

## Pemodelan Peluang Kerusakan Mesin Milling CNC di Laboratorium Mesin CNC Milling Politeknik Negeri Bengkalis untuk Menentukan Estimasi Banyaknya Jumlah Kerusakan dalam Rentang Waktu Tertentu dan Estimasi Biaya Perawatan ditinjau dari Aspek Aktuaria

Bustami<sup>1,\*</sup>, M.Alkadri Perdana<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, Riau 28711

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

CNC  
Probability Failure  
Corrective Maintenance.

Received: 30 April 2019

Received in revised:

24 June 2019

Accepted: 24 June 2019

Published: 29 June 2019

Open Access

### ABSTRACT

To keep the CNC milling machine from being broken down quickly requires proper care and operation to extend the life of the machine. However, long-term machine break down, although not desirable, will be unavoidable. In this research we try to model the distribution of the engine breaking down probability by considering the first failure of the machine, which will be useful to predict the amount of machine failure in the future and also we model the cost of corrective maintenance. From the modeling results using several assumptions with the help of one of the statistical software obtained the rate of failure of CNC milling machine 55 mill which is in the laboratory of CNC machine is obtained weibul distributed from the modeling results and corrective maintenance cost of pareto which can be used in the prediction of the price of this machine's insurance premium.

## 1. Pendahuluan

Garansi adalah kewajiban kontrak yang mewajibkan perusahaan untuk memperbaiki setiap masalah atau kerusakan yang terjadi selama masa garansi yang ditentukan. Dalam masa garansi biaya dan kegiatan pemeliharaan ditanggung sepenuhnya oleh perusahaan atau *dealer* produk tersebut. Setelah masa garansi berakhir, upaya pemeliharaan ditanggung sepenuhnya oleh konsumen. Untuk menghindari kerusakan maka dilakukan upaya pemeliharaan seperti pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) dan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*). Kegiatan pemeliharaan tersebut bertujuan untuk mengurangi kemungkinan produk tersebut tidak dapat beroperasi dan mengembalikan produk tersebut dari keadaan tidak dapat beroperasi menjadi dapat beroperasi kembali (Dohi *et al*, 2013). Menyadari fenomena ini dan prospek profit yang dapat diperoleh, produsen mulai menawarkan jasa ontrak pemeliharaan atau servis kontrak kepada konsumen.

Mesin Milling CNC merupakan peralatan penting yang menunjang proses belajar mengajar di Politeknik Negeri Bengkalis terutama di jurusan Teknik Mesin. Biasanya Garansi mesin akan habis jika telah melampaui batas waktu yang ditentukan. Setelah masa garansi habis maka pihak pembeli akan bertanggung jawab penuh

atas setiap kerusakan yang terjadi pada mesin milling CNC ini.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas Untuk itu kami bermaksud melakukan penelitian dengan judul "Pemodelan Peluang Kerusakan Mesin Milling CNC Di Laboratorium Mesin CNC Milling Politeknik Negeri Bengkalis Untuk Menentukan Estimasi Banyaknya Jumlah Kerusakan Dalam Rentang Waktu Tertentu Dan Estimasi Biaya Perawatan Ditinjau Dari Aspek Aktuaria" disini kami Memodelkan distribusi peluang kerusakan mesin agar bisa memprediksi waktu kerusakan mesin dimasa mendatang dan disini kami coba memodelkan apakah mesin ini menguntungkan jika diasuransikan ke perusahaan penawar jasa asuransi perawatan mesin milling CNC atau tidak.

## 2. Kajian penelitian-penelitian terkait

1. Penelitian yang dilakukan hennie husniah (2011), *A maintenance service contract for a warranted product*, investigate a maintenance service contract for a warranted product carried out by the Original Equipment Manufacturer (OEM).
2. Penelitian yang dilakukan anisur Rahman(2007), *modelling and analysis of reliability and costs of lifetime warranty and service contract policy*, membahas tentang jika

\* Corresponding author

E-mail addresses: [Bustami@polbeng.ac.id](mailto:Bustami@polbeng.ac.id) (Bustami)

2614-6983/ © 2019 P3M Politeknik Negeri Bengkalis. All rights reserved.

garansi (*warranty*) diberikan lebih lama maka menunjukkan produk tersebut kualitasnya lebih baik.

