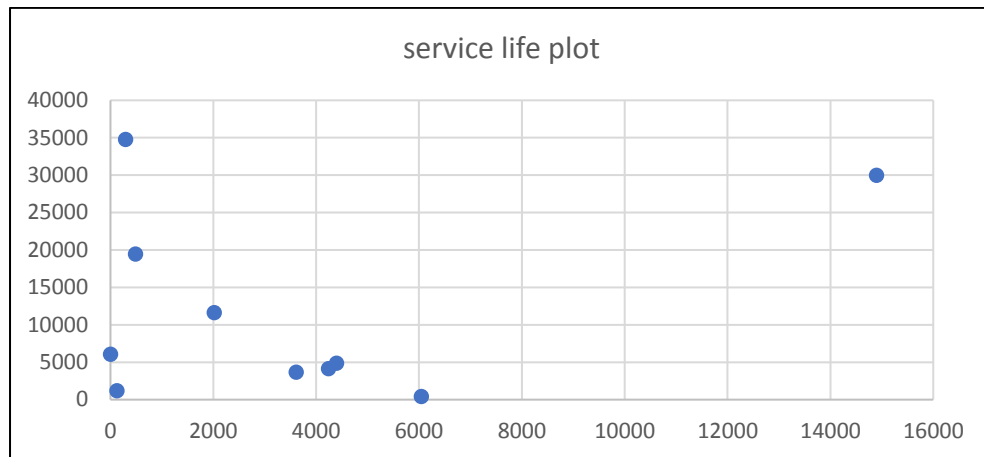
a. Uji grafik

Uji grafik yang pertama yaitu *trend plot* dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF sebagai sumbu X dengan kumulatif frekuensi kegagalan sebagai sumbu Y akan terlihat apakah ada kecenderungan tren tertentu. Uji grafik yang kedua yaitu *successive service life plot* dengan melakukan *scatter plot* data TBF ke- n sebagai sumbu Y dan membandingkannya dengan TBF ke- $(n-1)$ sebagai sumbu X. Jika terbentuk lebih dari 2 kluster atau membentuk garis lurus, mengindikasikan ada tren pada data TBF tersebut. Jika ditemukan tren dari salah satu uji di atas, akan dilakukan proses NHPP. Berikut adalah hasil uji grafik tren plot:



Gambar 4.11 plot tren komponen motor pisau tebu

Dan berikut merupakan grafik uji *successive service life plot* pada komponen:



Gambar 4.12 *successive service life plot* komponen motor pisau tebu

b. *Goodness of fit*

Berdasarkan perhitungan *Minitab 17*, data TBF memiliki fungsi distribusi Normal dengan nilai 2.481, *mean* dengan nilai 135.31, dan *standard deviation* nilai 166.652.

c. Analisis Reliabilitas

Analisis reliabilitas dilakukan dengan cara mencari nilai MTTF lalu menghitung reliabilitas dari komponen dengan formula distribusi normal. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai MTTF yaitu 135.31 jam sehingga akan dilakukan simulasi PM pada interval 120 jam

$$R(t) = 1 - \phi \frac{t - \mu}{\sigma}$$

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung probabilitas keandalan komponen pada saat t , bukan untuk menghitung kumulatif probabilitas keandalan saat t_0-t . Sehingga didapatkan nilai reliabilitas komponen tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan waktu kelipatan 120 jam dalam waktu 720 jam, didapatkan nilai reliabilitas sebelum dan sesudah *preventive maintenance* tiap 5 hari pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.7 Reliabilitas komponen motor penggerak pisau dengan PM setiap 120 jam

