

Analisis Sistem Reliability dengan Pendekatan *Reliability Block Diagram*

Reliability System Analysis with Reliability Block Diagram Approach

**Rifda Ilahy Rosihan dan Hari Agung Yuniarto*

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Submitted: 06-07-2018; Revised: 01-02-2019; Accepted: 09-02-2019

ABSTRACT

A component / system can be declared reliable if in a certain period the system / component runs according to its function. Reliable indicators of a component can be seen from the value of reliability achieved by a system, decreasing downtime, increasing production time, and increasing availability values. In this paper, analysis of reliability carried out on the system of an automotive company is called PT. X which is a subsidiary from an automotive company. PT. X has the main process in the production process, namely the extrusion process. In the extrusion process there are fifteen machines arranged in series. To analyze system reliability in the Extrusion process, the Reliability Block Diagram method is used. Reliability Block Diagram is one of the reliability analysis methods that can describe the relationship between systems, sub-systems, and components so that components / systems can be identified that have an influence on the value of system reliability. The purpose of this study is to model the system using the Reliability Block Diagram method, find out the reliability of the entire system, and know critically equipment. The processed data is machine damage data from 2006-2017, then the data is processed to determine the reliability of each component. The software used is Reliasoft Blocksim 11. Software Reliasoft Blocksim Software is able to model, analyze, and simulate the RBD model. Reliasoft Blocksim software displays a flexible graphical image that supports various configurations of RBD, namely reliability, maintainability, availability, and resources allocation. The results of this study are the system reliability values of 0.00436 or 0.436% with $t = 100$ hours.

Keywords: *Availability; Reliability; Reliability Analysis; Reliability Block Diagram; Reliasoft Blocksim.*

ABSTRAK

Suatu komponen/ sistem dapat dinyatakan handal apabila pada suatu periode tertentu sistem/komponen berjalan sesuai dengan fungsinya. Indikator handal suatu komponen dapat dilihat dari nilai reliability yang dicapai oleh suatu sistem, menurunnya downtime, meningkatnya waktu produksi, dan meningkatkan nilai availability Pada paper ini, analisis reliability dilakukan pada sistem dari suatu perusahaan otomotif pada penelitian ini disebut sebagai PT.X yang merupakan anak perusahaan dari perusahaan otomotif. PT. X memiliki proses utama pada proses produksi yaitu proses extrusion. Pada proses extrusion terdapat lima belas mesin yang tersusun secara seri. Untuk menganalisis reliability sistem pada proses Extrusion digunakan metode Reliability Block Diagram. Reliability Block Diagram merupakan salah satu metode

*Corresponding author: h.a.yuniarto@ugm.ac.id

Copyright © 2019 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. Jurnal Teknosains is published by the Graduate School of Universitas Gadjah Mada.

analisis reliability yang dapat menggambarkan hubungan antar sistem, sub-sistem, dan komponen sehingga dapat diketahui komponen/sistem yang memiliki pengaruh pada nilai reliability sistem. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah memodelkan sistem dengan menggunakan metode Reliability Block Diagram, mengetahui reliability dari keseluruhan sistem, dan mengetahui critically equipment. Data yang diolah merupakan data kerusakan mesin dari tahun 2006-2017, kemudian data tersebut diolah untuk menentukan reliability dari masing-masing komponen. Software yang digunakan adalah Software Reliasoft Blocksim 11. Software Reliasoft Blocksim mampu memodelkan, menganalisis, sampai mensimulasikan model RBD. Software Reliasoft Blocksim menampilkan gambaran grafis yang fleksibel yang mendukung beragam konfigurasi dari RBD, yakni reliability, maintainability, availability, dan resources allocation. Hasil dari penelitian ini adalah nilai reliability sistem 0,00436 atau 0,436% dengan $t=100$ jam.

Kata Kunci: *Availability; Reliability; Reliability Analysis; Reliability Block Diagram; Reliasoft Blocksim.*

PENGANTAR

Kinerja (*performance*) dari suatu mesin/peralatan bergantung pada *reliability* dan *availability*, peralatan yang digunakan, proses operasi dan keahlian operator dalam menjalankan mesin, dan lain-lain. Apabila *reliability* dan *availability* rendah, maka *performance* dari sistem tersebut rendah. Untuk meningkatkan nilai *reliability* dan *availability* dilakukan penurunan laju kegagalan atau meningkatkan efektivitas perbaikan dari masing-masing komponen. Ukuran *reliability* dan *availability* dapat dinyatakan sebagai seberapa besar kemungkinan suatu sistem tidak akan mengalami kegagalan dalam waktu tertentu, seberapa lama suatu sistem akan beroperasi dalam waktu tertentu, dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi sistem dari kegagalan yang terjadi (Yuhelson dkk., 2010). *Reliability* dan *availability* merupakan salah satu hal penting dalam kelangsungan hidup perusahaan. Adanya *downtime* seringkali menyebabkan kerugian, baik pada perusahaan maupun lingkungan sekitar. *Downtime* terjadi dikarenakan adanya

failure pada peralatan sehingga sistem tidak berjalan dengan optimal (Soleimani dkk., 2014). Timbulnya *downtime* pada sistem disebabkan oleh *failure* pada komponen sehingga sistem tidak berjalan dengan semestinya. Oleh karena itu, diperlukan analisa *reliability* untuk meningkatkan *performance* sistem untuk mencegah timbulnya kegagalan yang tidak diprediksi, komponen yang tidak tersedia, dan *shutdown* secara tiba-tiba.