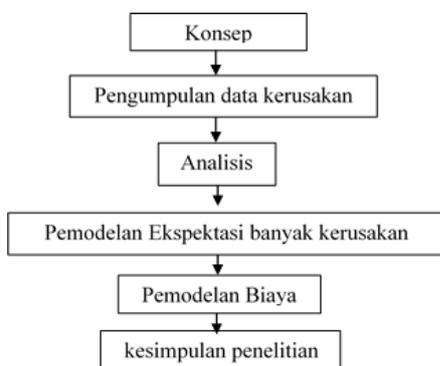
3. Penelitian yang dilakukan Sutanto (2014), "Servis Kontrak Dengan Modifikasi Kebijakan Deductible", membahas tentang kontrak layanan perawatan untuk produk bergaransi antara konsumen dan produsen tersebut setelah masa garansi dari produk tersebut telah habis.
4. Penelitian yang dilakukan Bustami (2015), "Servis Kontrak Renault Kerax 440 Dengan Modifikasi Kebijakan Deductible Dan Policy Limit", membahas servis kontrak dengan modifikasi kebijakan yang hanya menawarkan jasa pemeliharaan preventif dan jasa pemeliharaan korektif untuk Renault Kerax 440 oleh produsen penjual jasa servis kontrak, dimana biaya pemeliharaan korektif yang ditawarkan dilakukan modifikasi kebijakan berupa *deductible* dan *policy limit* selama periode servis kontrak.

### 3. Metode Penelitian

Sebagaimana diuraikan dalam BaB Pendahuluan, penelitian ini bertujuan untuk Menentukan Distribusi peluang kerusakan mesin, menentukan estimasi biaya perawatan korektif mesin, dan untuk memprediksi apakah menguntungkan atau tidak jika jasa perbaikan mesin milling CNC ditawarkan ke perusahaan yang menawarkan jasa asuransi perbaikan dan perawan mesin milling CNC.

#### 3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan identifikasi dan perumusan masalah, studi literatur dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, mencari data kegagalan pertama mesin milling CNC, pembuatan model distribusi kerusakan dengan bantuan software aplikasi statistika dan program aplikasi matematika dan engineering (MATLAB) dan kemudian dilakukan analisa dan terakhir penarikan kesimpulan. Secara garis besar, tahapan penelitian dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

#### 3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Latar belakang penelitian merupakan acuan awal dari tahapan identifikasi permasalahan

yang terjadi yaitu pada pemodelan distribusi kerusakan mesin milling CNC. Pengidentifikasi masalah ditunjukkan untuk mengetahui inti permasalahan yang terjadi sehingga dirumuskan menjadi beberapa poin yang merupakan tujuan ataupun target dari penelitian yang akan dilakukan.

#### 3.3. Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk mendapatkan berbagai macam referensi dari bermacam-macam sumber diantaranya buku, jurnal paper atau dari browsing di internet guna mendukung penyelesaian penelitian ini. Dari literatur yang didapatkan maka diperoleh sebuah rangkuman teori dasar, konsep serta metode yang tepat dimana dapat digunakan sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian ini. Selain itu, tahap ini dilakukan guna menunjang pencapaian tujuan dan pemecahan masalah dengan pendekatan teori yang sesuai topik penelitian. Studi literatur meliputi studi kepustakaan dan review penelitian sebelumnya.

#### 3.4. Pemodelan distribusi kerusakan dan estimasi biaya perawatan.

Pemodelan distribusi kerusakan dan estimasi biaya perawatan mesin milling CNC dilakukan dengan beberapa langkah yaitu mengumpulkan data kerusakan mesin milling CNC, analisis data, penentuan model yang cocok dengan data yang akan diterapkan untuk memodelkan kerusakan mesin milling CNC, memodelkan biaya perawatan mesin milling CNC, hasil akhir berupa distribusi peluang kerusakan mesin yang akan berguna untuk memprediksi banyaknya kerusakan mesin dalam jangka waktu tertentu dan prediksi biaya perawatan dan perbaikan mesin milling CNC tersebut.