t	R(t)	n	T	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.998002	0	0	24	1	0.997297	0.997297
48	0.998561	0	0	48	1	0.997297	0.997297
72	0.999023	0	0	72	1	0.997297	0.997297
96	0.999419	0	0	96	1	0.997297	0.997297
120	0.999779	1	120	0	0.999779	0.999779	0.999558
144	0.999875	1	120	24	0.999875	0.999779	0.999654
168	0.999521	1	120	48	0.999521	0.999779	0.999301
192	0.999137	1	120	72	0.999137	0.999779	0.998917
216	0.998697	1	120	96	0.998697	0.999779	0.998476
240	0.998168	2	120	0	0.99634	0.998168	0.994515
264	0.997509	2	120	24	0.995025	0.998168	0.993202
288	0.996663	2	120	48	0.993337	0.998168	0.991517
312	0.995548	2	120	72	0.991115	0.998168	0.9893
336	0.994047	2	120	96	0.98813	0.998168	0.98632
360	0.991991	3	120	0	0.976164	0.991991	0.968345
384	0.989123	3	120	24	0.967723	0.991991	0.959972
408	0.98506	3	120	48	0.955846	0.991991	0.948191
432	0.979211	3	120	72	0.938922	0.991991	0.931401
456	0.97066	3	120	96	0.914538	0.991991	0.907213
480	0.95796	4	120	0	0.842152	0.95796	0.806748
504	0.938799	4	120	24	0.776768	0.95796	0.744113
528	0.909424	4	120	48	0.684014	0.95796	0.655258
552	0.86365	4	120	72	0.556353	0.95796	0.532964
576	0.791137	4	120	96	0.391748	0.95796	0.375279
600	0.674325	5	120	0	0.139427	0.674325	0.094019
624	0.482925	5	120	24	0.026266	0.674325	0.017712
648	0.163856	5	120	48	0.000118	0.674325	7.96E-05
672	-0.37741	5	120	72	-0.00766	0.674325	-0.00516
696	-1.31198	5	120	96	-3.88713	0.674325	-2.62119
720	-2.9547	6	120	0	665.3993	-2.9547	-1966.06

Contoh perhitungan keandalan komponen tanpa *preventive maintenance* pada nilai 360 jam.

$$R(360) = 1 - \phi\left(\frac{360 - 135.31}{166.652}\right) = 0.991$$

Sehingga didapatkan reliabilitas komponen pada jam ke 360 sebesar 99.1%.

Dengan dilakukan *preventive maintenance* dengan selang waktu 120 jam, pada jam ke 360 komponen memiliki peluang keandalan untuk waktu $t-nT$ dari tindakan *preventive maintenance*, $R(t-nT)$ sebesar:

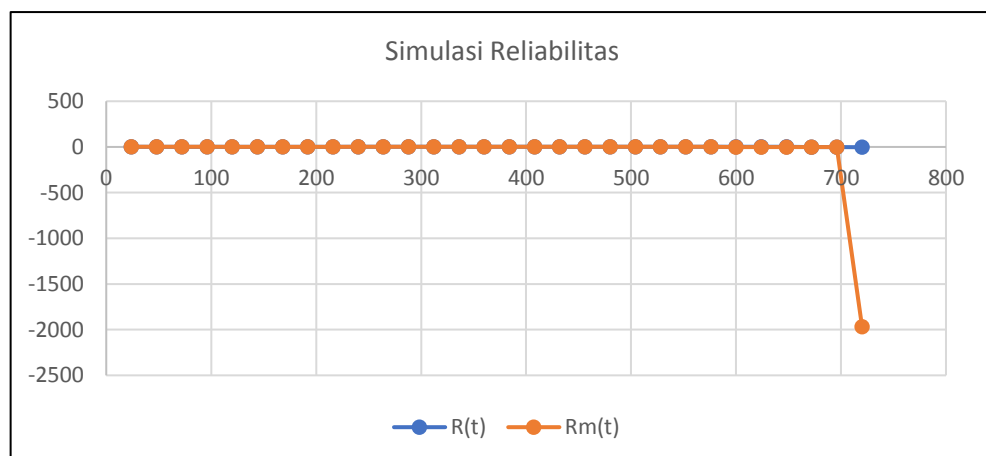
$$R(t - nT) = 1 - \phi \left(\frac{(t - nT) - \mu}{\sigma} \right)$$

$$R(360 - 120) = 1 - \phi \left(\frac{(360 - 3.120) - 135.31}{166.652} \right) = 0.991$$

Sehingga peluang keandalan pada komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ sebesar:

$$R_m(360) = R(120)^3 * R(240) = 0.976 * 0.991 = 0.968$$

Berikut adalah grafik hasil dari tabel simulasi reliabilitas di atas:



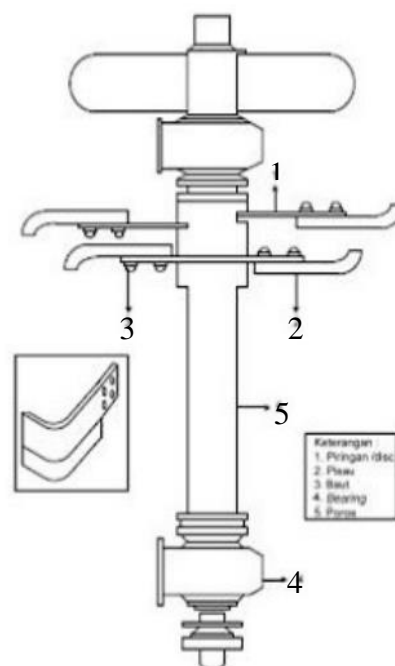
Gambar 4.13 Reliabilitas komponen motor pisau dengan interval PM 120 jam

4.3.4 Komponen Pisau Tebu

Komponen pisau tebu sebagaimana digambarkan dalam gambar di bawah ini adalah yang bernomor 2



Gambar 4.14 Pisau Tebu



Keterangan:

1. Piringan
2. Pisau tebu
3. Baut
4. Bearing
5. As rotor

Gambar 4.15 Detail Pisau Tebu

Pada tahun produksi 2016 dan 2017, komponen pisau tebu ini mengalami *downtime* yang tidak direncanakan selama 15 jam 25 menit sebanyak 13 kali. Hal tersebut tentu mengurangi produktivitas dan potensi nira yang dapat diperoleh. Berikut adalah data TBF komponen:

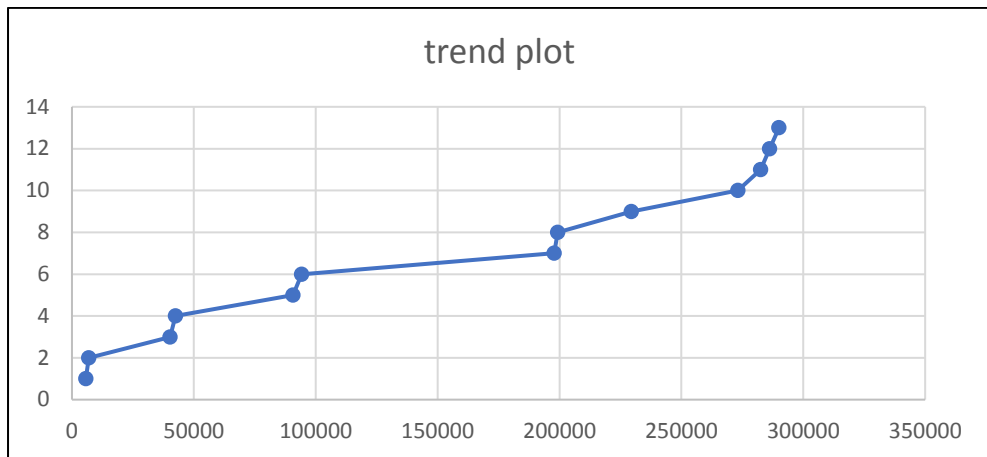
Tabel 4.8 Data Pisau Tebu

Kegagalan ke-<i>n</i>	TBF	kumulatif TBF
1	5695	5695
2	1255	6950
3	33300	40250
4	2240	42490
5	48175	90665
6	3530	94195
7	103605	197800
8	1470	199270
9	30245	229515
10	43635	273150
11	9360	282510
12	3735	286245
13	3815	290060

Selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap data tersebut untuk menentukan model matematis reliabilitas yang sesuai. Uji tersebut adalah:

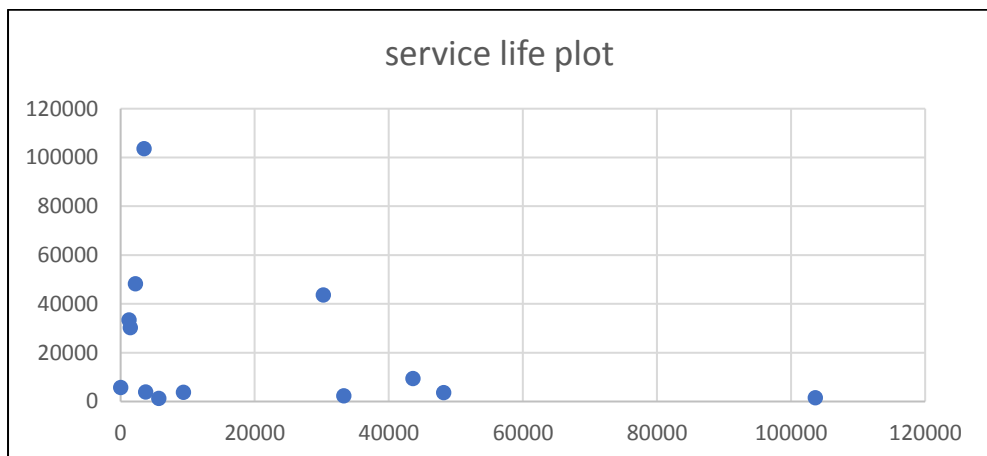
a. Uji grafik

Uji grafik yang pertama yaitu *trend plot* dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF sebagai sumbu X dengan kumulatif frekuensi kegagalan sebagai sumbu Y akan terlihat apakah ada kecenderungan tren tertentu. Uji grafik yang kedua yaitu *successive service life plot* dengan melakukan *scatter plot* data TBF ke-*n* sebagai sumbu Y dan membandingkannya dengan TBF ke-(*n*-1) sebagai sumbu X. Jika terbentuk lebih dari 2 klaster atau membentuk garis lurus, mengindikasikan ada tren pada data TBF tersebut. Jika ditemukan tren dari salah satu uji di atas, akan dilakukan proses NHPP. Berikut adalah hasil uji grafik tren plot:



Gambar 4.16 tren plot komponen pisau tebu

Dan berikut merupakan grafik uji *successive service life plot* pada komponen:



Gambar 4.17 *successive service life plot* komponen pisau tebu

b. *Goodness of fit*

Uji kebaikan suai distribusi probabilitas menggunakan perangkat lunak *minitab* 17. Berdasarkan perhitungan *Minitab* 17, data TBF memiliki fungsi distribusi statistik eksponensial dengan nilai 2.305.

c. Analisis Reliabilitas

Analisis reliabilitas dilakukan dengan cara mencari nilai MTTF lalu menghitung reliabilitas dari komponen dengan formula distribusi eksponensial. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai MTTF yaitu 371.872 jam sehingga akan dilakukan simulasi PM pada interval 336 jam

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung probabilitas keandalan komponen pada saat t , bukan untuk menghitung kumulatif probabilitas keandalan saat t_0-t . Sehingga didapatkan nilai reliabilitas komponen tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan waktu kelipatan 336 jam dalam waktu 720 jam, didapatkan nilai reliabilitas sebelum dan sesudah *preventive maintenance* tiap 14 hari pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.9 Reliabilitas komponen pisau tebu dengan interval PM 336 jam

t	R(t)	n	T	t-nT	R(T) ⁿ	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.9375	0	0	24	1	0.9375	0.9375
48	0.878907	0	0	48	1	0.878907	0.878907
72	0.823975	0	0	72	1	0.823975	0.823975
96	0.772477	0	0	96	1	0.772477	0.772477
120	0.724197	0	0	120	1	0.724197	0.724197
144	0.678935	0	0	144	1	0.678935	0.678935
168	0.636501	0	0	168	1	0.636501	0.636501
192	0.59672	0	0	192	1	0.59672	0.59672
216	0.559425	0	0	216	1	0.559425	0.559425
240	0.524461	0	0	240	1	0.524461	0.524461
264	0.491683	0	0	264	1	0.491683	0.491683
288	0.460952	0	0	288	1	0.460952	0.460952
312	0.432143	0	0	312	1	0.432143	0.432143
336	0.405134	1	366	-30	0.405134	1.084016	0.439172
360	0.379813	1	366	-6	0.379813	1.016265	0.385991
384	0.356075	1	366	18	0.356075	0.952749	0.33925
408	0.33382	1	366	42	0.33382	0.893202	0.298169
432	0.312957	1	366	66	0.312957	0.837377	0.262063
456	0.293397	1	366	90	0.293397	0.785041	0.230329

t	R(t)	n	T	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
480	0.27506	1	366	114	0.27506	0.735976	0.202437
504	0.257868	1	366	138	0.257868	0.689978	0.177924
528	0.241752	1	366	162	0.241752	0.646854	0.156378
552	0.226642	1	366	186	0.226642	0.606426	0.137442
576	0.212477	1	366	210	0.212477	0.568525	0.120798
600	0.199197	1	366	234	0.199197	0.532992	0.106171
624	0.186748	1	366	258	0.186748	0.49968	0.093314
648	0.175076	1	366	282	0.175076	0.46845	0.082014
672	0.164134	2	366	-60	0.02694	1.175091	0.031657
696	0.153875	2	366	-36	0.023678	1.101648	0.026084
720	0.144258	2	366	-12	0.02081	1.032795	0.021493

