

P. ISSN : 2477-5479

Volume 6 Nomor 1 April 2020

E. ISSN : 2502-0501

JURNAL OPTIMALISASI



Source of Inspiration

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TEUKU UMAR**

EDITORIAL TEAM JURNAL OPTIMALISASI

Journal Manager

T.M. Azis Pandria (Universitas Teuku Umar, Indonesia)

Editor in Chief

Iing Pamungkas (Universitas Teuku Umar, Indonesia)

Section Editor

1. Nissa Prasanti (Universitas Teuku Umar, Indonesia)
2. Fitriadi (Universitas Teuku Umar, Indonesia)
3. Gaustama Putra (Universitas Teuku Umar, Indonesia)
4. Zayyinul Hayati Zen (Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia)
5. Indah Rizkyta Tarigan (Universitas Sumatera Utara, Indonesia)

Copy Editor

1. Cukri Rahma (Universitas Teuku Umar, Indonesia)
2. Khairul Hadi (Universitas Teuku Umar, Indonesia)

Layout Editor

Rita Hartati (Universitas Teuku Umar, Indonesia)

Proof Reader

Heri Tri Irawan (Universitas Teuku Umar, Indonesia)

Reviewer

1. Dr. Ir. Nazaruddin Matondang, MT (Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Indonesia)
2. Dr. Ir. Eko Pujiyanto, S.Si., MT., IPM (Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Indonesia)
3. Dyah Santhi Dewi, ST., M.Eng.Sc., Ph.D (Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh November, Indonesia)

DAFTAR ISI

Jurnal Optimalisasi, Volume 6, Nomor 1, April 2020

1. Waktu Realistis Pengerjaan Proyek Rumah Tinggal Bertingkat Type 72 Dengan Metode Program Evaluation and Review Technique (PERT) di PT. XYZ Medan
Eddy, Abdul Gani Syahputra 1 - 9
2. Perbandingan Teknik Klasifikasi Untuk Memprediksi Kualitas Kinerja Karyawan
Hijrah, Mukhlizar, T.M. Azis Pandria 10-21
3. Optimalisasi Pemanfaatan Khitosan Sebagai Pengawet Ikan Teri Kering
(*Spratelloides Gracilis*)
Marlinda, Rita Hartati 22-30
4. Analisis Six Big Loss Pada Mesin Pengolahan Minyak CPO dengan Metode OEE
(Studi Kasus: di PT. Fajar Baizury and Brother)
Arie Saputra, Muzakir, Munti Suryani 31-39
5. Studi Kelayakan Investasi Perkebunan Kelapa Sawit PT. Agro Sinergi Nusantara
Kabupaten Aceh Selatan
Heri Tri Irawan, Iing Pamungkas 40-46
6. Analisis Ukuran Batubara Menggunakan Metode Statistical Quality Control
di PT. Mifa Bersaudara
Gaustama Putra, Rofi Rosalinda 47-55
7. Penjadwalan Produksi Paving Block Pada CV. Nibo Corporation Banda Aceh
Heri Tri Irawan, Iing Pamungkas, Arhami 56-60
8. Analisa Pengendalian Bahan Baku Menggunakan Metode Economic Order Quantity
di PT. Green Enterprises Indonesia
Gaustama Putra, Riwi Rofita 61-68
9. Evaluasi Interval Penggantian Preventif pada Komponen Kritis Screw Conditioner
Adib, T.M Azis Pandria, Rita Hartati 69-76
10. Analisis Postur Kerja Operator pada Area Pengantongan Pupuk Menggunakan
Metode OWAS di PT. Pupuk Iskandar Muda
Sofiyannurriyanti, Agus Ardiyansyah, Cut Apriani Rahayu 77-85
11. Strategi Pengurangan Risiko Kerusakan pada Komponen Kritis Boiler di Industri
Pembangkit Listrik
Iing Pamungkas, Heri Tri Irawan 86-95

Waktu Realistis Pengerjaan Proyek Rumah Tinggal Bertingkat Type 72 Dengan Metode Program Evaluation And Review Technique (PERT) di PT. XYZ Medan

Eddy*¹, Abdul Gani Syahputra²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas Harapan Medan
Jalan H.M. Joni 70 C Medan
e-mail: *¹eddy.stth.medan@gmail.com

Abstrak

Kompleksitas pengelolaan sebuah proyek membutuhkan perencanaan yang baik dan akurat. Hal ini dilakukan untuk mengatasi kendala-kendala yang muncul dalam pelaksanaan pengerjaan proyek. Salah satu diantaranya adalah kendala terlambatnya waktu penyelesaian proyek. Program Evaluation and Review Technique (PERT) adalah suatu model jaringan yang mampu memetakan waktu penyelesaian kegiatan. PERT sangat bermanfaat bagi pengelolaan sebuah proyek karena menyediakan informasi yang berkaitan dengan penyelesaian suatu proyek. Penggunaan metode PERT pada penelitian ini memberikan hasil waktu penyelesaian proyek pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72 berdasarkan lintasan kritis sebesar 114 hari. Melalui pendekatan statistik dan asumsi waktu selesainya proyek terdistribusi secara normal diperoleh rentang waktu realistis selesainya proyek tersebut adalah antara 114 hari sampai dengan 124 hari. Sedangkan tingkat probabilitas penyelesaian proyek selama rentang waktu tersebut antara 50% sampai dengan 99,9%.

Kata Kunci - PERT, Lintasan Kritis, Probabilitas

Abstract

The complexity of managing a project requires good and accurate planning. This is done to overcome the obstacles that arise in the implementation of project work. One of them is the obstacle of late project completion time. Program Evaluation and Review Technique (PERT) is a network model that is able to map the time of completion of activities. PERT is very useful for managing a project because it provides information relating to the completion of a project. The use of PERT method in this study provides the results of the completion time of type 72-storey residential building project based on a critical trajectory of 114 days. Through a statistical approach and assuming the completion of a normally distributed project the realistic time span of completion of the project is between 114 days to 124 days. While the probability of completion of the project during the time frame is between 50% to 99.9%.

