



ANALISIS RELIABILITAS PADA SISTEM PRODUKSI LAMPU DEPAN HONDA SUPRA DI PT. XYZ.

Sunardi Tjandra

Laboratorium Desain Produk, Teknik Manufaktur Universitas Surabaya

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya 60293, Indonesia

Phone: 0062-31-2981397, Fax: 0062-31-2981387

E-mail : s_tjandra@ubaya.ac.id

ABSTRAK

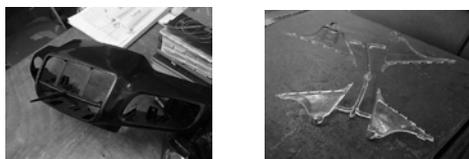
PT. XYZ memproduksi spare part sepeda motor berbahan dasar polimer. PT. XYZ ingin mengidentifikasi sub sistem mana yang reliabilitasnya rendah, terutama di departemen produksi. Tujuan penelitian ini adalah mencari sub sistem dengan reliabilitas terendah pada periode tertentu yang dapat mempengaruhi reliabilitas sistem produksi. Analisis dilakukan pada divisi injection sampai dengan metalizing. Analisis tidak mencakup metal cutting dan forming pada divisi blanking, proses packaging, dan proses recycle plastik. Karena varian produk PT XYZ sangat banyak, pada penelitian ini diambil satu jenis produk yaitu Lampu Depan Honda Supra X-125. Metode analisis menggunakan Markov Model berbantuan software Weibull++ evaluation version dan CARMS freeware. Langkah pertama adalah menentukan system effectiveness sistem produksi lampu depan Supra X-125. Sistem produksi tersebut adalah urutan proses pembuatan produk beserta mesin-mesin yang digunakan. Selanjutnya dilakukan functional breakdown sistem produksi, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi system effectiveness. Failure dan repair rate diperoleh dari hasil analisis Weibull++ berdasarkan data history card mesin yang digunakan. Pembuatan diagram Markov dan analisisnya menggunakan software CARMS. Hasil analisis menunjukkan bahwa reliabilitas terendah dalam jangka waktu simulasi 30 hari terjadi pada sub sistem oven, divisi metalizing, yakni sebesar 0,676. Reliabilitas dari sistem produksi Lampu Depan Supra X-125 di PT. XYZ pada hari ke-30 adalah 0,5638.

Kata kunci: analisis reliabilitas, Markov model, produksi.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna sepeda motor di Indonesia, PT. XYZ berusaha menyediakan spare part untuk semua merk sepeda motor berbahan dasar polimer seperti plastik dan mika. Spare part tersebut diproduksi melalui proses injection molding. Gambar 1 adalah contoh produk hasil proses injection molding PT. XYZ.



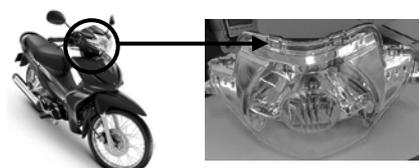
Gambar 1. Contoh Hasil Proses Injection Molding PT. XYZ.

Salah satu masalah yang sering terjadi di PT. XYZ adalah kerusakan komponen mould. Dengan banyaknya order, perusahaan harus menyediakan mould untuk masing-masing spare part, dengan jumlah masing-masing lebih dari satu buah mould (sebagai cadangan). Hal ini dikarenakan jika ada kerusakan mould, produksi tidak berhenti terlalu lama sampai mould selesai diperbaiki. Komponen mould yang rusak diperbaiki atau diganti pada bagian workshop. Meskipun sering terjadi kerusakan komponen mould, sebagai upaya mening-