Penentuan komponen kritis pada sistem dapat dilakukan dengan menggunakan FMEA, seperti yang telah dilakukan oleh (Dewangan dkk., 2014) komponen yang memiliki nilai *critical index* lebih dari enam maka akan masuk kedalam komponen kritis. Selain dengan pendekatan FMEA, penentuan komponen kritis dapat pula dilakukan dengan pendekatan *Reliability Block Diagram* dengan penentuan *Reliability Importance* untuk mendapatkan komponen yang memiliki pengaruh dalam penentuan nilai *reliability* yang rendah.

Reliability Block Diagram (RBD) adalah teknik analisis grafis yang menunjukkan bagaimana keandalan komponen berkontribusi terhadap keberhasilan atau kegagalan sistem yang kompleks. RBD digambarkan pada sebuah rangkaian blok yang dihubungkan secara seri atau paralel. Masing-masing blok mewakili sistem atau komponen dengan tingkat kegagalannya masing-masing, rangkaian seri menyatakan logika "and" sehingga apabila satu komponen atau sistem gagal maka seluruh sistem akan gagal. Sebaliknya pada rangkaian paralel baru akan mengalami kegagalan apabila seluruh sistem atau komponen gagal (Mokhtar dkk., 2011). RBD menggambarkan keterkaitan antara sistem, sub-sistem, dan komponen. Gambaran sistem dengan menggunakan RBD memudahkan dalam menunjukkan komponen atau sub-sistem mana yang memiliki pengaruh besar pada nilai *reliability* sistem. RBD mampu melakukan perhitungan *availability*, *unavailability*, *unreliability*, *failure frequency* dan sekaligus menghitung MTTF, MTBF suatu sistem (Ludean dkk., 2018). Pada *Reliability Block Diagram* masing-masing sub-sistem, sistem, dan komponen memiliki model kegagalan yang *independen*, sehingga masing-

masing komponen memiliki tingkat kerusakan yang berbeda untuk mencapai *reliability system*. Pada *traditional RBD* akan susah dalam memodelkan model yang kompleks, seperti *standby*, *load sharing*, *branching*, dan lain-lain sehingga perlu digabungkan dengan metode lain seperti *Markov* (Weyns dan Host, 2013). Terdapat beberapa kelebihan dari *Reliability Block Diagram* dalam memodelkan sistem (1) RBD menggambarkan hubungan logis antar sistem, sub-sistem dan komponen sehingga akan terlihat sistem, sub-sistem, komponen yang memiliki nilai *reliability* terendah. (2) RBD memodelkan sistem dari beberapa komponen ataupun sub-sistem yang memiliki tingkat kerusakan/tingkat perbaikan yang berbeda/*independen* sehingga perhitungan *reliability* pada sistem berdasarkan pada tingkat kerusakan dan nilai *reliability* dari masing-masing komponen. (3) mudah digunakan, diadaptasikan dan mudah dalam perhitungan. Namun pada model RBD yang tradisional, RBD tidak mampu memodelkan model yang kompleks, seperti *load sharing*, *standby*, *branching*, dan lain-lain, sehingga untuk memodelkan model yang kompleks RBD perlu digabungkan dengan metode lain.

Dalam memodelkan RBD terdapat berbagai macam metode, yaitu *analytical* dan *simulation*. Menurut (Kumar dkk., 2013) *analytical method* menggunakan formulasi *mathematical* yang kompleks, sehingga untuk model sistem yang besar dan kompleks jarang digunakan. Salah satu *tools* atau pendekatan *simulation* pada pemodelan RBD adalah *Reliasoft Blocksim*. *Software Reliasoft Blocksim* mampu memodelkan, menganalisis, sampai mensimulasikan model RBD untuk model yang kompleks. *Software Reliasoft Blocksim* menampilkan gambaran grafis yang *fleksibel* yang mendukung beragam konfigurasi dari RBD, yakni *reliability*, *maintainability*, *availability*, dan *resources allocation* (Rajput dan Vaishali Chourey, 2015). *Software Reliasoft Blocksim* dapat menggambarkan blok - blok menjadi sebuah *Reliability Block Diagram* (RBD) untuk mewakili keseluruhan sistem dan menganalisis diagram untuk menentukan fungsi keandalan keseluruhan sistem. Selanjutnya *Software*

Reliasoft Blocksim dapat menentukan komponen kritis beserta indeks kekritisannya. *Software Reliasoft Blocksim* dapat digunakan untuk membuat perhitungan statistik dan membuat plot, untuk melakukan analisis "*what-if*" dan untuk menentukan optimalisasi keandalan sistem yang kita tentukan (Sunderam dan Mohan, 2011).