Keywords - PERT, Critical Path, Probability

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi adalah usaha untuk mendirikan suatu bangunan dengan waktu tertentu dengan menggunakan sumber daya yang terbatas. Untuk mendapatkan hasil dengan standar yang baik dalam suatu proyek konstruksi maka harus terjalin kerjasama yang baik antar pihak-pihak yang terlibat dalam proyek tersebut, dalam hal ini adalah pemilik, kontraktor, konsultan, supplier dan lain-lain. Sebelum suatu proyek konstruksi dilaksanakan, kontraktor tentunya telah membuat suatu perencanaan yang matang agar proses konstruksi dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Salah satu bentuk dari perencanaan suatu proyek adalah penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang rencana kerja, kemajuan proyek, durasi waktu penyelesaian proyek dan segala sesuatu yang berkaitan dengan sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material.

Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Namun pada kenyataannya di lapangan, suatu proyek tidak selalu berjalan sesuai dengan penjadwalan yang telah dibuat. Ada banyak faktor yang mengakibatkan hal tersebut terjadi, misalnya dikarenakan penjadwalan yang kurang baik, faktor cuaca dan ketersediaan material yang mengakibatkan proses kegiatan konstruksi harus ditunda.

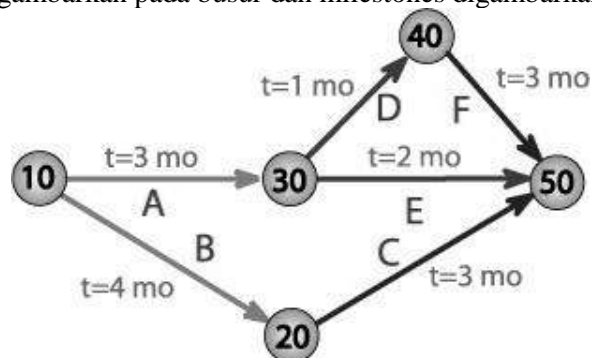
PT. XYZ merupakan sebuah perusahaan kontraktor yang berdomisili di kota Medan. Salah satu proyek yang dikerjakan perusahaan ini adalah proyek pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72. Dalam pelaksanaan pekerjaan dilapangan perusahaan ini menghadapi beberapa kendala, salah satu diantaranya keterlambatan waktu penyelesaian proyek. Misalnya pada saat pelaksanaan pekerjaan bekisting. Pekerjaan bekisting membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 5-7 hari. Baik buruknya pekerjaan bekisting sangat berpengaruh pada mutu dan kualitas beton. Oleh karena itu pekerjaan bekisting harus dikontrol dengan baik dan benar. Karena jika pekerjaan bekisting tertunda atau terlambat, maka pekerjaan pengecoran juga bisa terlambat dan berpengaruh juga pada mutu dan kualitas beton.

Keterlambatan waktu proyek yang terjadi selama pelaksanaan konstruksi dapat menjadi masalah besar bagi kontraktor, karena pihak pemilik pasti sangat tidak menginginkan terjadinya keterlambatan pada proyek. Oleh karena itu kontraktor dituntut untuk mengatur strategi agar proyek dapat selesai sesuai jadwal yang telah disepakati. Salah satu cara untuk mengembalikan tingkat kemajuan pengerjaan proyek yang telah tertunda adalah melakukan upaya percepatan waktu proyek. Oleh karena itu diperlukan analisis optimalisasi waktu pengerjaan proyek sehingga dapat diketahui berapa lama suatu proyek tersebut diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Kompleksitas pengelolaan sebuah proyek, membutuhkan identifikasi dan pemetaan atas rangkaian kegiatan yang bisa saja harus dilakukan secara serial (berurutan) atau dapat dilakukan secara paralel. Pemetaan ini dapat disusun dalam bentuk model jaringan. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) adalah suatu model jaringan yang mampu memetakan waktu penyelesaian kegiatan yang acak. PERT dikembangkan pada akhir tahun 1950-an untuk proyek U.S. Navy's Polaris yang memiliki ribuan kontraktor. PERT dikembangkan agar tercipta ruang/potensi untuk pengurangan waktu dan biaya yang diperlukan untuk penyelesaian proyek tersebut.

Dalam pengelolaan proyek, sebuah aktivitas adalah kegiatan yang harus dikerjakan dan sebuah *event* atau acara merupakan tahapan penyelesaian dari satu atau lebih kegiatan. Sebelum sebuah kegiatan dapat dimulai, semua kegiatan yang menjadi prasyarat bagi kegiatan tersebut harus sudah terselesaikan. Diagram PERT memiliki dua komponen utama yaitu aktivitas (*activities*) dan *event/acara* (*milestones*). Kedua komponen ini ditandai dengan busur dan lingkaran. Aktivitas digambarkan pada busur dan milestones digambarkan pada lingkaran.



Gambar 1. Contoh sebuah diagram PERT

Aktivitas digambarkan oleh busur dan diberi kode A, B, C dan seterusnya, sebagai simbol kegiatan. Busur juga diberi keterangan berapa lama perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan yang bersangkutan. Sedangkan event (*milestones*) digambarkan oleh lingkaran yang diberi nomor kode berurut dari awal hingga akhir diagram.

Proses perencanaan PERT meliputi langkah-langkah berikut:

1. Mengidentifikasi kegiatan (aktivitas) dan *event* proyek (*milestones*) yang spesifik,
2. Menentukan urutan yang tepat dari kegiatan-kegiatan,
3. Menyusun model diagram jaringan,
4. Memperkirakan waktu yang diperlukan untuk masing-masing kegiatan,
5. Menentukan tahapan dan jalur kritis,
6. Melakukan pemantauan dan evaluasi serta koreksi pada diagram PERT selama proyek berlangsung.

Diagram PERT sangat bermanfaat bagi pengelolaan sebuah proyek karena menyediakan informasi berikut:

- a. Jangka waktu penyelesaian proyek,
- b. Kemungkinan penyelesaian proyek sebelum tanggal yang ditentukan,
- c. Tahapan kegiatan yang kritis, yang dapat berdampak langsung terhadap waktu penyelesaian proyek,
- d. Kegiatan yang memiliki tenggat waktu relatif longgar yang seharusnya dapat dikelola sebagai tambahan waktu bagi tahapan kegiatan kritis,
- e. Tanggal kegiatan dimulai dan tanggal kegiatan berakhir (periode program).