#### 4. Perumusan Masalah.

Untuk memecah masalah akibat tidak bisa memprediksi waktu kerusakan mesin akibat dari tidak tersedianya informasi yang memadai, maka dengan memodelkan kerusakan mesin milling CNC ini kita bisa memprediksi waktu kerusakan mesin milling CNC dan merupakan solusi yang paling tepat untuk memecahkan masalah diatas dan juga untuk menjawab pertanyaan apakah menguntungkan jika mesin milling CNC ini diasuransikan ke penawar jasa perawatan mesin milling CNC.

Berdasarkan latar belakang masalah diatas kendala utama yang dihadapi oleh tenaga yang melakukan perbaikan mesin milling CNC ini adalah tidak tersedianya informasi yang mendukung dalam menunjang perawatan mesin milling CNC sehingga perlu dilakukan penelitian untuk memprediksi waktu kerusakan mesin dan estimasi biaya perawatan yang dikenakan jika ditawarkan ke pihak asuransi yang menawarkan jasa perbaikan mesin milling CNC tersebut.

#### 5. Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk Menentukan Distribusi peluang kerusakan mesin, menentukan estimasi biaya penggantian komponen mesin dan biaya perawatan dan perbaikan mesin, dan untuk memprediksi apakah

menguntungkan atau tidak jika jasa perbaikan mesin milling CNC ditawarkan ke perusahaan yang menawarkan jasa asuransi perbaikan dan peranan mesin milling CNC ini.

## 6. Pengumpulan Dan Engolahan Data

### 6.1. Pengumpulan Dan pengolahan Data.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data kerusakan pertama (*first failure*) dari setiap Mesin milling CNC Mill 55 dan data biaya pemeliharaan korektif. Pada penelitian ini kerusakan dipandang dalam level sistem, sehingga kerusakan yang terjadi pada subsistem akan dianggap sebagai kerusakan Mesin milling CNC Mill 55 dan penyebab kerusakan Mesin milling CNC Mill 55 diabaikan.

### 6.2. Data kerusakan pertama kali Mesin milling CNC Mill 55

Data kerusakan pertama (*first failure*) dari semua Mesin milling CNC Mill 55 ini berdasarkan umur kalender (Tahun), data pembelian tahun 2004 di Laboratorium Mesin CNC Politeknik Negeri Bengkalis. Data kerusakan pertama ini akan menunjukkan karakteristik kerusakan dari Mesin milling CNC Mill 55 ini.

Tabel 1 Data Kerusakan Pertama mesin Milling CNC Mill 55.

No	Delivery Date	Created Date	age(tahun)
1	05/05/2004	03/02/2010	5,64109589
2	05/05/2004	20/03/2010	5,764383562
3	05/05/2004	20/02/2012	7,687671233
4	05/05/2004	14/07/2010	6,082191781
5	05/05/2004	08/06/2011	6,983561644
6	05/05/2004	04/08/2011	7,139726027
7	05/05/2004	16/08/2011	7,17260274
8	05/05/2004	01/09/2011	7,216438356
9	05/05/2004	12/09/2011	7,246575342
10	05/05/2004	22/09/2011	7,273972603
11	05/05/2004	03/10/2011	7,304109589
12	05/05/2004	20/10/2011	13,35616438
13	05/05/2004	31/10/2011	7,380821918
14	05/05/2004	13/12/2011	7,498630137
15	05/05/2004	29/12/2011	7,542465753

### 6.2. Pengolahan Data.

Pada bagian ini, akan dilakukan pengolahan data terhadap data yang telah dikumpulkan. Pengolahan data menganggap bahwa sistem bersifat *repairable* dan Perbaikan yang dilakukan terhadap Mesin milling CNC Mill 55 yang mengalami kerusakan dianggap diperbaiki dengan *minimal repair* yaitu sesuai dengan kondisi sistem saat ini.