Contoh perhitungan keandalan komponen tanpa *preventive maintenance* pada nilai 480 jam.

$$R(480) = e^{-(0.002 \cdot 480)} = 0.275$$

Sehingga didapatkan reliabilitas komponen pada jam ke 480 sebesar 27.6%.

Dengan dilakukan *preventive maintenance* dengan selang waktu 336 jam, pada jam ke 480 komponen memiliki peluang keandalan untuk waktu t-nT dari tindakan *preventive maintenance*, R(t-nT) sebesar:

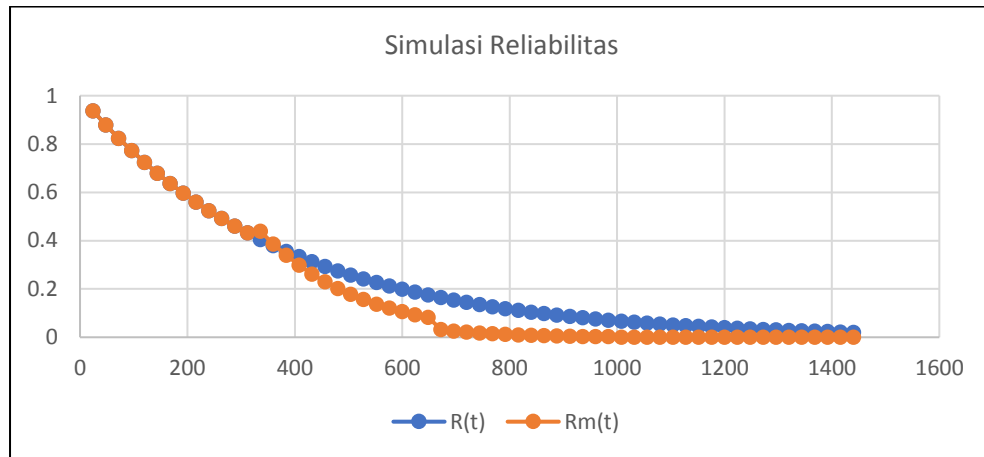
$$R(t - nT) = e^{-\lambda(t-nT)}$$

$$R(480 - 336) = e^{-0.002 \cdot (480-336)} = 0.736$$

Sehingga peluang keandalan pada komponen yang dilakukan *preventive maintenance* Rm(t) sebesar:

$$Rm(480) = R(336)^1 * R(144) = 0.275 * 0.736 = 0.202$$

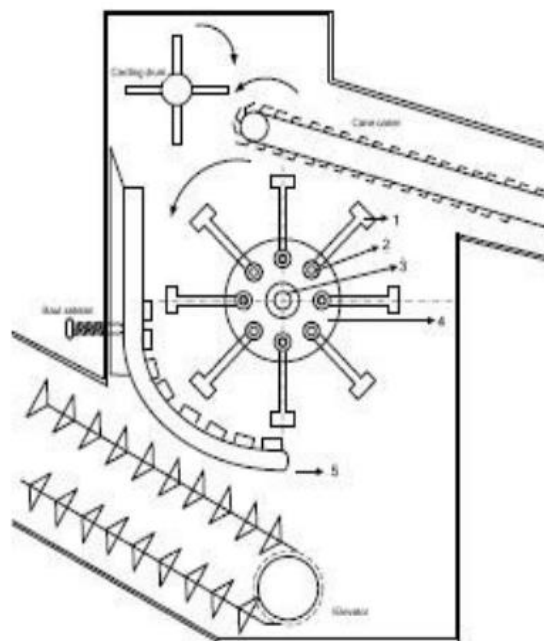
Berikut adalah grafik hasil dari tabel simulasi reliabilitas di atas:



Gambar 4.18 Reliabilitas komponen pisau tebu dengan interval PM 336 jam

4.3.5 Komponen *Stang Hammer*

Komponen pisau tebu sebagaimana digambarkan dalam gambar di bawah ini adalah yang bernomor 1



Keterangan:

1. Hammer
2. As shredder
3. Disc
4. Grid bar
5. As hammer

Gambar 4.19 *Hammer Unigrator*

Berdasarkan data yang terkumpul, komponen *stang hammer* pisau tebu mengalami *downtime* yang tidak direncanakan selama 18 jam 20 menit sebanyak 16 kali. Hal tersebut tentu mengurangi produktivitas dan potensi nira yang dapat diperoleh. Berikut adalah data TBF yang berhasil didapatkan:

Tabel 4.10 Data komponen Stang Hammer

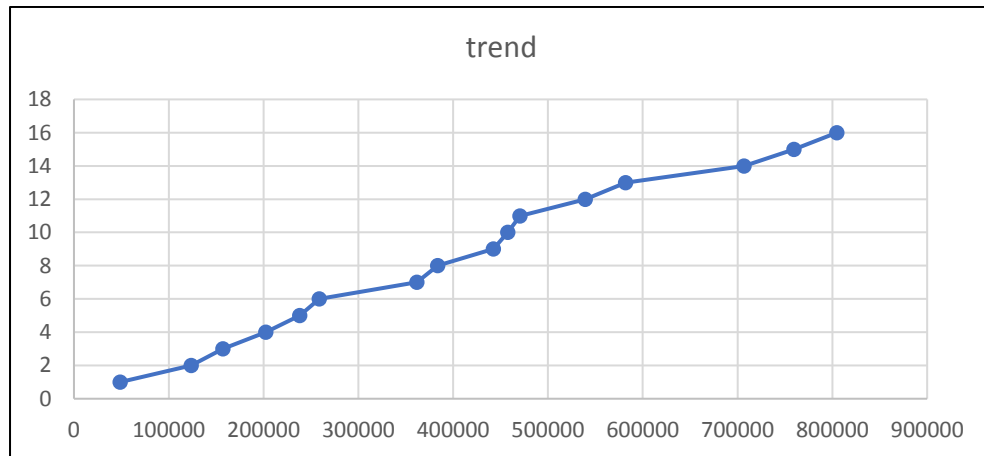
Kegagalan ke-<i>n</i>	TBF	kumulatif TBF
1	48650	48650
2	75110	123760
3	33470	157230
4	45095	202325
5	35765	238090
6	20850	258940
7	102915	361855
8	22050	383905
9	58700	442605
10	14995	457600
11	13070	470670
12	68755	539425
13	42545	581970
14	125025	706995
15	52550	759545
16	45220	804765

Selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap data tersebut untuk menentukan model matematis reliabilitas yang sesuai. Uji tersebut adalah:

a. Uji grafik

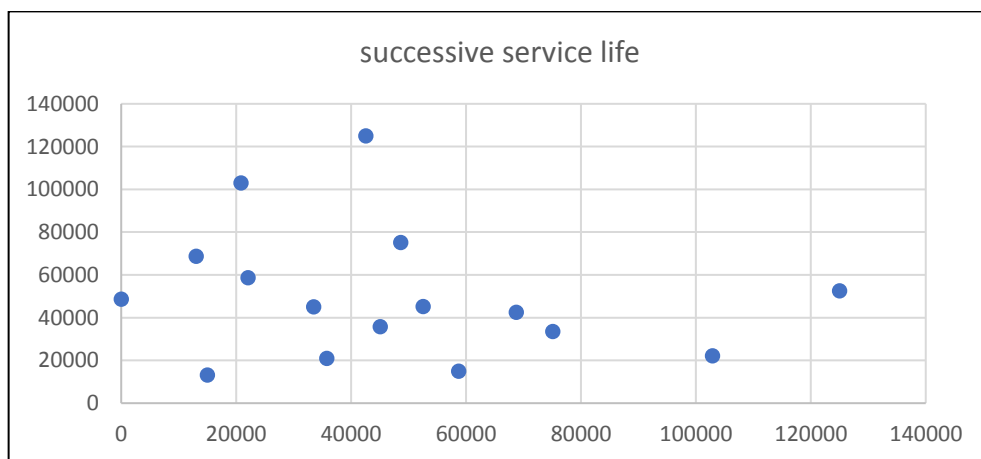
Uji grafik yang pertama yaitu *trend plot* dengan melakukan plot antara data kumulatif TBF sebagai sumbu X dengan kumulatif frekuensi kegagalan sebagai sumbu Y akan terlihat apakah ada kecenderungan tren tertentu. Uji grafik yang kedua yaitu *successive service life plot* dengan melakukan *scatter plot* data TBF ke-*n* sebagai sumbu Y dan membandingkannya dengan TBF ke-(*n*-1) sebagai sumbu X. Jika