Menurut Krajewski, penjadwalan proyek dengan metode PERT dimulai dengan mengestimasi waktu penyelesaian setiap aktivitas (kegiatan) proyek kedalam 3 jenis estimasi waktu, yaitu:

- Waktu yang paling Optimis (*ta*) adalah waktu dimana setiap aktivitas berlangsung dengan baik.
- Waktu yang paling pesimis (*tb*) adalah waktu dimana setiap aktivitas terjadi kondisi yang tidak diinginkan atau terjadi hambatan.
- Waktu yang paling mungkin (*tm*) adalah perkiraan waktu yang paling realistis untuk menyelesaikan suatu aktivitas.

Untuk menghitung waktu aktivitas yang diharapkan *te* (expected activity time) dapat menggunakan rumus berikut:

$$te = \frac{ta + 4tm + tb}{6}$$

PERT dapat digunakan untuk memperkirakan probabilitas selesainya suatu proyek untuk suatu waktu tertentu yang diinginkan. Dalam hal ini diperlukan pendekatan statistik untuk mengukur rata-rata (μ) maupun deviasi standar (σ) waktu selesainya proyek. Dalam penerapan probabilistik, PERT menggunakan asumsi bahwa suatu kegiatan secara statistik bersifat independen dan waktu selesainya proyek terdistribusi secara normal. Rata-rata selesainya proyek merupakan jumlah waktu dari kegiatan kritis, sedangkan deviasi standar proyek merupakan jumlah deviasi standar lintasan kritis.

-Deviasi standar kegiatan: $\sigma_k = \left(\frac{tb - ta}{6} \right)$

-Deviasi standar proyek: $\sigma_p = \sqrt{\sum \sigma_k^2}$

-Probabilitas waktu selesainya proyek ditentukan dengan distribusi normal: $Z = \frac{X - \mu}{\sigma_p}$

Dimana: X = target waktu penyelesaian proyek
 μ = waktu rata-rata dari kegiatan
 σ_p = deviasi standar proyek
 Z = probabilitas penyelesaian proyek (tabel distribusi Z)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai te untuk masing-masing kegiatan, sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai waktu yang diharapkan (te) untuk tiap kegiatan

Item Kegiatan	Simbol	Waktu Optimis (ta) (hari)	Waktu Paling Mungkin (tm) (hari)	Waktu Pesimis (tb) (hari)	Te (hari)
A. Pekerjaan Pendahuluan	A	14	14	17	14,5
B. Pekerjaan Lantai-I					
Pekerjaan Galian dan Timbunan	B1	14	21	25	20,5
Pekerjaan Pondasi/Beton	B2	31	35	43	35,67
Pekerjaan Bata/Plesteran	B3	33	35	47	36,67
Pekerjaan Lantai dan Keramik	B4	18	21	24	21
Pekerjaan Pintu dan Jendela	B5	19	21	23	21
Pekerjaan Atap Fiber Glass	B6	5	7	9	7
Pekerjaan Plafond	B7	17	21	26	21,17
Pekerjaan Pengecatan	B8	10	14	21	14,5
Pekerjaan Elektrikal	B9	18	21	24	21
Pekerjaan Sanitair	B10	10	14	20	14,33
C. Pekerjaan Lantai-II					
Pekerjaan Beton	C1	30	35	43	35,5
Pekerjaan Bata/Plesteran	C2	17	21	23	20,67
Pekerjaan Lantai dan Keramik	C3	18	21	24	21
Pekerjaan Pintu dan Jendela	C4	11	14	16	13,83
Pekerjaan Atap/Kuda-Kuda	C5	25	28	30	27,83
Pekerjaan Plafond	C6	17	21	26	21,17
Pekerjaan Pengecatan	C7	17	21	25	21
Pekerjaan Elektrikal	C8	18	21	24	21
Pekerjaan Sanitair	C9	17	21	26	21,17

Dengan menggunakan nilai te (waktu yang diharapkan) maka dibuatlah sebuah diagram jaringan kerja proyek. Dimana prinsip pembuatan jaringan kerja ini menggunakan perhitungan kedepan dan kebelakang, hasil perhitungan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Perhitungan rute kedepan

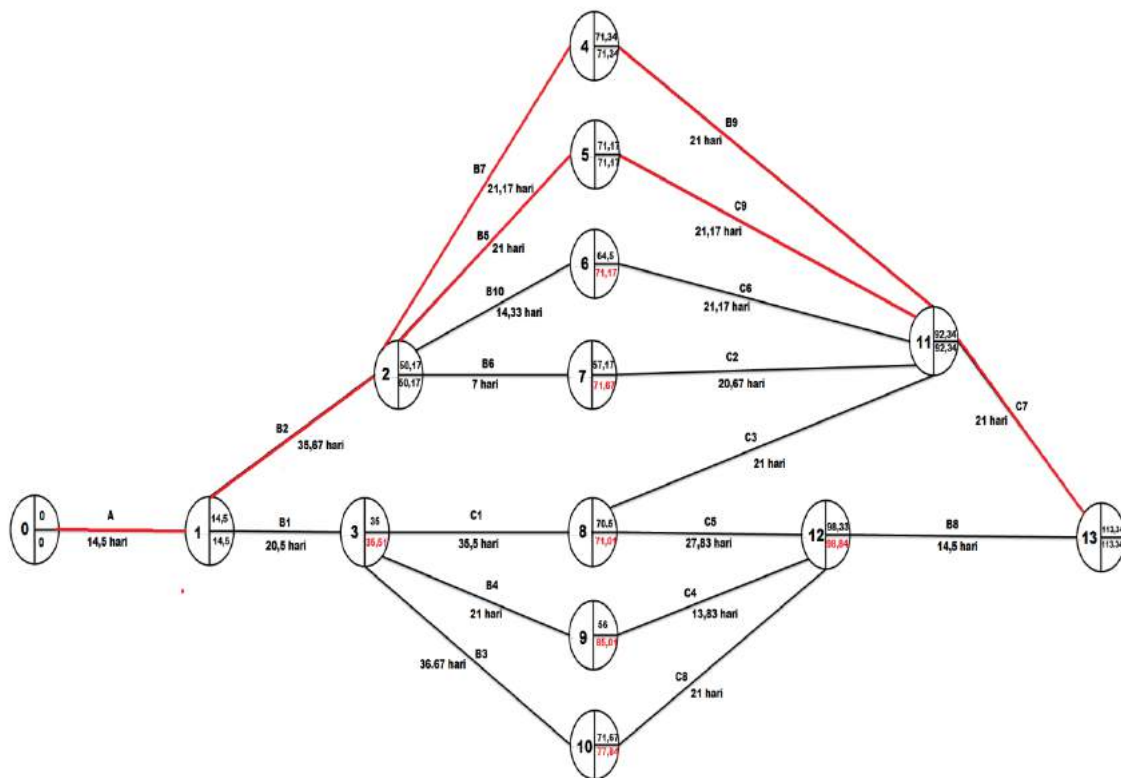
No. Kejadian	Simbol	EET _i (hari)	<i>te</i> (hari)	EET _j (hari)	Keterangan
1	A	0	14,5	14,5	
2	B2	14,5	35,67	50,17	
3	B1	14,5	20,5	35	
4	B7	50,17	21,17	71,34	
5	B5	50,17	21	71,17	
6	B10	50,17	14,33	64,5	
7	B6	50,17	7	57,17	
8	C1	35	35,5	70,5	
9	B4	35	21	56	
10	B3	35	36,67	71,67	
11	B9	71,34	21	92,34	Dipilih yang terbesar
	C9	71,17	21,17	92,34	
	C6	64,5	21,17	85,67	
	C2	57,17	20,67	77,84	
	C3	70,5	21	91,5	
12	C4	56	13,83	69,83	Dipilih yang terbesar
	C5	70,5	27,83	98,33	
	C8	71,67	21	92,67	
13	C7	92,34	21	113,34	Dipilih yang terbesar
	B8	98,33	14,5	112,83	