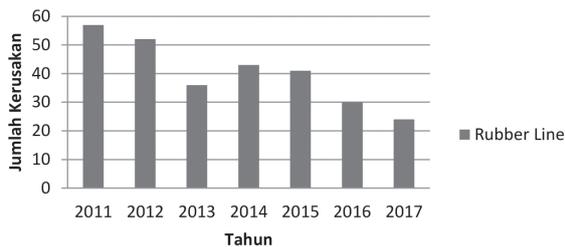
RBD merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan *reliability* sistem, seperti yang dilakukan (Rajput dan Chourey, 2015) memodelkan RBD untuk menentukan *reliability* sistem pada sistem *online shopping*. Pemodelan tersebut kemudian digunakan untuk meningkatkan nilai *reliability* sistem *online shopping* dengan mengubah model RBD. Demikian pula halnya dengan pabrik otomotif PT. X yang merupakan anak perusahaan dari perusahaan otomotif yang menyediakan *spare part*. Penelitian ini dilakukan di PT. X karena PT.X merupakan salah satu perusahaan otomotif besar yang menyediakan *spare part* pada perusahaan otomotif induk. PT. X diketahui memiliki tingkat kerusakan yang rendah seperti yang tertera pada Gambar 1 sehingga peneliti ingin mengetahui apakah tingkat *reliability* yang tinggi. Pada penelitian ini perusahaan disebutkan PT. X karena dari pihak perusahaan tidak ingin nama perusahaan ditampilkan. PT. X berusaha menjaga hubungan baik dengan perusahaan induk dan berusaha bersaing dengan supplier lain sehingga PT. X berusaha meningkatkan performa perusahaan. PT. X merupakan salah satu anak perusahaan yang memiliki *spesialisasi* pada proses *Extrusion*. Proses *Extrusion* merupakan proses awal dan proses inti pada proses produksi sehingga apabila terjadi kegagalan pada proses *Extrusion* maka proses produksi selanjutnya akan terhenti. Kegagalan yang dimaksud pada penelitian ini adalah sistem tidak mampu bekerja sesuai dengan fungsinya, seperti mesin terhenti karena rusak atau karena perbaikan.

Pelaksanaan *maintenance* pada PT. X dengan cara *preventive maintenance* yang dilakukan sebulan sekali, dapat dilihat pada Gambar 1, bahwa tingkat kerusakan pada proses *Extrusion* mengalami penurunan. Akan tetapi,

pada kondisi nyata kerusakan pada proses *Extrusion* sering terjadi dan mengakibatkan *line stop*. Hal ini dapat mengakibatkan PT. X tidak mampu memenuhi kebutuhan konsumen, seperti keterlambatan dalam pengiriman *spare part*.

Gambar 1
Kerusakan Mesin pada Proses *Extrusion* di PT. X

Terjadinya pemberhentian proses (*line stop*)
Chart Kerusakan Proses *Extrusion*



stop) berkaitan dengan nilai *reliability* sistem belum diketahui, sehingga kebijakan pergantian dan pemeriksaan mesin tidak terjadwal, *inventory spare part* yang belum terorganisir yang mengakibatkan proses pergantian *spare part* berlangsung lama. Meningkatkan nilai *reliability* dari suatu sistem dapat meningkatkan *performance* sistem dan meningkatkan nilai *availability* sistem. Jika *reliability* meningkat maka *availability* ikut meningkat, *downtime* menurun dan sistem akan berjalan dengan baik (Ebeling, 1997).

Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk menghitung nilai *reliability* pada sistem *Extrusion* guna mengurangi adanya kerusakan, meningkatkan *reliability* mesin, dan *availability*, membangun *Reliability Block Diagram* untuk proses *Extrusion* dengan menggunakan *software Reliasoft Blocksim*, dan mengetahui *critical equipment* pada sistem *Extrusion*.

Reliability

Reliability didefinisikan sebagai probabilitas komponen atau sistem akan beroperasi sesuai dengan fungsi yang diharapkan pada suatu periode waktu yang ditentukan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk menentukan *reliability*, terlebih dahulu mendefinisikan *reliability* secara spesifik. Pertama, kegagalan (*failure*) terlebih dahulu

didefinisikan arti kegagalan pada suatu sistem, sebagai contoh kegagalan pada sistem diartikan bahwa sistem tidak mampu beroperasi sesuai dengan fungsinya. Kedua, satuan waktu harus ditentukan, misal waktu interval kerusakan lebih spesifik, berdasarkan waktu kalendar, waktu siklus atau waktu interval. Pada beberapa kasus, *reliability* tidak diartikan pada satuan waktu namun pada ukuran lain seperti satuan mil, unit, atau *batch*. Ketiga, sistem diamati pada kinerja normal. Hal ini mencakup faktor-faktor seperti beban (berat, tegangan, tekanan), lingkungan, dan kondisi operasional (*maintenance*) (Ebeling, 1997).

Terdapat beberapa fungsi distribusi statistik yang digunakan untuk menguraikan kerusakan peralatan, yaitu:

Fungsi Distribusi Normal

Distribusi normal mempunyai laju kerusakan yang naik sejak bertambahnya umur alat, yang berarti probabilitas kerusakan alat atau komponen naik sesuai dengan bertambahnya usia komponen. Parameter dalam distribusi normal adalah rata-rata dan standar deviasi

Fungsi Kepadatan peluang

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]} \dots\dots\dots(1)$$

Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]} dt \dots\dots\dots(2)$$

(Taufik dan Septiani, 2015)

Fungsi Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial mempunyai laju kerusakan yang konstan, tidak tergantung pada waktu artinya probabilitas terjadinya kerusakan pada suatu komponen tidak tergantung pada umur komponen tersebut. Parameter untuk eskponensial adalah β

Fungsi kemungkinan kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{(-\lambda t)} \dots\dots\dots(3)$$