katkan produktivitasnya, PT. XYZ juga ingin mengidentifikasi sub sistem mana yang nilai reliabilitasnya rendah, terutama di departemen produksi komponen spare part.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mencari sub sistem dengan nilai reliabilitas terendah pada periode waktu tertentu sehingga mempengaruhi nilai reliabilitas sistem produksi di PT. XYZ. Analisis dilakukan pada divisi injection sampai dengan metalizing. Analisis tidak mencakup proses metal cutting dan forming pada divisi blanking, proses packaging, dan proses recycle plastik sisa proses injeksi ke dalam bentuk pallet. Karena varian produk dari PT XYZ sangat banyak, maka pada penelitian ini diambil salah satu jenis produk, yaitu Lampu Depan Honda Supra X-125 (assy). Penentuan produk ini juga didasari oleh data bagian workshop yang menunjukkan bahwa kerusakan komponen mould banyak terjadi pada mould mika lampu depan Honda Supra X-125. Contoh produk lampu depan Honda Supra X-125 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Lampu Depan Honda Supra X-125.

Metode analisis reliabilitas sistem pada penelitian ini menggunakan metode *Markov Model* dengan bantuan *software Weibull++ evaluation version* dan *freeware CARMS*.

Review Penelitian

Untuk setiap sistem, model Markov terdiri dari dua kondisi (*state*) yang teridentifikasi dalam bentuk *transition probability* atau peluang transisi dari satu kondisi ke kondisi lainnya atau pun peluang tetap berada pada kondisi semula. Peluang transisi ini akan sama di sepanjang waktu (*stationery*). Dalam analisis kehandalan, transisi tersebut biasanya terdiri dari kegagalan (*failure*) dan perbaikan (*repair*). Beberapa syarat agar metode Markov dapat diaplikasikan dalam evaluasi keandalan sistem, yaitu [1]:

- Sistem berkarakter *lack of memory*, dimana kondisi sistem di masa mendatang tidak dipengaruhi oleh kondisi sebelumnya. Artinya kondisi sistem saat evaluasi tidak dipengaruhi oleh kondisi sebelumnya, kecuali kondisi sesaat sebelum kondisi saat ini.
- Sistem harus *stationery* atau homogen, artinya perilaku sistem selalu sama disepanjang waktu atau peluang transisi sistem dari satu kondisi ke kondisi lainnya akan selalu sama disepanjang waktu. Dengan demikian maka pendekatan Markov hanya dapat diaplikasikan untuk sistem dengan laju kegagalan yang konstan.
- *State is identifiable*. Kondisi yang dimungkinkan terjadi pada sistem harus dapat diidentifikasi dengan jelas. Apakah sistem memiliki dua kondisi (*state*) yakni kondisi beroperasi dan kondisi gagal, ataukah sistem memiliki 3 kondisi, yakni 100% sukses, 50% sukses dan 100% gagal.

Vineyard, dkk (1998) menyampaikan teori dan metodologi yang memaparkan tentang karakteristik laju kegagalan (*failure rate*) dan laju perbaikan (*repair rate*), beserta distribusi data pada *typical Flexible Manufacturing System (FMS)* yang digunakan di sebuah industri manufaktur di Amerika Serikat [2]. Laju kegagalan dan laju perbaikan yang diperoleh mencakup sistem komponen mekanik, hidrolik, listrik, perangkat lunak elektronik, maupun faktor manusia (*human*). Data-data tersebut juga dilengkapi dengan distribusi teoritis yang sesuai. N. Keren, dkk (2003) mengusulkan sebuah metodologi yang menggunakan *database* reliabilitas peralatan-peralatan serta melakukan proses *benchmarking* untuk menetapkan prosedur perbaikan yang berkelanjutan [3]. Perbaikan berkelanjutan dapat dilakukan apabila semua pihak mau belajar dengan prinsip, “bagaimana orang lain dapat melakukannya”. Tujuan metode ini dapat dicapai apabila ada niat baik dan pendekatan secara terbuka dari para *stakeholder*, dengan tetap mengutamakan kepentingan bersama, serta saling berbagi informasi.