Tabel 3. Perhitungan rute kebelakang

No. Kejadian	Simbol	EET _i (hari)	<i>te</i> (hari)	EET _j (hari)	Keterangan
12	B8	113,34	14,5	98,84	
11	C7	113,34	21	92,34	
10	C8	98,84	21	77,84	
9	C4	98,84	13,83	85,01	
8	C3	92,34	21	71,34	Dipilih yang terkecil
	C5	98,84	27,83	71,01	
7	C2	92,34	20,67	71,67	
6	C6	92,34	21,17	71,17	
5	C9	92,34	21,17	71,17	
4	B9	92,34	21	71,34	
3	C1	71,01	35,5	35,51	Dipilih yang terkecil
	B4	85,01	21	64,01	
	B3	77,84	36,67	41,17	
2	B7	71,34	21,17	50,17	Dipilih yang terkecil
	B5	71,17	21	50,17	
	B10	71,17	14,33	56,84	
	B6	71,67	7	64,67	
1	B2	50,17	35,67	14,5	Dipilih yang terkecil
	B1	35,51	20,5	15,01	
0	A	14,5	14,5	0	

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 2 dan Tabel 3 dibuat diagram jaringan kerja untuk penyelesaian proyek kontruksi rumah tinggal bertingkat type 72, seperti yang ditampilkan pada gambar-2. Dari diagram tersebut diperoleh waktu penyelesaian proyek (te) selama 113,34 (≈ 114) hari dan diperoleh 2 lintasan kritis, yaitu:

- Lintasan kritis-1 : A – B2 – B5 – C9 – C7, dan
- Lintasan kritis-2 : A – B2 – B7 – B9 – C7.



Gambar 2. Diagram jaringan kerja proyek kontruksi rumah tinggal bertingkat type 72

Untuk mengetahui berapa persen probabilitas selesainya pembangun rumah tersebut sesuai dengan waktu yang diharapkan, dilakukan perhitungan nilai probabilitas. Untuk kedua lintasan kritis tersebut diperoleh hasil sebagai berikut:

- Lintasan kritis-1 (A – B2 – B5 – C9 – C7)

Tabel 4. Standar Deviasi Lintasan Kritis-1

Item Kegiatan	Simbol	Waktu Optimis (ta) (hari)	Waktu Pesimis (tb) (hari)	Deviasi Standar (σ_k)
Pekerjaan Pendahuluan	A	14	17	0,5
Pekerjaan Pondasi/Beton	B2	31	43	2
Pekerjaan Pintu & Jendela	B5	19	23	0,67
Pekerjaan Sanitair	C9	17	25	1,33
Pengerjaan Pengecatan	C7	17	26	1,5
Standard Deviasi Proyek (σ_p)	$\sigma_p = \sqrt{\sum \sigma_k^2} = 2,95$			

Dari tabel 4 di atas diperoleh nilai standar deviasi proyek (σ_p) = 2,95. Dari sifat kurva distribusi normal dimana 99,7 % area berada dalam interval ($te \pm 3\sigma_p$), maka kurun waktu penyelesaian proyek adalah $114 \pm 3(2,95)$ hari. Perkiraan penyelesaian proyek paling cepat adalah $114 - 3(2,95) = 105,15$ hari ≈ 106 hari. Dan perkiraan penyelesaian proyek paling lambat adalah $114 + 3(2,95) = 122,85$ hari ≈ 123 hari. Jika dalam hal ini target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling cepat, maka probabilitas proyek dapat selesai dalam waktu $X = 106$ hari adalah: $Z = -2,71$. Dari tabel distribusi normal diperoleh untuk $Z = -2,71$ didapat luas dibawah kurva untuk $X \leq 106$ adalah = 0,0034. Artinya probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 106 hari adalah = 0,34%. Sedangkan bila target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling lambat, maka probabilitas proyek dapat selesai dalam waktu $X = 123$ hari adalah: $Z = 3,27$. Dari tabel distribusi normal diperoleh untuk $Z = 3,27$ didapat luas dibawah kurva untuk $X \leq 123$ adalah = 0,9995. Artinya probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 123 hari adalah = 99,95%.