Fungsi kepadatan peluang

$$f(t) = \lambda e^{(-\lambda t)} \dots\dots\dots(4)$$

Fungsi Keandalannya

$$R(t) = e^{(-\lambda t)} \dots\dots\dots(5)$$

(Taufik dan Septiani, 2015)

Fungsi Distribusi *Weibull*

Distribusi *weibull* merupakan distribusi yang sering digunakan untuk menganalisis data kerusakan karena distribusi *weibull* dapat menjelaskan beberapa periode kerusakan. Parameter pada distribusi *weibull*:

β = parameter bentuk

λ = parameter lokasi

η = parameter skala

Fungsi kepadatan peluang

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \dots\dots\dots(6)$$

Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \dots\dots\dots(7)$$

Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \dots\dots\dots(8)$$

(Taufik dan Septiani, 2015)

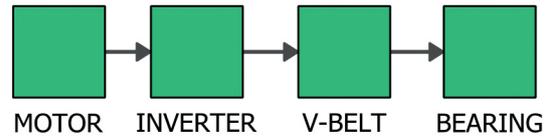
Reliability Block Diagram

Reliability Block Diagram (RBD) adalah analisis keandalan dan *availability* dari suatu sistem, baik untuk sistem besar dan kompleks yang digambarkan dalam diagram blok untuk menjelaskan hubungan antar sistem (ITEM Software, 2007). *Reliability Block Diagram* (RBD) merupakan salah satu metode *Reliability Analysis* yang menggambarkan hubungan antar sistem, sub-sistem, dan komponen.

Rangkaian Seri

Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan seri jika komponen-komponen yang ada di dalam sistem itu harus bekerja dan berfungsi semuanya agar sistem

tersebut dapat menjalankan fungsinya. Artinya jika ada satu komponen mengalami kegagalan maka keseluruhan sistem akan mengalami kegagalan.



Gambar 2
Susunan Seri

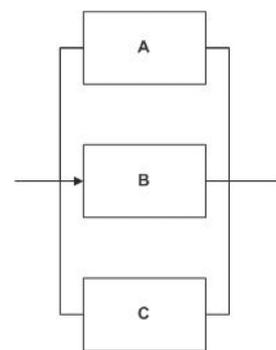
$$R_s = R_1 R_2 R_3 \dots R_n \dots\dots\dots(9)$$

R_s adalah *reliability* seri

R_n adalah *reliability* pada urutan ke n (Ebeling, 1997)

Rangkaian Paralel

Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan paralel jika seluruh komponen yang berada dalam sistem mengalami kerusakan. Artinya jika terdapat dua komponen yang disusun secara paralel akan mengalami kegagalan jika kedua komponen tersebut mengalami kegagalan.



Gambar 3
Susunan Paralel

$$R_p = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)] \dots\dots\dots(10)$$

R_p adalah *reliability* parallel

(Ebeling, 1997)

Reliability Analysis

Setelah menentukan keandalan sistem, hal berikutnya yang dilakukan adalah mengidentifikasi komponen yang paling banyak menimbulkan masalah pada sistem untuk memprioritaskan perbaikan dalam desain dan sumber daya dan upaya perbaikan sistem ke arah yang memiliki dampak paling besar terhadap kinerja sistem. Pada sistem sederhana seperti sistem seri, mudah untuk mengidentifikasi komponen yang lemah. Tetapi dalam sistem yang lebih kompleks dibutuhkan analisis dengan pendekatan matematis yang akan mengidentifikasi dan mengukur nilai dari masing - masing komponen. *Reliability Importance* merupakan salah satu metode untuk mengidentifikasi hubungan relasi dari masing - masing komponen dalam suatu sistem yang berkaitan dengan *reliability* dari keseluruhan sistem.

Reliability Importance dapat dirumuskan pada persamaan 11

$$I_{Ri} = \frac{\partial R_s}{\partial R_i} \dots\dots\dots (11)$$

(Sianipar, 2008)

R_s = keandalan sistem

R_i = keandalan komponen

Time dependent reliability importance

$$I_r(t) = \frac{\partial R_s(t)}{\partial R_i(t)} \dots\dots\dots (12)$$

R_s (t) adalah keandalan sistem pada waktu tertentu, t

R_i (t) adalah keandalan komponen pada waktu tertentu.

(Sianipar, 2008)

Bila dalam satu sistem terdapat tiga komponen dengan konfigurasi seri maka persamaannya menjadi:

$$R_s = R_1 R_2 R_3 \text{ maka } I_{Ri} = \frac{\partial R_s}{\partial R_i} = R_2 R_3 \dots\dots (13)$$

(Sianipar, 2008)

Telah disebutkan sebelumnya bahwa setiap komponen dalam suatu keandalan sistem memiliki nilai keandalannya sendiri

maka dalam melakukan perbaikan atau peningkatan keandalan sistem terlebih dahulu menentukan target keandalan sistem yang diharapkan (*reliability goal*) dan menentukan komponen mana yang akan dinaikkan keandalannya berdasarkan tingkat kekritisitas, kesulitan dalam pelaksanaan, dan biaya yang paling optimum

Modifikasi keandalan komponen tidak semudah dengan membagi rata target keandalan sistem kepada masing - masing komponen secara merata, tetapi karena *reliability importance*, sifat dari komponen dan biaya menjadi pertimbangan dalam memodifikasi keandalan komponen sehingga alokasi keandalan masing - masing komponen dapat berbeda (Sianipar, 2008).