M.C. Eti, dkk (2007) memaparkan aplikasi dari *failure mode effect analysis, failure mode effect and*

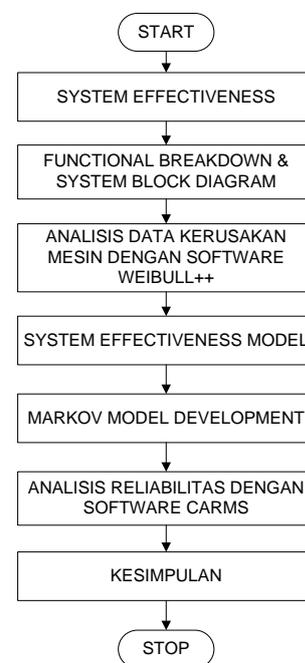
criticality analysis, feedback information, supportive systems and risk analysis, pada pembangkit listrik termal Afam, dengan tujuan untuk mengurangi frekuensi kerusakan dan biaya perawatan [4]. Beliau melakukan integrasi *RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Supportability)* beserta analisis resiko untuk menghasilkan kebijakan dan prosedur perawatan di pembangkit listrik tersebut. Sistem atau komponen yang memiliki reliabilitas atau ketersediaan di bawah yang diinginkan dapat teridentifikasi. Komponen, yang memiliki tingkat kegagalan yang berlebihan, waktu perbaikan yang lama atau derajat ketidakpastian yang tinggi terkait dengan nilai-nilai tersebut, diidentifikasi.

Sikos dan Klemeš (2010) melakukan analisis optimasi reliabilitas, ketersediaan dan pemeliharaan pada jaringan *heat exchanger* [5]. Analisis ini meliputi investigasi penyebab kegagalan, prediksi probabilitas masa depan kegagalan, perencanaan, penjadwalan dan perhitungan keandalan dan kemudahan perawatan.

Anatoly Lisnianski, dkk (2012) memaparkan model *multi-state* Markov untuk unit pembangkit listrik tenaga batubara [6]. Lisnianski mengusulkan sebuah metode untuk memperkirakan intensitas (laju) transisi antara tingkat kapasitas pembangkit berbagai unit berdasarkan pengamatan lapangan. Metode ini dapat diterapkan pada unit mana kapasitas pembangkitan output terdistribusi secara merata (*uniform*).

2. Metodologi

Metodologi dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. *Flow Chart* Penelitian

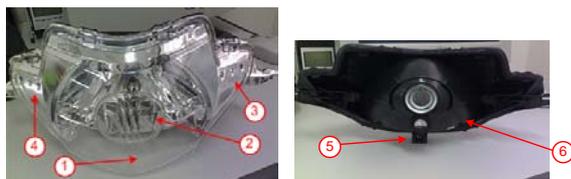
3. Pembahasan

PT. XYZ memiliki 4 departemen, yaitu Departemen *ACC & Finance Factory*, Departemen *Factory*, Departemen *R&D*, dan Departemen *HRD*. Departemen

Factory memiliki beberapa bagian. Bagian *manufacturing* memiliki tanggung jawab dalam perencanaan produksi dengan PPIC, pencapaian target produksi dan peningkatan produktivitas karyawan. Sedangkan bagian *engineering* mempunyai tanggung jawab untuk menyusun jadwal pemeliharaan dan perbaikan mesin, peralatan dan fasilitas produksi, mengawasi pelaksanaan pemeriksaan dan pemeliharaan berkala, perbaikan mesin-mesin produksi dan *utility*, serta mengawasi pelaksanaan pekerjaan perawatan atau perbaikan mould serta perbengkelan. Pada bagian *engineering* terdapat *sie workshop* dan *utility*. *Sie workshop* lebih difokuskan pada perbaikan dan pemeliharaan *mould*. Sedangkan *sie utility* difokuskan pada kerusakan mesin yang berkaitan dengan sistem elektronika dan kontrol. Pihak perusahaan menjadwalkan *maintenance* secara berkala, yaitu harian, mingguan, dan bulanan. Untuk mesin injeksi dilakukan *general check up* setiap tahun. Perusahaan juga memanfaatkan *waste jam repair* dengan melakukan *training* untuk meningkatkan kompetensi dari teknisi.