-Lintasan kritis-2 (A – B2 – B7 – B9 – C7)

Tabel 5. Standar Deviasi dan Varians Lintasan kritis-2

Item Kegiatan	Simbol	Waktu Optimis (ta) (hari)	Waktu Pesimis (tb) (hari)	Deviasi Standar (σ_k)
Pekerjaan Pendahuluan	A	14	17	0,5
Pekerjaan Pondasi/Beton	B2	31	43	2
Pekerjaan Pintu & Jendela	B7	17	26	1,5
Pekerjaan Sanitair	B9	18	24	1,0
Pengerjaan Pengecatan	C7	17	26	1,5
Standard Deviasi Proyek (σ_p)	$\sigma_p = \sqrt{\sum \sigma_k^2} = 3,12$			

Dari tabel-5 diatas diperoleh nilai standar deviasi proyek (σ_p) = 3,12. Dari sifat kurva distribusi normal dimana 99,7 % area berada dalam interval ($te \pm 3\sigma_p$), maka kurun waktu penyelesaian proyek adalah $114 \pm 3(3,12)$ hari. Perkiraan penyelesaian proyek paling cepat adalah $114 - 3(3,12) = 104,64$ hari ≈ 105 hari. Dan perkiraan penyelesaian proyek paling lambat adalah $114 + 3(3,12) = 123,36$ hari ≈ 124 hari. Jika dalam hal ini target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling cepat, maka probabilitas proyek dapat selesai dalam waktu $X = 105$ hari adalah: $Z = -2,88$. Dari tabel distribusi normal diperoleh untuk $Z = -2,88$ didapat luas dibawah kurva untuk $X \leq 105$ adalah = 0,0020. Artinya probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 105 hari adalah = 0,20%. Sedangkan bila target yang ingin dicapai adalah kurun waktu yang paling lambat, maka probabilitas proyek dapat selesai dalam waktu $X = 124$ hari adalah: $Z = 3,21$. Dari tabel distribusi normal diperoleh untuk $Z = 3,21$ didapat luas dibawah kurva untuk $X \leq 124$ adalah = 0,9993. Artinya probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 124 hari adalah = 99,93%.

Sedangkan probailitas selesainya proyek sesuai dengan waktu kritisnya (114 hari, $Z = 0$), adalah 50% (dari tabel distribusi normal). Dengan demikian pihak kontraktor memiliki rentang waktu penyelesaian pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72 yang realistis antara 114 hari sampai dengan 124 hari. Dengan tingkat probabilitas penyelesaiannya antara 50% sampai dengan 99,9%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dari hasil pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara sistematis berdasarkan diagram jaringan kerja proyek pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72 dapat diselesaikan dalam waktu 113,34 hari \approx 114 hari.
2. Dari diagram jaringan kerja proyek didapat 2 (dua) lintasan kritis, yaitu lintasan kritis-1: kegiatan A - B2 - B5 - C9 - C7 dan lintasan kritis-2: kegiatan A - B2 - B7 - B9 - C7.
3. Dari lintasan kritis-1 probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 106 hari adalah = 0,34% dan probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 123 hari adalah = 99,95%. Sedangkan menurut lintasan kritis-2 probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 105 hari adalah = 0,20% dan probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 124 hari adalah = 99,93%.
4. Rentang waktu realistis selesainya pembangunan rumah tinggal bertingkat type 72 adalah antara 114 hari sampai dengan 124 hari, dengan tingkat probabilitas penyelesaiannya antara 50% sampai dengan 99,9%.

5. SARAN

Berdasarkan uraian yang dibahas pada penelitian ini penulis mengemukakan beberapa saran, antara lain:

1. Untuk mendapatkan hasil perencanaan yang baik urutan setiap kegiatan haruslah direncanakan dengan sangat baik. Apabila terdapat pekerjaan yang dapat dimulai secara bersamaan dengan pekerjaan lainnya, maka hendaknya pelaksanaan pekerjaan tersebut dibuat parallel. Sehingga waktu penyelesaian proyek menjadi lebih singkat.
2. Perkiraan waktu penyelesaian suatu proyek tidak terlepas dari tingkat pemakaian sumber daya, misalnya biaya. Oleh karena itu disarankan untuk selanjutnya dilakukan pembahasan yang berkaitan dengan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agyei, W., 2015, Project Planning And Scheduling Using PERT And CPM Techniques With Linear Programming: Case Study, *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol 4, no 8, hal 222-227.
- [2] Budi, 2009, *Manajemen Proyek: Konsep dan Implementasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [3] Christian, C., Cefiro, C., & Sentosa, L., 2013, *Studi Kasus Penerapan Metode Pert Pada Proyek Gudang X*, Doctoral dissertation, Petra Christian University.
- [4] Chatwal, S., 2014, Application of Project Scheduling in a Bottling Unit Startup Using PERT and CPM Techniques, *International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Science*, vol 3, no 6.
- [5] Hamdan, D. H., & Kadar, N., 2014, *Manajemen Proyek*, Pustaka Setia, Bandung.
- [6] Caesaron, D., & Thio, A., 2017, Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No. 20 Glodok), *Jiems Journal of Industrial Engineering and Management Systems*, vol 8, no 2.
- [7] Wulfram, E., 2002, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi, Yogyakarta.
- [8] Ali. H., Tubagus., 1989, *Prinsip-Prinsip Network Planning*, Gramedia, Jakarta.
- [9] Maranresy, P., Sompie, B. F., & Pratasias, P., 2015, Sistem Pengendalian Waktu Pada Pekerjaan Konstruksi Jalan Raya Dengan Menggunakan Metode CPM, *Jurnal Sipil Statik*, vol 3, no 1, hal 8-15.
- [12] Nurhayati., 2010, *Manajemen Proyek*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

- [13] Soeharto, I., 2001, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- [14] Sugiyarto, S., Qomariyah, S., & Hamzah, F., 2013, Analisis Network Planning dengan CPM (Critical Path Method) dalam Rangka Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek, *Matriks Teknik Sipil*, vol 1, no 4, hal 408.