Untuk mengetahui karakteristik kerusakan dari suatu sistem perlu diketahui data kerusakan pertama. Pola distribusi kerusakan pertama digunakan untuk mendapatkan parameter distri-

busi. Parameter distribusi ini akan digunakan sebagai input untuk menentukan harga asuransi kontrak perawatan mesin yang optimal sesuai dengan model servis kontrak yang dibuat. Ukuran yang digunakan dalam penentuan kerusakan pertama Mesin milling CNC Mill 55 adalah umur kalender dalam tahun. Distribusi kerusakan pertama digunakan untuk mengetahui ekspektasi jumlah kerusakan Mesin milling CNC Mill 55 selama periode kontrak. Untuk mengetahui pola distribusi kerusakan pertama dari data digunakan perangkat lunak *Easyfit 5.2*. hasil pencocokan model *menggunakan easyfit* menunjukkan bahwa distribusi Weibull cocok digunakan untuk memodelkan kerusakan pertama Mesin

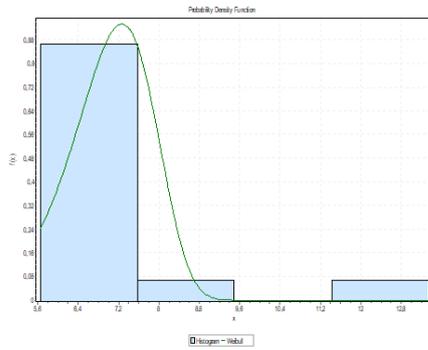
Goodness of Fit - Details [hide]			
Weibull [#62]			
Kolmogorov-Smirnov			
Sample Size	15		
Statistic	0,2671		
P-Value	0,1958		
Rank	7		
$\alpha$	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,3376	0,37713	0,4042
Reject?	No	No	No

Gambar 2. Goodness of Fit Data Kerusakan Milling

CNC Mill 55, hasil uji kecocokan model ditunjukkan oleh gambar 2. Distribusi yang dipilih untuk menggambarkan kerusakan sistem adalah distribusi Weibull dengan p-value sebesar 0,01958 dan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Fungsi distribusi Weibull dipilih untuk memodelkan pola kerusakan dan laju kerusakan dari data karena beberapa pertimbangan, yaitu :

1. Distribusi Weibull merupakan distribusi yang paling populer digunakan oleh para engineer karena kegunaanya yang luas (Fritz,2008). Selain itu, distribusi weibull mampu memberikan berbagai jenis interpretasi data kerusakan. Contohnya, untuk sistem yang semakin baik seiring dengan pemakaian ( $\beta < 1$ ), untuk komponen dengan percepatan rusak konstan ( $\beta = 1$ ), dan komponen yang semakin sering rusak seiring dengan waktu ( $\beta > 1$ ).
2. Banyak jurnal yang membahas topik pemeliharaan dan menggunakan distribusi pada fase wear out, yaitu pemakaian yang terus-menerus seiring waktu akan menyebabkan laju kerusakan meningkat atau *increasing failure rate*. Sehingga distribusi weibull digunakan untuk menggambarkan kerusakan sistem.

Karakteristik dari distribusi tersebut secara jelas terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Histogram data laju kerusakan mesin milling CNC Mill 55

Parameter skala ( $\alpha$ ) sebesar 9,6025 dalam ukuran umur kalender yaitu tahun, sedangkan parameter bentuk ( $\beta$ ) sebesar 7,3436 dan parameter lokasi  $\gamma$  sebesar 0. Nilai  $\beta > 1$  menunjukkan bahwa laju kerusakan pada truk mengalami peningkatan atau increasing failure rate dan memenuhi karakteristik repairable system. Persamaan dari fungsi distribusi kerusakan tersebut sesuai persamaan berikut:

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

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{9,6025}\right)^{7,3436}}$$

Dari fungsi distribusi kerusakan tersebut dapat diperoleh fungsi intensitas dengan persamaan berikut :

$$h(t) = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^\beta}$$

$$h(t) = \frac{7,3436 t^{7,3436-1}}{9,6025^{7,3436}}$$

$$h(t) = \frac{7,3436 t^{6,3436}}{9,6025^{7,3436}}$$

**6.3. Banyaknya pemeliharaan korektif.**

karena sifat *stationary independent increment* dari proses poisson maka banyak kejadian pemeliharaan korektif dalam selang waktu  $[\omega, \omega+\tau]$  ialah:

$$E[N(t)] = \int_{\omega}^{\omega+\tau} h(t) dt$$

Apabila masa garansi berakhir diakhir tahun pertama sejak pembelian maka prediksi banyaknya kerusakan korektif tahun pertama dan tahun kedua setelah garansi berakhir ialah:

$$E[N(t)] = \int_{\omega}^{\omega+\tau} h(t) dt$$

$$E[N(1)] = 0.00002144230796$$

$$E[N(2)] = 0.0004021628802$$

Dari hasil perhitungan diatas terlihat bahwa setelah masa garansi berakhir tahun pertama dan tahun kedua terlihat banyak kerusakan mendekati nol artinya tahun pertama dan kedua apabila mesin di asuransikan akan rugi karena hanya melakukan pembayaran premi tetapi tidak akan terjadi klaim biaya perawatan mesin.

**6.4. Biaya Perawatan Korektif Mesin milling CNC Mill 55**

Data biaya pemeliharaan korektif ini diambil di laboratorium mesin CNC politeknik negeri bengkalis jika terjadi kerusakan pada mesin Milling CNC Mill 55.

**6.4.1. Hasil pengumpulan Data Biaya Pemeliharaan Korektif.**

Data biaya pemeliharaan korektif ini diambil di laboratorium mesin CNC politeknik negeri bengkalis jika terjadi kerusakan pada mesin Milling CNC Mill 55.

**6.4.2. Pengolahan data.**

Estimasi Biaya Pemeliharaan Korektif Bertujuan Untuk Mengetahui Rata-Rata Biaya Pemeliharaan Minimal Yang Dikeluarkan Untuk Kegiatan CM. Data Biaya Pemeliharaan Didapatkan Dari Data Historis Kerusakan Acak Dari Mesin Yang Tedapat di jurusan mesin Politeknik Negeri Bengkalis. Uji Distribusi Dilakukan Dengan *Software Easyfit 5.2* Dan Pola Distribusi Biaya Kerusakan Seperti Pada Berikut Ini Dan Pada gambar 4.1 Diberikan Statistik Deskriptif Data prediksi Biaya Pemeliharaan Korektif.

Tabel 3. Biaya Korektif Mesin Milling CNC Mill 55

No	JENIS KERUSAKAN	BIAYA PERBAIKAN (Rp)
1	PC keyboard 1	1500.000,-
2	PC keyboard 2	1500.000,-
3	PC keyboard 3	1500.000,-
4	PC keyboard 4	1500.000,-
5	PC keyboard 5	1500.000,-
6	PC keyboard 6	1500.000,-
7	PC keyboard 7	1500.000,-
8	PC keyboard 8	1500.000,-
9	PC keyboard 9	1500.000,-
10	PC keyboard 10	1500.000,-
11	PC keyboard 11	1500.000,-
12	PC keyboard 12	1500.000,-
13	PC keyboard 13	1500.000,-
14	PC keyboard 14	1500.000,-
15	PC keyboard 15	1500.000,-
16	PC keyboard 16	150.000,-
17	PC keyboard 17	250.000,-
18	PC keyboard 18	800.000,-
19	PC keyboard 19	250.000,-
20	PC keyboard 20	150.000,-
21	PC keyboard 21	150.000,-
22	PC keyboard 22	800.000,-
23	PC keyboard 23	250.000,-
24	PC keyboard 24	150.000,-
25	PC keyboard 25	250.000,-

26	PC keyboard 26	800.000,-
----	----------------	-----------

Chi-Squared					
Deg. of freedom	1				
Statistic	8,0390E-4				
P-Value	0,97738				
Rank	1				
$\alpha$	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	1,6424	2,7055	3,8415	5,4119	6,6349
Reject?	No	No	No	No	No

Gambar 4. Pola Distribusi Biaya Kerusakan korektif mesin milling CNC Mill 55.

Hasil uji distribusi menggunakan software *Software Easyfit 5.2* menunjukkan distribusi Pareto dengan p-value  $>0.97738$  dan tingkat kepercayaan 95%. Parameter skala  $\alpha = 0,62494$  dan parameter bentuk ( $\beta$ ) sebesar  $1,5000E+5$ .