Reliasoft Blocksim

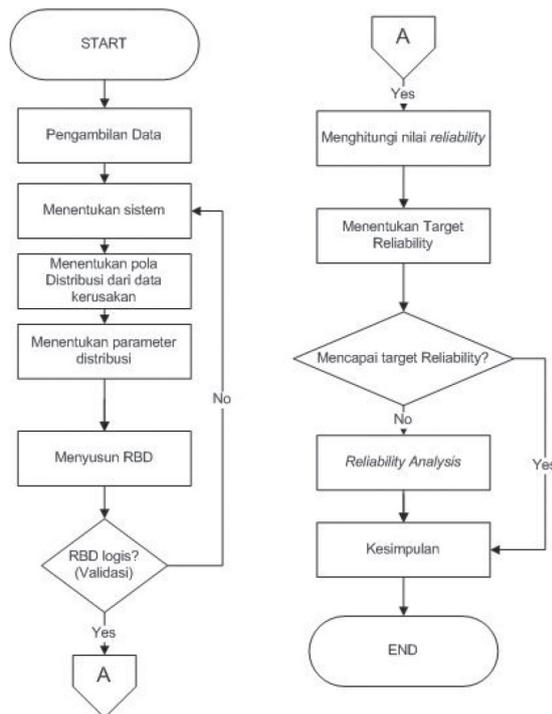
Reliasoft Blocksim membantu dalam menggambarkan model dari *Reliability Block Diagram* (RBD) dan *fault Tree Analysis* (FTA), termasuk juga untuk memodelkan konfigurasi kompleks, *load sharing*, *standby redundant*, dan *duty cycles*. Dengan menggunakan perhitungan yang tepat dan/atau dengan *discrete event simulation*, *Reliasoft BlockSim* menyajikan analisis untuk sistem yang dapat diperbaiki dan tidak dapat diperbaiki, termasuk di dalamnya (Reliasoft, 2016)

Metode

Obyek penelitian ini adalah sistem *Extrusion* pada proses produksi di PT. X. PT. X merupakan salah satu anak perusahaan dari perusahaan otomotif yang proses produksinya menghasilkan part - part karet untuk pintu dan jendela. Salah satu hasil produksi dari PT. X adalah *windshield*, *inner*, *outer*, dan lain-lain.

Pada proses produksi yang terjadi di PT. X dibagi menjadi dua bagian, yakni proses produksi untuk bahan *rubber* dan berbahan plastik. Pada proses produks plastik dibagi lagi menjadi TPO dan PVC. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai proses *Extrusion* pada proses produksi *rubber line* karena pada proses produksi *rubber* hanya terdapat satu proses (tidak ada pengganti) atau tidak terdapat

proses *standby* berbeda dengan *line* plastik yang memiliki proses *standby* sehingga apabila satu *line* plastik terhenti maka ada proses pada *line* plastik lain yang dapat menggantikan. *Software* yang digunakan adalah *software Reliasoft Blocksim* untuk memodelkan *Reliability Block Diagram* (RBD) dari sistem yang berjalan pada perusahaan. Gambaran dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4 Metode Penelitian

Pada Gambar 4 tahapan dari penelitian ini dimulai dari pengambilan data berupa data waktu antar kerusakan komponen, data lama waktu komponen diperbaiki, data waktu antar *repair*. Langkah berikutnya adalah menentukan sistem yang akan dihitung nilai *reliability*. Sistem ini merupakan *scope* penelitian, sebatas mana penelitian ini dan sampai pada level apa penelitian ini dilakukan. Pada penelitian ini, sistem yang akan diamati adalah sistem *Extrusion* pada PT.X. Kemudian menentukan pola distribusi dari waktu antar kerusakan. Pola distribusi waktu antar kerusakan mengikuti