Perbandingan Teknik Klasifikasi Untuk Memprediksi Kualitas Kinerja Karyawan

Hijrah*¹, Mukhlizar*², T.M. Azis Pandria*³

¹Jurusan Dakwah dan Komunikasi Penyiaran Islam, STAIN Teungku Dirundeng, Meulaboh

²Jurusan Tarbiyah, STAIN Teungku Dirundeng, Meulaboh

³Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

e-mail: *¹hijrah@staindirundeng.ac.id, *²mukhlizar@staindirundeng.ac.id,

*³azispandria@utu.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan beberapa teknik klasifikasi yang digunakan untuk menentukan kualitas kinerja karyawan. kualitas kinerja karyawan sangat berpengaruh terhadap perkembangan sebuah perusahaan, ada banyak atribut yang digunakan sebagai pengukur kinerja karyawan semakin banyak atribut yang digunakan maka akan semakin baik hasil dari kualitas penilaian yang dilakukan. untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal maka dilakukan perbandingan teknik klasifikasi, perbandingan dilakukan dengan melihat hasil kinerja dari metode yang digunakan. metode yang digunakan algoritma C4.5, Naive Bayes, dan k-nearest neighbors, metode yang akan digunakan tersebut akan dilakukan pengujian menggunakan alat rapid miner

Kata kunci – Kinerja Karyawan, Atribut, Metode Klasifikasi, Rapid Miner

Abstract

This study was conducted to compare several classification techniques used to determine the quality of employee performance. the quality of employee performance is very influential on the development of a company, there are many attributes that are used as a measure of employee performance the more attributes used then the better the results of the quality of assessment performed. to get maximum result hence done by comparison of technique of classification, comparison done by seeing result of performance of method used. method used by algorithm C4.5, Naive Bayes, and k-nearest neighbors, method to be used will be tested using tool rapid miner

Keyword – Employee Performance, Attributes, Classification Method, Rapid Miner

1. PENDAHULUAN

Kinerja perusahaan sangat bergantung pada kinerja setiap individunya, setiap individu karyawan maupun kelompok akan memberikan kekuatan pada kinerja perusahaan sebab motivasi yang diperoleh akan berpengaruh terhadap kinerja perusahaan [1]. Pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan serta penerapan metode data mining, Metode *Data mining* dibutuhkan karena adanya sejumlah data yang besar, data yang besar tersebut digunakan agar diperoleh informasi dan pengetahuan yang berguna sehingga menghasilkan penilaian kinerja karyawan yang bersifat obyektif [2]. Sebelum dilakukan penerapan dengan metode *data mining* pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap beberapa metode tersebut, pengujian dilakukan sebagai pembuktian bahwa metode yang diterapkan adalah metode yang lebih baik atau lebih tepat pada penelitian ini metode *data mining* yang akan dilakukan pengujian adalah algoritma C4.5, Naive Bayes, dan k-nearest neighbors.

Tinjauan studi yang dilakukan pada penelitian ini menyimpulkan bahwa algoritma C4.5 yang diterapkan dalam proses penilaian kinerja karyawan selama ini nilai akurasi yang diperoleh

mencapai 90 % dan termasuk sebagai *excellent classification* akan tetapi dari penelitian tersebut atribut yang digunakan untuk dilakukan pengujian hanya terdiri dari beberapa atribut saja, Dengan menggunakan atribut yang lebih banyak maka hasil yang diperoleh bisa lebih baik oleh sebab itu penelitian ini dilakukan dengan atribut yang lebih banyak sehingga memungkinkan nilai akurasi tersebut berubah jika digunakan pada kriteria atau atribut yang lebih banyak. proses pembuktian akurasi tersebut dilakukan dengan mencari nilai gain information dari setiap metode data mining.

2. METODE PENELITIAN

Penilaian kinerja karyawan dilakukan untuk memberikan informasi yang berkaitan dengan pekerjaan karyawan [3]. penilaian kinerja karyawan menggunakan bobot skala sebagai berikut:

Tabel 1. Skala Penilaian Kinerja Karyawan [4].

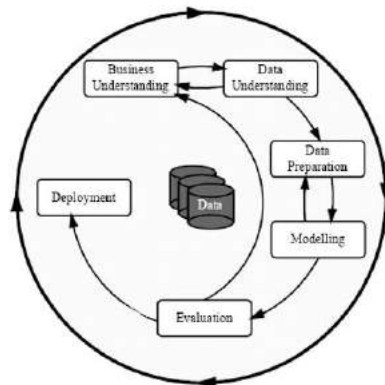
Skala Penilaian	Keterangan
1	Tidak memuaskan/Sangat Jelek
2	Perlu perbaikan/Jelek
3	Memenuhi harapan/Cukup
4	Melebihi harapan/Baik
5	Luar biasa/Amat baik

Penilaian bobot akan dikalikan dengan setiap kriteria, setiap kriteria akan dibagi dengan total nilai yang diperoleh sehingga keseluruhan penilaian dapat dinilai dari skala penilaian berikut:

Tabel 2. Skala Nilai Total Dalam Interval [4]

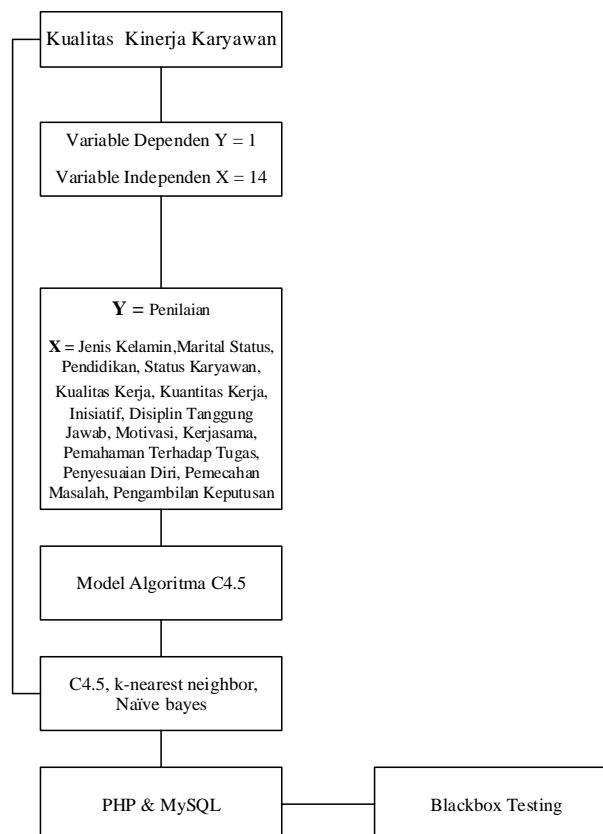
No	Skala Nilai	Kategori	Interval Nilai
1	A	Kinerja Sangat Tinggi	$4,20 < n \leq 5,00$
2	B	Kinerja Tinggi	$3,40 < n \leq 4,20$
3	C	Kinerja Sesuai Standar	$2,60 < n \leq 3,40$
4	D	Kinerja Rendah	$1,80 < n \leq 2,60$
5	E	Kinerja Tidak Efektif	$1 < n \leq 1,80$