System Effectiveness

Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan *system effectiveness* dari sistem produksi yaitu bagaimana sistem produksi yang ada dapat menghasilkan produk lampu depan Supra X-125 yang baik. Sistem produksi yang dimaksud adalah urutan proses pembuatan produk lampu depan beserta mesin-mesin yang digunakan. Agar sistem produksi dapat didefinisikan, maka yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah menentukan urutan proses produksi dari lampu depan Supra X-125. Hampir semua produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ mempunyai urutan proses produksi yang serupa, terutama proses *injection molding*. Gambar 4 adalah gambar detail komponen penyusun lampu depan Supra X-125, dimana hampir semua komponennya dibuat melalui proses *injection molding*.



Gambar 4. Komponen Lampu Depan Honda Supra X-125.

Keterangan gambar 4:

1. Mika Lampu, material PMMA
2. Mika *Reflector*, material PMMA
3. Batok Kiri, material ASSAB 718 HH.
4. Batok Kanan, material ASSAB 718 HH.
5. Batok Lampu, material ASSAB 718 HH.
6. Cop, dibuat oleh divisi *Blanking*.

Analisis *reliability* yang akan dilakukan tidak menyertakan proses pembuatan komponen *cop* yang dilakukan pada divisi *Blanking* karena proses pembuatan *cop* dilakukan di luar perusahaan. Urutan proses produksi secara umum untuk produk lampu depan Supra X-125 antara lain:

- a. *Material Preparation*, khusus untuk material PMMA diperlukan proses *pre-heating* sebelum masuk ke mesin injeksi.
- b. *Injection Molding*.
- c. *Assembly 1*, melakukan perakitan komponen batok lampu dengan *cop*.
- d. *Painting/Metalizing*, melapisi batok lampu dengan cat dasar dan *chrome* (sebagai *reflector*). Pada bagian ini juga terdapat proses pencucian dan penggosokan manual. Proses ini hanya dilakukan apabila batok lampu hasil injeksi mengandung kotoran atau minyak yang dapat mengakibatkan hasil *metalizing* menjadi jelek.
- e. *Assembly 2*, melakukan perakitan batok lampu dengan mika lampu.

Tabel 1 berikut ini adalah pembagian proses produksi berdasarkan sub-sistem beserta peralatan pendukungnya.

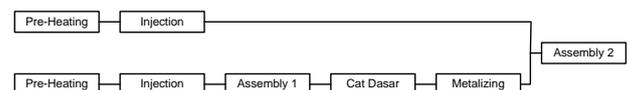
Tabel 1. Sub-sistem Beserta Peralatan yang Digunakan

SUB SISTEM	PERALATAN	JUMLAH	KET.
<i>Material Pre-Heating</i>	<i>Material Heater</i>	2 unit	PMMA
<i>Injection Process</i>	Potenza 160B Lien Yu	2 unit 2 unit	PMMA ASSAB
<i>Assembly 1</i>	Manual		merakit cop & batok
<i>Pengecatan Dasar</i>	Mesin Cat + Kompresor + <i>Drier</i>	5 set	
<i>Metalizing</i>	<i>Vacuum M/C</i> <i>Oven M/C</i>	1 unit 3 unit	proses pelapisan <i>Chrome</i>
<i>Assembly 2</i>	Manual		merakit batok & mika

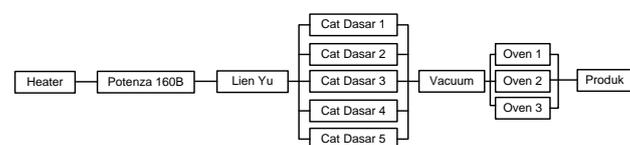
Heater ditempatkan pada setiap mesin injeksi yang memproses komponen dengan material PMMA baik pada mesin Potenza 160B maupun Lien Yu. Komponen mika dan batok lampu dikerjakan di mesin Potenza, sedangkan komponen mika *reflector* dan batok kiri-kanan dikerjakan di mesin Lien Yu. PT. XYZ memiliki dua buah *material heater* sebagai cadangan.