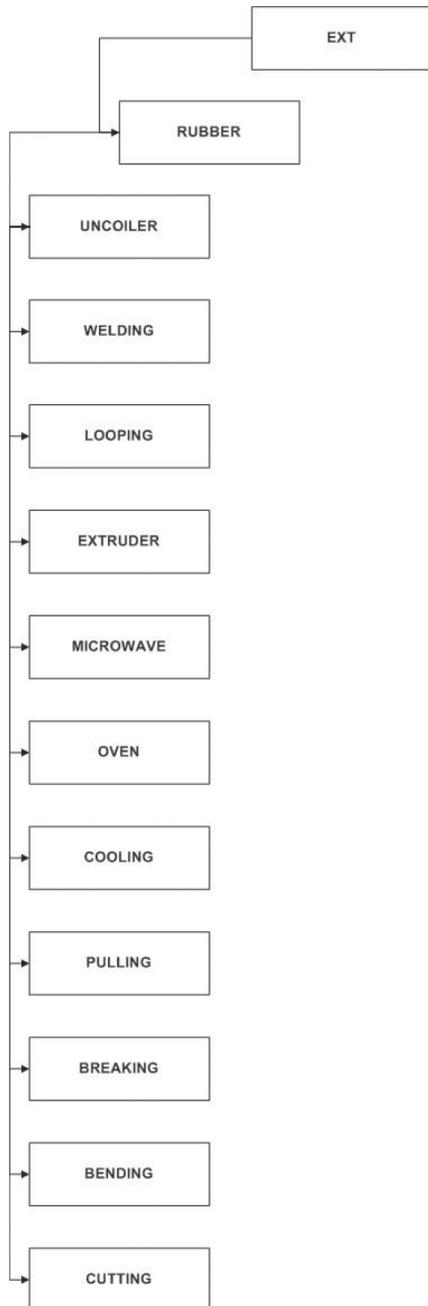
pola distribusi *weibull*, normal, eksponensial, atau yang lain. Setelah pola distribusi kemudian mengetahui parameter distribusi dari masing-masing komponen untuk menghitung nilai *reliability* sistem *Extrusion*. Tahap selanjutnya memodelkan RBD berdasarkan sistem, sub-sistem, dan komponen. Kemudian menghitung nilai *reliability* berdasarkan parameter distribusi masing-masing sistem, sub-sistem, komponen dan berdasarkan model RBD yang telah dibangun. Lalu menentukan target *reliability* sistem. Target *reliability* sistem berdasarkan pada kebijakan perusahaan. Pada penelitian ini perusahaan menentukan target *reliability* sistem sebesar 80% (Munaji et al., 2016.). Selanjutnya melakukan *reliability analysis* untuk mengetahui komponen yang memiliki nilai *reliability* terendah. Terakhir menarik kesimpulan dari penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN Menentukan Sistem

Sebelum memodelkan *Reliability Block Diagram*, terlebih dahulu dilakukan penentuan sistem, sub sistem, dan hubungan antara sistem dan sub-sistem. *System* tersebut kemudiann di *breakdown* kepada level *sub-system* sampai pada level komponen. Penentuan dan pengidentifikasi *system* ini didasarkan pada *functional relationship* pada *system*, *sub-system* dan komponen. Kemudian dilakukan penentuan hubungan antar *sub-system*, komponen yang ada dalam *system*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui interaksi yang terjadi antar *sub-system* kemudian interaksi antar komponen, terlebih apabila komponen memiliki nilai *reliability* yang berbeda. Untuk mengetahui hubungan antar sistem dapat dilakukan dengan melihat *Piping and Instrumentation Diagram* perusahaan

Pada penelitian ini sistem yang akan diteliti adalah sistem *Extrusion* pada proses produksi di PT. X. Proses *Extrusion* merupakan proses pembuatan bahan mentah menjadi profil setengah jadi. proses *Extrusion* melalui beberapa proses dalam satu line yakni proses *welding* (penyambungan), proses *looping*, proses pembentukan profil awal (*extruder*), proses

pengembangan (*microwave*), proses pemanasan (*oven*), proses pendinginan (*cooling*), proses penarikan, proses peretakan (*breaking*), proses pembentukan profil (*bending*), dan terakhir proses *cutting* (pemotongan). Gambaran dari sistem *Extrusion* dapat dilihat pada Gambar 5.



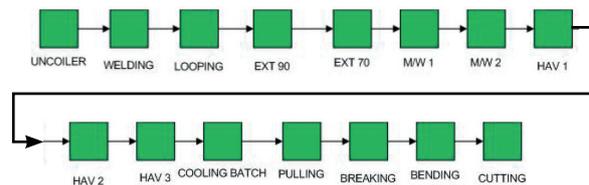
Gambar 5
Sistem pada Proses *Extrusion*

Gambar 5 merupakan gambaran proses *Extrusion* dimulai dari *uncoiler*, *welding*, *looping*,

extruder, *microwave* (*MW*), *oven* (*HAV*), *cooling* (*cooling batch*), *pulling*, *breaking*, *bending*, dan *cutting*.

Reliability Block Diagram

Reliability Block Diagram (RBD) adalah analisis keandalan dan *availability* dari suatu sistem, untuk sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok untuk menunjukkan hubungan antar sistem. *Reliability Block Diagram* mendefinisikan interaksi logis kegagalan dalam sistem yang diperlukan untuk mempertahankan operasi sistem. Diagram hanya berisi satu input dan satu output. Sistem RBD dihubungkan oleh konfigurasi paralel atau seri. Pada proses *Extrusion*, keterkaitan antar mesin digambarkan dalam bentuk seri jadi, jika salah satu mesin mengalami kegagalan maka seluruh sistem akan berhenti. *Reliability Block Diagram* untuk proses *Extrusion* dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6
Reliability Block Diagram Proses *Extrusion* pada *Rubber Line* Satu

Gambar 6 merupakan model RBD dari proses *Extrusion*. Pada Gambar terlihat bahwa mesin pada proses *Extrusion* tersusun secara seri artinya bahwa jika salah satu mesin *shutdown* maka proses selanjutnya akan berhenti.

Penyusunan model RBD melibatkan pihak perusahaan dalam menerjemahkan diagram proses dan *wiring diagram*. Hal ini dikarenakan pada kondisi nyata, perusahaan belum memiliki *variable* yang dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan *software* yang menunjukkan bahwa model valid. Seperti nilai *reliability*, perusahaan belum melakukan perhitungan *reliability* pada masing-masing komponen sehingga hal ini tidak bisa dilakukan perbandingan hasil antara sistem nyata dengan hasil simulasi. Setelah memodelkan *Reliability Block Diagram* maka dapat dilakukan perhitungan *reliability*. Perhitungan *reliability* ini menggunakan *software Reliasoft Blocksim*.