Semakin berkembangnya penerapan *data mining* maka kelompok analis *data mining* yakni DaimlerChrysler, SPSS dan NCR bergabung untuk membangun *Cross-Industry Standard Process For Data mining* (CRISP-DM), kelompok tersebut membuat sebuah model proses *data mining* yang netral terhadap jenis industri, *tools*, dan aplikasi [5].



Gambar 1. Model Proses CRISP-DM [5].

Metodologi CRISP-DM merupakan standarisasi *data mining* yang digagas oleh Daimler Chrysler (Daimler-Benz), SPSS (ISL) yang selanjutnya dikembangkan pada berbagai workshop (antara 1997-1999), NCR [6]. pada penelitian ini juga diterapkan metodologi tersebut dengan tahap - tahap yang dilakukan sebagai berikut :



Gambar 2. Metodologi Penerapan CRISP-DM

Pada penelitian ini digunakan metode penelitian kuantitatif, penelitian tersebut merupakan penelitian yang menggunakan desain eksplanasi, dimana objek penelitiannya digunakan untuk menguji antar variable yang dihipotesiskan, adapun pada penelitian tersebut

hipotesis akan diuji kebenarannya [7]. Dalam proses penerapan mining C4.5, maka proses yang dilakukan adalah sebagai berikut :

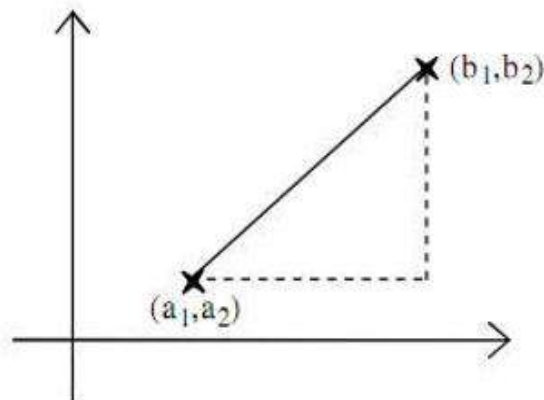
1. Hitung frekuensi kemunculan masing-masing nilai atribut pada data survey
2. Hitung nilai Entropy dari masing-masing nilai atribut
3. Hitung nilai Information Gain dengan menggunakan nilai Entropy yang telah dihitung sebelumnya.
4. Hitung nilai Split Info dari tiap atribut
5. Hitung nilai Gain Ratio menggunakan nilai Information Gain dan Split Info.
6. Ambil nilai Gain Ratio terbesar dan jadikan simpul akar.
7. Hilangkan atribut yang dipilih sebelumnya dan ulangi perhitungan nilai Entropy, Information Gain, Split Info dan Gain Ratio dengan memilih Gain Ratio terbesar dan dijadikan simpul internal pohon.
8. Ulangi perhitungan tersebut hingga semua atribut pohon memiliki kelas.
9. Jika semua pohon sudah memiliki kelas, maka tampilkan pohon keputusan awal dan *generate* aturan keputusan awal.

Naive bayes adalah klasifikasi probabilitas yang sesuai dengan teorema bayes dimana metode pada naive bayes menganggap bahwasanya efek dari nilai atribut pada kelas tertentu independen dari nilai - nilai atribut lainnya [8]. Naive bayes memiliki kemampuan klasifikasi yang sama dengan *decison tree* dan *neural network* dalam tingkat akurasi dan kecepatan yang tinggi pada saat diaplikasikan ke dalam database. Bayesian Classification merupakan statistik yang digunakan untuk memprediksi probabilitas keanggotaan suatu class dimana bentuk umum yang digunakan adalah sebagai berikut [2]:

$$P(H | X) = \frac{P(X | H)P(H)}{P(X)} \dots\dots\dots(1)$$

- X = Data dengan class yang belum diketahui
- H = Hipotesis data X merupakan suatu class spesifik
- P(H|X) = Probabilitas hipotesis H berdasarkan kondisi X
- P(H) = Probabilitas hipotesis H
- P(X|H) = Probabilitas X berdasarkan kondisi tersebut
- P(X) = Probabilitas dari X

Dalam pengklasifikasiannya pengujian pada KNN dilakukan dengan memberikan nilai K dimana nilai yang terbaik diperoleh dengan menggunakan pada validasi silang [9]. k-nearest neighbors dapat dimodifikasi untuk melakukan atribut yang bersifat kategorikal. *Atribut continue* pada jarak terdekat akan digunakan rumus jarak euclidean berikut adalah contoh jarak Euclidean [2]:



Gambar 3. Contoh jarak Euclidean [2].

Pada jarak euclidean antara titik (a_1, a_2, \dots, a_n) dan (b_1, b_2, \dots, b_n) pada ruang dimensi merupakan generalisasi dari dua hasil jarak Euclidean, sehingga dapat diberikan rumus sebagai berikut : $\sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2}$

Confusion matrix merupakan sebuah metode evaluasi yang menggunakan tabel sebagai berikut :