Functional Breakdown

Functional Breakdown dan *Block Diagram* dari sistem produksi lampu depan Supra X-125 dapat dilihat pada gambar 5 dan 6 berikut ini.



Gambar 5. *Functional Breakdown* Sistem Produksi Lampu Depan Honda Supra X-125.



Gambar 6. *Block Diagram* dari Sistem Produksi Lampu Depan Honda Supra X-125.



Tabel 2 berikut adalah faktor-faktor lain yang harus dipertimbangkan karena dapat mempengaruhi *system effectiveness* dari sistem produksi di PT. XYZ.

Tabel 2. Faktor Pengaruh *System Effectiveness*.

Area	Faktor
Kondisi Operasional	Cuaca
	Stabilitas Voltase dan Air Suasana dan Lingkungan Kerja Posisi antar divisi
Support Situation	Keberadaan suku cadang Keberadaan bahan baku Keberadaan tenaga <i>maintenance</i> Kebijakan Perusahaan Metode <i>Repair</i> yang dipakai

Meskipun intensitas gangguannya tidak begitu tinggi, cuaca yang ekstrim sangat mempengaruhi *system effectiveness* dari proses produksi. Hal ini dikarenakan lokasi perusahaan di daerah dataran yang relatif rendah, serta tidak jauh dari laut.

Hampir semua mesin yang digunakan ; terutama mesin injeksi ; menggunakan listrik sebagai *supply*-nya. Listrik yang tidak stabil dapat menyebabkan proses pemanasan oleh *heater* di mesin injeksi menjadi tidak sempurna. Hal ini berakibat pada hasil injeksi yang kurang baik pula. Sedangkan air, selain berfungsi sebagai pendingin pada mesin injeksi, juga digunakan untuk mencuci dan mengecat komponen.

Karena proses *assembly*, pencucian, dan penggosokan dikerjakan secara manual, maka suasana dan lingkungan kerja sangat mempengaruhi kinerja tenaga kerjanya. Pada bagian *metalizing*, gas yang muncul saat pengecatan dan krom dapat mengganggu operator. Kebijakan perusahaan juga dapat mempengaruhi kinerja karyawannya, salah satunya adalah jadwal kerja *shift*.

Analisis Data Kerusakan Mesin

Analisis data kerusakan mesin digunakan untuk memperoleh *failure rate*-nya. Data tersebut diambil dari *History Card* dari masing-masing mesin pada periode tahun 2006 sampai 2010. Tabel 2 adalah sebagian data kerusakan mesin injeksi Potenza periode tahun 2006 sampai 2010.

Tabel 2. Sebagian Data Kerusakan Mesin Injeksi Potenza Periode tahun 2006-2010

No.	Kerusakan	Fail Time (hari)	Time To Fail
1	Konsleting		
2	Valve rembes oli	26	26
3	Korsleting	82	56
4	Thermocouple rusak	122	40
5	Temperatur tidak panas	137	15
6	Elemen konsleting	178	41
7	Panas elemen tidak normal	185	7
8	Heater zone putus	200	15
9	Elemen konsleting	220	20
10	Temperatur tidak panas	223	3
11	Ejector tidak fungsi	230	7