Sebelum menentukan nilai *reliability* terlebih dahulu menentukan distribusi dan parameter distribusi untuk masing-masing mesin.

Distribusi dan Parameter Distribusi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
Distribusi dan Parameter Distribusi untuk masing-masing Mesin

Mesin	Distribusi	Beta	Eta	Mean Time	Gamma
Pulling	Weibull 2P	0,698	3877,933		
Looping	Weibull 2P	0,76	3321,329		
EXT 70	Exponential 1P			1723,609	
EXT 90	Weibull 2P	0,809	1457,566		
HAV 1	Weibull 2P	1,248	2908,919		
HAV 2	Weibull 2P	1,085	2442,161		
HAV 3	Exponential 2P			2520,005	155,059
M/W 1	Weibull 2P	0,74	1856,761		
M/W 2	Weibull 2P	0,805	1364,895		
Cutting	Weibull 2P	0,921	2151,06		
Breaking	Weibull 2P	0,888	3299,231		
Bending	Exponential 2P			2540,828	300,446
Cooling Batch	Weibull 2P	0,526	4635,116		

Dari masing-masing distribusi yang dimiliki oleh masing-masing mesin, kemudian melakukan perhitungan nilai *reliability* pada masing-masing mesin. Nilai *reliability* ini merupakan ukuran *probabilitas* mesin berjalan sesuai dengan fungsinya. Hasil untuk nilai *reliability* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2
Nilai *Reliability*

Komponen	Reliability (100)
Looping	0,878168
EXT 70	0,538185
EXT 90	0,538185
Cooling Batch	0,397727
M_W 1	0,34149
M_W 2	0,348758
HAV 1	0,969786
HAV 2	0,969786
HAV 3	0,969786
Pulling	0,803166
Breaking	0,831898
Bending	0,787126
Cutting	0,755493

Pada Tabel 2 di atas dapat diketahui bahwa terdapat tujuh komponen yang memiliki di bawah target *reliability* yang ditentukan oleh perusahaan yakni 85%. Komponen tersebut adalah *EXT 70*, *EXT 90*, *Cooling Batch*, *M_W 1*, *M_W 2*, *Bending*, *Cutting*.

Reliability Analysis

Untuk mencapai nilai *reliability system* yang ditargetkan maka sebelumnya diketahui terlebih dahulu mengenai mesin mana yang akan dinaikkan keandalannya berdasarkan tingkat kekritisannya, kesulitan dalam pelaksanaan dan biaya yang paling optimum. Untuk menentukan hal tersebut perlu dilakukan *reliability allocation* untuk menemukan komponen yang perlu ditingkatkan nilai *reliability*-nya berdasarkan beberapa faktor, seperti faktor biaya, *reliability importance*, dan kesulitan dalam pelaksanaan. *Reliability allocation* pada sistem *Extrusion*, dihitung dengan menggunakan *software Blocksim 11*. Hasil untuk *reliability allocation* untuk sistem *Extrusion* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3
Reliability Allocation Sistem *Extrusion* pada masing – masing Mesin t=100 jam

Komponen	Max. Achievable Reliability	Feasibility	RI (100)	Reliability (100)	Target Reliability (100)	Equivalent Parallel Units *
Looping	1	Easy (1)	0,004972	0,878168	0,993305	2,378189
EXT 70	1	Easy (1)	0,008113	0,538185	0,981645	5,174583
EXT 90	1	Easy (1)	0,008113	0,538185	0,981645	5,174583
Cooling Batch	1	Easy (1)	0,010978	0,397727	0,977428	7,476778
M_W 1	1	Easy (1)	0,012786	0,34149	0,975794	8,907102
M_W 2	1	Easy (1)	0,012519	0,348758	0,976004	8,696889
HAV 1	1	Easy (1)	0,004502	0,969786	0,997524	1,714867
HAV 2	1	Easy (1)	0,004502	0,969786	0,997524	1,714867
HAV 3	1	Easy (1)	0,004502	0,969786	0,997524	1,714867
Pulling	1	Easy (1)	0,005436	0,803166	0,990431	2,860381
Breaking	1	Easy (1)	0,005249	0,831898	0,991498	2,673581
Bending	1	Easy (1)	0,005547	0,787126	0,98985	2,9671
Cutting	1	Easy (1)	0,005779	0,755493	0,988729	3,184585
Reliability (100)				0,004366		

Tabel 3 menunjukkan *reliability* sistem *Extrusion* yaitu 0,00436 atau 0,436%. Artinya bahwa dalam waktu t=100 jam sistem beroperasi sesuai dengan fungsinya sebesar 0,436%, selebihnya sistem berada kondisi *shutdown* atau gagal beroperasi. Untuk meningkatkan nilai *reliability* dibutuhkan waktu pengecekan dan perawatan yang lebih pendek sehingga mengurangi adanya kegagalan komponen dan membuat *redundancy* komponen. Nilai *reliability* sistem 0,436% dikarenakan tingkat kerusakan masing-masing komponen yang tinggi, dapat dilihat pada *reliability* untuk masing-masing komponen, seperti contoh komponen *cooling batch* memiliki nilai *reliability* 0,397727 artinya bahwa komponen ini memiliki probabilitas bekerja sesuai dengan fungsinya sebesar 39%. Di samping itu, sistem ini dibangun secara seri sehingga jika terjadi kerusakan pada salah satu komponen maka komponen lain akan ikut terhenti. Selain itu, jika dilihat dari model matematis pada persamaan susunan seri (persamaan 9) *reliability* sistem merupakan hasil perkalian dari $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ sehingga apabila terus dikalikan dengan semakin banyak nilai R maka hasil dari R sistem itu sendiri akan semakin kecil berbeda dengan persamaan susunan paralel (persamaan 10) di mana R