terbentuk lebih dari 2 kluster atau membentuk garis lurus, mengindikasikan ada tren pada data TBF tersebut. Jika ditemukan tren dari salah satu uji di atas, akan dilakukan proses NHPP. Berikut adalah hasil uji grafik tren plot:



Gambar 4.20 tren plot komponen stang *hammer*

Dan berikut merupakan grafik uji *successive service life plot* pada komponen:



Gambar 4.21 *successive service life plot* komponen stang *hammer*

b. Goodness of fit

Uji kebaikan suai distribusi probabilitas menggunakan perangkat lunak *minitab* 17. Berdasarkan perhitungan *Minitab* 17, data TBF memiliki fungsi distribusi statistik eksponensial dengan nilai 2.171.

c. Analisis Reliabilitas

Analisis reliabilitas dilakukan dengan cara mencari nilai MTTF lalu menghitung reliabilitas dari komponen dengan formula yang sesuai dengan distribusi statistiknya. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai MTTF yaitu 838.2969 jam sehingga akan dilakukan simulasi PM pada interval 840 jam

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung probabilitas keandalan komponen pada saat t , bukan untuk menghitung kumulatif probabilitas keandalan saat t_0-t . Sehingga didapatkan nilai reliabilitas komponen tiap waktu penggunaan, dengan menggunakan waktu kelipatan 840 jam dalam waktu 1080 jam, didapatkan nilai reliabilitas sebelum dan sesudah *preventive maintenance* tiap 35 hari pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.11 Reliabilitas komponen stang hammer dengan interval PM 840 jam

t	R(t)	n	T	t-nT	R(T) ⁿ	R(t-nT)	Rm(t)
24	0.971776	0	0	24	1	0.971776	0.971776
48	0.944349	0	0	48	1	0.944349	0.944349
72	0.917697	0	0	72	1	0.917697	0.917697
96	0.891796	0	0	96	1	0.891796	0.891796
120	0.866626	0	0	120	1	0.866626	0.866626
144	0.842167	0	0	144	1	0.842167	0.842167
168	0.818398	0	0	168	1	0.818398	0.818398
192	0.7953	0	0	192	1	0.7953	0.7953
216	0.772854	0	0	216	1	0.772854	0.772854
240	0.751041	0	0	240	1	0.751041	0.751041
264	0.729844	0	0	264	1	0.729844	0.729844
288	0.709245	0	0	288	1	0.709245	0.709245
312	0.689228	0	0	312	1	0.689228	0.689228
336	0.669776	0	0	336	1	0.669776	0.669776
360	0.650872	0	0	360	1	0.650872	0.650872
384	0.632502	0	0	384	1	0.632502	0.632502
408	0.614651	0	0	408	1	0.614651	0.614651
432	0.597303	0	0	432	1	0.597303	0.597303
456	0.580445	0	0	456	1	0.580445	0.580445