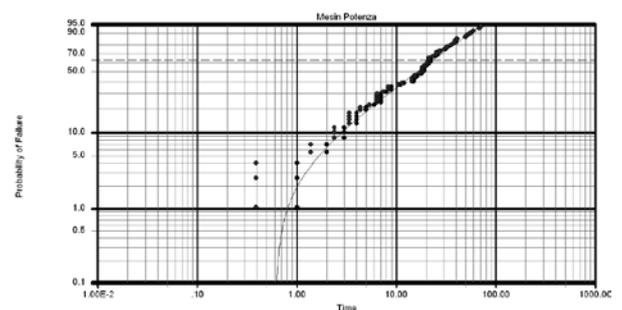
12	Korsleting	234	4
13	Temperatur heater abnormal	284	50
14	Pintu tdk bisa tutup rapat	289	5
15	Inject unit tidak bisa maju	296	7
16	Limit Switch tidak membaca	305	9
17	Temperatur oli panas	323	18
18	Selang hidrolik inject bocor	329	6
19	Ejector macet	330	1
20	Kabel switch putus	352	22

Dari data yang ada, selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui distribusi kegagalan dari mesin-mesin yang digunakan. Analisis data menggunakan bantuan *software Weibull++*.

Seperti terlihat pada gambar 7, hasil analisis dengan *software Weibull++* menunjukkan bahwa distribusi kegagalan mesin Potenza yang paling sesuai adalah distribusi *Weibull* dengan 2 parameter, dengan nilai parameter β (β) = 1,0303 dan η (η) = 24,0638. Gambar 8 adalah grafik waktu terhadap *probability of failure* (*unreliability*) dari mesin Potenza.

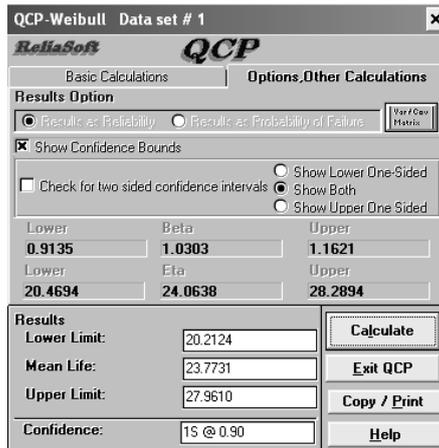
Item #	Time-to-Failure	Subset ID
1	1	
2	1	
3	1	
4	2	
5	2	
6	3	
7	3	
8	3	
9	4	
10	4	
11	4	
12	4	
13	5	
14	5	
15	6	

Gambar 7. Nilai Parameter dari Distribusi *Weibull* Mesin Potenza



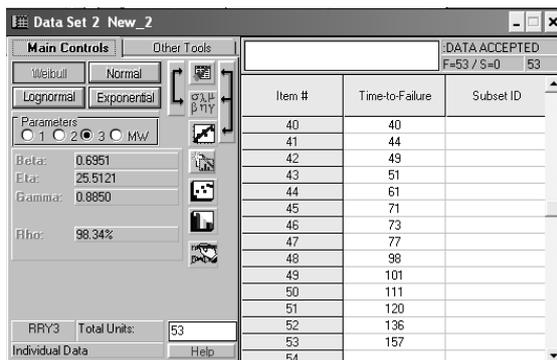
Gambar 8. Grafik *Probability of Failure* dari Mesin Potenza

Dari hasil analisis *software Weibull++*, dapat diketahui besar dari *Mean Time Between Failure (MTBF)* dari mesin Potenza. Seperti terlihat pada gambar 9, nilai *MTBF* dari mesin Potenza adalah 23,7731 hari. Dengan demikian, besar *failure rate* (λ) dari mesin Potenza = 0.042 kerusakan/hari.

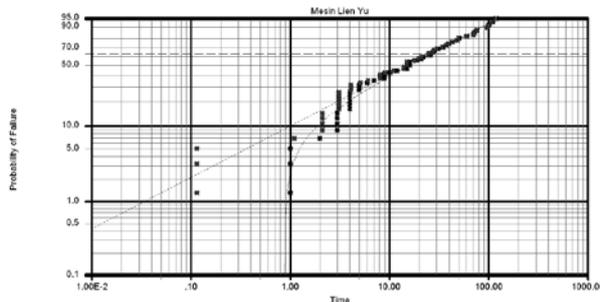


Gambar 9. MTBF dari Mesin Potenza

Hasil analisis data dengan *software Weibull++* pada mesin Lien Yu ditunjukkan pada gambar 10. Distribusi kegagalan mesin Lien Yu yang paling sesuai adalah distribusi Weibull dengan 3 parameter, dengan nilai parameter β (β) = 0,6951 ; η (η) = 25,5121 ; γ (γ) = 0,885 ; ρ (ρ) = 98.34%. Gambar 11 adalah grafik waktu terhadap *probability of failure (unreliability)* dari mesin Lien Yu.