sistem merupakan nilai dari $1 - ((1 - R_1) \dots (1 - R_n))$ artinya 1 dikurangi suatu nilai bilangan yang kecil maka akan menghasilkan R sistem yang besar. Oleh karena itu untuk meningkatkan *reliability* pada sistem *Extrusion* dapat dilakukan dengan penambahan komponen mesin yang dibentuk secara paralel atau *standby* sehingga apabila terjadi kerusakan pada salah satu mesin maka mesin satunya dapat menggantikan posisi mesin yang mengalami kerusakan dan sistem tidak *shutdown*.

SIMPULAN

Simpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah *Reliability Block Diagram* merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan *reliability* sistem secara menyeluruh. Model RBD untuk sistem *Extrusion* dapat dilihat pada Gambar 6. *Software* yang digunakan untuk memodelkan RBD adalah *software Reliasoft Blocksim*. *Reliability* pada system *Extrusion* adalah 0,00436 atau 0,436% pada t = 100 jam. Artinya bahwa dalam waktu t=100 jam sistem beroperasi sesuai dengan fungsinya sebesar 0,436%, selebihnya sistem berada kondisi *shutdown* atau gagal beroperasi. Untuk meningkatkan nilai *reliability* dibutuhkan waktu pengecekan dan perawatan

yang lebih pendek sehingga mengurangi adanya kegagalan komponen dan membuat *redundancy* komponen. *Critical equipment* pada sistem *Extrusion* adalah *Cooling Batch, M_W 1*, dan *M_W 2*.

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menjabarkan komponen pada masing-masing sub-sistem pada sistem *Extrusion* perlu dijelaskan lebih dalam dan penentuan *maintenance strategy* pada sistem dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* dan *Root Cause Analysis*.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewangan, D.N., Jha, M.J., Y.P. Banjare, 2014. Reliability Investigation of Steam Turbine Used In Thermal Power Plant. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3: 14915–14923.
- Ebeling, C.E., 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill: USA.
- ITEM Software, 2007. *Reliability Block Diagram*. ITEM Software Inc.
- Kumar, G., Jain, V., Gandhi, O.P., 2013. Availability Analysis of Repairable Mechanical Systems Using Analytical Semi-Markov Approach. *Quality Engineering*, 25: 97–107. <https://doi.org/10.1080/08982112.2012.751606>
- Ludean, D., Cretu, A., Munteano, R., Moga, R., Stroia, N., Moga, D., Vladareanu, L., 2018. Reliability Approach of a Compressor System using Reliability Block Diagrams. *Journal of Fundamental and Applied Science*, 10: 149–154. <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i4s.74>
- Mokhtar, A.A., Muhammad, M., Hussin, H., Majid, M.A.A., 2011. Development of a RAM Simulation Model for Acid Gas Removal System. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 5: 2587–2590.
- Munaji, A., Ilhami, M.A., Kurniawan, B., 2016. Usulan Penjadwalan Perawatan Mesin Dengan Mempertimbangkan Reliability Block Diagram Pada Unit Stand CPL Di PT Krakatau Steel. *Jurnal Untirta*, 4
- Rajput, B.S., Vaishali Chourey, 2015. UML based Approach for System Reliability Assessment. *International Journal of Computer Applications*, 131: 17–24.
- Reliasoft, 2016. *Quick Start Guide Blocksim Version 10*. Reliasoft Corporation, USA.
- Sianipar, H., 2008. *Evaluasi Program Pemeliharaan Pabrik Amoniak Usulan dan Pemecahannya dalam Usaha Mengurangi Shutdown Pabrik dan Memperpanjang Turn Around Interval (Studi Kasus di Unit Front End pabrik Amoniak PT. Pupuk Kaltim)*. Tesis. Universitas Gadjah Mada, Program Studi Teknik Mesin.
- Soleimani, M., Pourgol-Mohammad, M., Ali Rostami, Ahmad Ghanbari, 2014. Design for Reliability of Complex System: Case Study of Horizontal Drilling Equipment with Limited Failure Data. *Journal of Quality and Reliability Engineering*, 2014: 3–11.
- Sunderam, G., Mohan, R., 2011. Integrated System-Reliability Analysis for Wind Turbine. *International Journal of Production Technology and Management Research*. 2: 9–16.
- Taufik, Septiani, S., 2015. Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin Di Pt Pln (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 14: 238–258.
- Weyns, K., Host, M., 2013. Case Study on Risk Analysis for Critical Systems with Reliability Block Diagrams, *The 10th International ISCRAM Conference*, ISCRAM, Germany.
- Yuhelson, Syam, B., Sinullingga, S., Isranuri, I., 2010. Analisis Reliability dan Availability Mesin Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara 3. *Jurnal Dinamis*, 2: 6–22.