t	R(t)	n	T	t-nT	R(T) ⁿ	R(t-nT)	Rm(t)
480	0.564063	0	0	480	1	0.564063	0.564063
504	0.548143	0	0	504	1	0.548143	0.548143
528	0.532673	0	0	528	1	0.532673	0.532673
552	0.517639	0	0	552	1	0.517639	0.517639
576	0.503029	0	0	576	1	0.503029	0.503029
600	0.488832	0	0	600	1	0.488832	0.488832
624	0.475035	0	0	624	1	0.475035	0.475035
648	0.461628	0	0	648	1	0.461628	0.461628
672	0.448599	0	0	672	1	0.448599	0.448599
696	0.435938	0	0	696	1	0.435938	0.435938
720	0.423634	0	0	720	1	0.423634	0.423634
744	0.411678	0	0	744	1	0.411678	0.411678
768	0.400059	0	0	768	1	0.400059	0.400059
792	0.388768	0	0	792	1	0.388768	0.388768
816	0.377796	0	0	816	1	0.377796	0.377796
840	0.367133	1	840	0	0.367133	1	0.367133
864	0.356771	1	840	24	0.356771	0.971776	0.346702
888	0.346702	1	840	48	0.346702	0.944349	0.327408
912	0.336917	1	840	72	0.336917	0.917697	0.309187
936	0.327408	1	840	96	0.327408	0.891796	0.291981
960	0.318167	1	840	120	0.318167	0.866626	0.275732
984	0.309187	1	840	144	0.309187	0.842167	0.260387
1008	0.300461	1	840	168	0.300461	0.818398	0.245897
1032	0.291981	1	840	192	0.291981	0.7953	0.232212
1056	0.28374	1	840	216	0.28374	0.772854	0.21929
1080	0.275732	1	840	240	0.275732	0.751041	0.207086

Contoh perhitungan keandalan komponen tanpa *preventive maintenance* pada nilai 864 jam.

$$R(864) = e^{-(0.002 \cdot 864)} = 0.356$$

Sehingga didapatkan reliabilitas komponen pada jam ke 864 sebesar 35.6%.

Dengan dilakukan *preventive maintenance* dengan selang waktu 840 jam, pada jam ke 864 komponen memiliki peluang keandalan untuk waktu $t-nT$ dari tindakan *preventive maintenance*, $R(t-nT)$ sebesar:

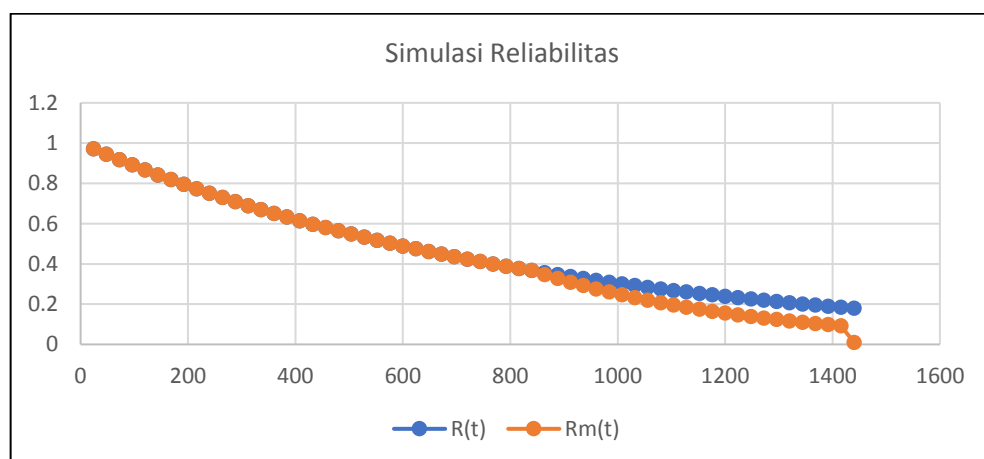
$$R(t - nT) = e^{-\lambda(t-nT)}$$

$$R(864 - 840) = e^{-0.002*(864-840)} = 0.971$$

Sehingga peluang keandalan pada komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ sebesar:

$$R_m(864) = R(840)^1 * R(24) = 0.356 * 0.971 = 0.346$$

Berikut adalah grafik hasil dari tabel simulasi reliabilitas di atas:



Gambar 4.22 Reliabilitas komponen stang hammer dengan interval PM 840 jam

4.4 Penugasan Perawatan

Hasil wawancara menjelaskan aktivitas perawatan komponen berserta MTTF dan MTTR.

Tabel 4.12 Penugasan *Breakdown Maintenance*

Komponen	Pekerjaan	MTTF (jam)	MTTR (menit)
<i>Scraper</i>	Penggantian komponen	495.49	11.40
Baut suri blok atas	Penggantian komponen	631.67	18.72
Motor penggerak	Cek beban tebu	135.35	14.23
Pisau tebu	Penggantian komponen	371.87	53.33
<i>Stang hammer</i>	Periksa jarak mesin	838.3	60.71

cc2-3