Gambar 10. Nilai Parameter dari Distribusi Weibull Mesin Lien Yu



Gambar 11. Grafik *Probability of Failure* dari Mesin Lien Yu

Nilai *Mean Time Between Failure (MTBF)* dari mesin Lien Yu adalah 33,3975 hari. Dengan demikian, besar *failure rate* (λ) mesin Lien Yu = 0.03 kerusakan/hari.

System Effectiveness Model.

Tabel 3 adalah *System Failure and Repair Rates* dari proses produksi Lampu Depan Honda Supra X-125 di PT. XYZ. Beberapa nilai *failure rate* dan *repair rate* diambil dari referensi. Pada sub sistem cat dasar terdapat 5 set mesin cat yang tersusun secara paralel. Karena data yang diperoleh kurang lengkap, maka diasumsikan 5 set mesin cat tersebut identik (memiliki nilai *failure rate* dan *repair rate* yang sama). Selain itu, diasumsikan 2 buah *heater* cadangan juga identik dengan 2 buah *heater* utama.

Tabel 3. *System Failure and Repair Rates*

Equipment	Failure Rate/hari	Repair Rate/hari
Heater ^[5]	0.005	0.238
Potenza	0.042	0.8
Lien Yu	0.03	0.8
Cat Dasar	0.0024 ^[7]	0.43 ^[2]
Vacuum	0.003 ^[8]	0.13
Oven	0.024	0.19

Markov Model Development.

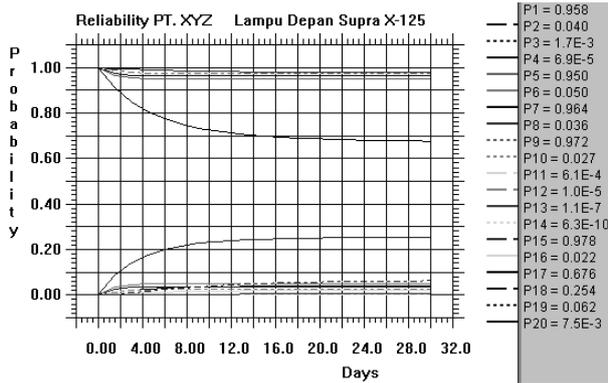
Tabel 4 pada halaman berikut ini adalah diagram Markov dari masing-masing sub sistem dari proses produksi lampu depan Honda Supra X-125.

Tabel 4. *Markov Diagram* Sub Sistem

Equipment	Markov Diagram
Heater	
Potenza	
Lien Yu	
Cat Dasar	
Vacuum	
Oven	

Analisis Reliability.

Analisis *reliability* dilakukan dengan menggunakan bantuan *software CARMS*. Gambar 13 adalah grafik hasil simulasi CARMS dengan jangka waktu simulasi selama 30 hari. Tabel 5 adalah grafik hasil simulasi beberapa sub sistem pada *state* awal (semua beroperasi) dan *state* akhir (semua *fail*).