Descriptive Statistics			
Statistic	Value	Percentile	Value
Sample Size	26	Min	1,5000E+5
Range	1,3500E+6	5%	1,5000E+5
Mean	1,0192E+6	10%	1,5000E+5
Variance	3,6002E+11	25% (Q1)	2,5000E+5
Std. Deviation	6,0001E+5	50% (Median)	1,5000E+6
Coef. of Variation	0,58869	75% (Q3)	1,5000E+6
Std. Error	1,1767E+5	90%	1,5000E+6
Skewness	-0,56419	95%	1,5000E+6
Excess Kurtosis	-1,6336	Max	1,5000E+6

Gambar 5. Statistik Deskriptif Data prediksi Biaya Pemeliharaan Korektif.

## 7. Kesimpulan Dan Saran

### 7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan:

- Laju kerusakan mesin CNC mill 55 berdistribusi weibul dengan parameter skala 9,6025 dan parameter bentuk 7,3436
- Distribusi biaya kerusakan korektif berdistribusi pareto dengan parameter bentuk 0,62494 dan parameter skala  $1,5000E+5$ .
- Tahun pertama dan kedua setelah garansi mesin berakhir mesin tidak perlu digaransi karena kerusakan yang terjadi mendekati nol atau tidak ada.
- Rata rata biaya kerusakan korektif adalah Rp.1.092.000,- .

### 7.2. Saran

- Dalam menentukan biaya perawatan korektif Data yang digunakan harus lebih besar lagi karena sangat menentukan keakuratan prediksi biaya perawatan korektif.
- Perawatan preventif kedepannya harus ditentukan banyaknya karena berpengaruh terhadap premi asuransi yang dikenakan perusahaan penawar jasa servis mesin yang dikenal dengan nama premi resiko (*risk premium*).

## Acknowledgement

Alhamdulillah penelitian kami ini selesai tepat pada waktunya atas pertolongan Allah, SWT. Disini kami ingin mengucapkan sebesar besarnya ungkapan rasa terima kasih sedalam dalamnya kepada politeknik negeri bengkalis yang telah banyak membantu penelitian kami ini.

## Referensi

- Anderson, J.F., Brown R.L, (2005). Risk And Insurance, Society of Actuaries , United States of America.
- Ashgarizadeh, E. dan Murthy, D.N.P., (2000). Service Contracts: A Stochastic Model, Mathematical and Computer Modelling
- B.P. Iskandar., U.J. Pasaribu, Husniah, H., (2013). Performance - Based Maintenance Contract for a Product Sold with Two Dimensional Warranties
- Bustami., U.J. Pasaribu, Husniah, H., (2015). Servis KontrakMesin milling CNC Mill 55 Renault Kerax 440 Dengan Modifikasi Kebijakan Deductible Dan Policy Limit",ITB,Bandung.
- Dohi, T., dan Nakagawa T., (2013). Stochastic Reliability and Maintenance Modeling, Springer, london
- Husniah, H., U.J. Pasaribu, B.P. Iskandar, (2011). Maintenance Service Contract for a Warranted Product
- Jiang, R., Murthy, D.N.P., (2008). Maintenance: Decision Models for Management, Science Press, China
- Klugman, S.A., Panjer, H.H., Willmot, G.E., (2012).: Kerugian Model form Data to Decisions 4th Edition ,Wiley, United States of America
- Nakagawa T, (2011). Stochastic processes with applications to reliability theory, Springer, London
- Nakagawa T, (2005). Maintenance theory of reliability, Springer, London
- Rinsaka, K dan Sandoh, H. (2006) A stochastic Model on an Additional Warranty Service Contract, Computers and Mathematics with Applications, 51, 179-188
- Rubin, H.W., (2013). Dictionary of Insurance Terms, Barron's Business Guides
- Sari, Dera.Y., (2013) Peranan Stackelberg Game Theory pada Service Contract untuk Produk Bergaransi
- Sutanto, W, Husniah, H., U.J. Pasaribu, B.P. Iskandar. (2015). Servis kontrak dengan modifikasi kebijakan deductible, ITB, Bandung.
- Ross, S.M., (1995). Stochastic Process 2nd Edition, Wiley, United States of America

Yang.W.Y.(2005). Applied Numerical methods Using Matlab, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, United States of America.