Gambar 13. Grafik Hasil Simulasi dari Software CARMS

Tabel 6. Nilai Reliability Sub Sistem

Equipment	State	Reliability
Heater	P1	0.958
Potenza	P5	0.95
Lien Yu	P7	0.964
Cat Dasar	P9	0.972
Vacuum	P15	0.978
Oven	P17	0.676

Reliability paling rendah terjadi pada sub sistem *Metalizing* yaitu pada *equipment* Oven, dimana nilai *reliability*-nya sebesar 0,676. Reliability dari sistem produksi Lampu Depan Supra X-125 di PT. XYZ pada hari ke-30 adalah:

Tabel 5. Grafik Hasil Simulasi Setiap Sub Sistem

Equipment	State	Graph
Potenza	P5	
	P6	
Lien Yu	P7	
	P8	

$$R_s = 0.958 \times 0.95 \times 0.964 \times 0.972 \times 0.978 \times 0.676 = 0.5638$$

4. Kesimpulan

Dengan nilai reliabilitas yang rendah, pihak perusahaan harus segera mungkin melakukan perbaikan pada sub sistem yang mempunyai nilai reliabilitas di bawah 0,9, dalam hal ini sub sistem *Metalizing*, yaitu pada Oven. Meskipun oven yang ada berjumlah 3 buah, nilai *repair rate* yang rendah akan menurunkan nilai reliabilitasnya. Oleh karena itu, hendaknya perusahaan meningkatkan *repair rate* Oven dengan beberapa cara, seperti: menyediakan *spare part*, menyediakan tenaga kerja yang berkompetensi di bidang oven maupun kelistrikan, memperbaiki sistem perawatan/*maintenance*, menyediakan *Standard Operational Procedure* (SOP) dari mesin Oven, dan lainnya.

PT. XYZ juga harus meningkatkan *supports situation* yang meliputi *availability* (keberadaan) suku cadang, bahan baku, maupun tenaga *maintenance*. Kondisi operasional maupun lingkungan sekitar oven juga mempengaruhi sistem kerjanya, seperti temperatur ruang yang relatif panas, serta bau yang timbul dari proses *metalizing*.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi reliabilitas sistem produksi Lampu Depan Honda Supra X-125, yang tidak dibahas pada penelitian ini adalah proses-proses yang dikerjakan secara manual, seperti pencucian hasil injeksi sebelum masuk ke proses *metalizing*. Ketidaklengkapan data *failure* dan *repair time* pada beberapa sub sistem juga sangat mempengaruhi hasil penelitian ini.

5. Daftar Pustaka

- Pukite, P., Modeling for Reliability Analysis, first edition, IEEE Press, New York, 1998.
- Vineyard, M., Amoako-Gyampah, K., Meredith, J., R., "Theory and Methodology: Failure Rate Distributions for Flexible Manufacturing System – An Empirical Study", European Journal of Operational Research, Vol.116, 1999, hal.139-155.
- Keren, N., West, H.H., Rogers, W.J., Gupta, J.P., Mannan, M.S., "Use of Failure Rate Databases and Process Safety Performance

Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui nilai *reliability* masing-masing sub sistem (simulasi selama 30 hari). Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini.



- Measurements to Improve Process Safety”, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 104, 2003, hal.75-93.
4. Eti, M.C., Ogaji, S.O.T., Probert, S.D., “Integrating Reliability, Availability, Maintainability and Supportability with Risk Analysis for Improved Operation of The Afam Thermal Power-Station”, *Journal of Applied Energy*, Vol. 84, 2007, hal.202-221.
 5. Sikos, L., Klemeš, J., “Reliability, Availability and Maintenance Optimization of Heat Exchanger Networks”, *Journal of Applied Thermal Engineering*, Vol. 30, 2010, hal.63–69.
 6. Lisnianski, A., Elmakias, D., Laredo, D., Haim, H.B., “A Multi-State Markov Model for a Short-Term Reliability Analysis of a Power Generating Unit”, *Journal of Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 98,2012, hal.1–6
 7. Bentley, John, P., *Reliability and Quality Engineering*, 2nd edition, Addison Wesley, England, 1999.
 8. Cadwallader, L.C., *Selected Component Failure Rate Values from Fusion Safety Assessment Tasks*, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Nuclear Engineering Technologies Department, Lockheed Martin Idaho Technologies Company, 1998.