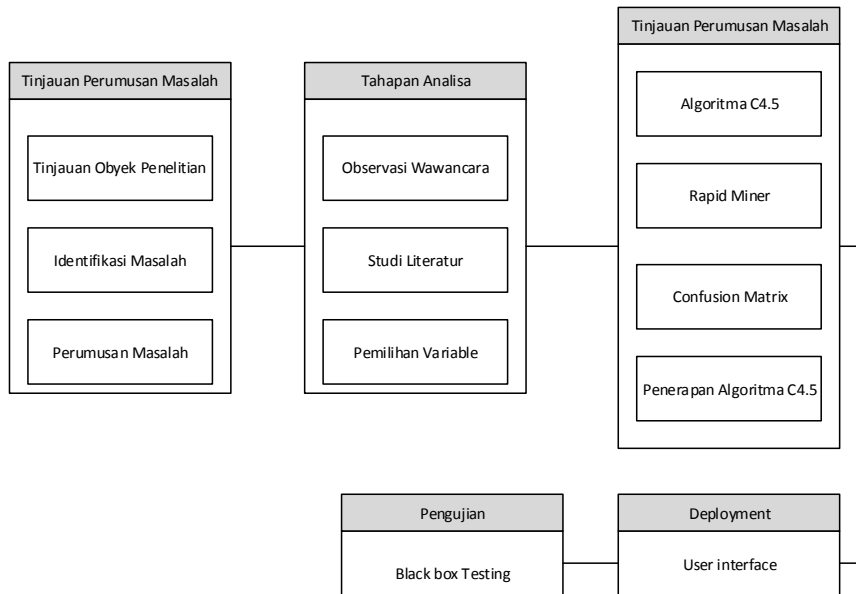
Tabel 3. Model Confusion Matrix [10].

<i>Correct Classification</i>	<i>Classified as</i>	
	+	-
+	<i>True positives</i>	<i>False negatives</i>
-	<i>False positives</i>	<i>True negatives</i>

Pada tabel tersebut dijelaskan bahwa dataset memiliki dua kelas yakni kelas positif dan kelas negatif, dengan penggunaan tabel tersebut nantinya akan diperoleh nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall*. Nilai *Accuracy* adalah nilai yang mempresentasikan jumlah record data yang akan dilakukan pengklasifikasian secara benar oleh algoritma, nilai *precision* adalah nilai yang diperoleh dari jumlah kasus yang diprediksi dengan positif, dan nilai *recall* adalah proporsi dari sejumlah kasus positif yang diprediksi secara benar.

Pengujian pada penelitian ini menggunakan dua *tools data mining* adapun salah satu *tools* tersebut adalah rapid miner. Rapid miner merupakan perangkat lunak yang digunakan pada ilmu pengetahuan dan dikembangkan oleh perusahaan yang bergerak dalam pembelajaran mesin, penambangan teks, serta proses analisis dan prediktif [11]. Rapid miner merupakan platform analisis prediktif yang open source, pada rapid miner disediakan kemudahan dalam mengimport data dan mengevaluasi model dalam peramalan [12]. Rapid miner dapat membaca inputan sampai tiga angka di belakang koma sehingga menjelaskan bahwa rapid miner lebih teliti dimana hasil perhitungan pada rapid miner menghasilkan dua aturan asosiasi [13].

Berikut adalah bagan atau alur proses yang dilakukan untuk mencapai tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini :



Gambar 4. Langkah-langkah Penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum digunakan setiap data akan memiliki kelas binominal atau polynominal sesuai aturan yang telah dibuat serta berdasarkan nilai datanya.

Tabel 4. Pembagian Variable dan Kelas Data.

Variable	Nama <i>Field</i>	Jenis Kelas Data	Kelas Data Yang Digunakan
Y	Penilaian	Binominal	Efektif, Tidak Efektif
X1	Jenis Kelamin	Binominal	Male, Female
X2	Marital Status	Binominal	Menikah, Belum Menikah
X3	Pendidikan	Polynomial	SMA, D3, S1, S2
X4	Status Karyawan	Polynomial	Tetap, Kontrak, Outsourcing
X5	Kualitas Kerja	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X6	Kuantitas Kerja	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X7	Inisiatif	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X8	Disiplin	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X9	Tanggung Jawab	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X10	Motivasi	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X11	Kerjasama	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X12	Pemahaman Terhadap Tugas	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X13	Penyesuaian Diri	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X14	Pemecahan Masalah	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik
X15	Pengambilan Keputusan	Polynomial	Sangat Jelek, Jelek, Cukup, Baik, Sangat Baik

Pada tahap penelitian ini dilakukan perhitungan manual menggunakan C4.5 dengan 170 sample data, adapun langkah – langkah klasifikasi data tersebut dengan menggunakan algoritma C4.5 sebagai berikut :

1. Data training dibutuhkan, adapun data yang digunakan adalah 170 sample data training
2. Setelah data disiapkan, maka dilakukan proses penghitungan jumlah data karyawan yang efektif dan tidak efektif berdasarkan nilai atribut
3. Setelah melakukan proses penghitungan tersebut, maka dilakukan penghitungan nilai entropy total dimana diketahui pada proses penghitungan sebelumnya jumlah karyawan yang efektif berjumlah 154 dan karyawan yang tidak efektif berjumlah 16

$$Entropy (S) = \sum_{i=1}^n - p_i \cdot \log_2 p_i \dots\dots\dots (2)$$

$$= (-154/170) * \log_2(154/170) + (-16/170) * \log_2(16/170) = 0.2495$$

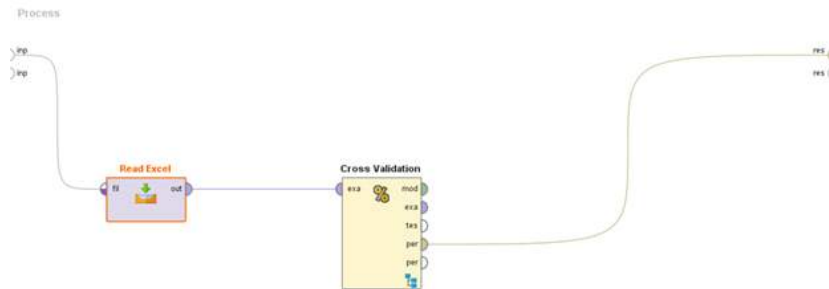
4. Setelah dilakukan penghitungan nilai entropy, maka dilakukan juga penghitungan nilai gain untuk masing – masing atribut sehingga diperoleh nilai gain tertinggi nantinya. Perhitungan nilai gain dilakukan untuk menentukan atribut dengan nilai gain tertinggi guna menjadikan atribut tersebut akar. Berikut adalah contoh salah satu atribut yang dilakukan penghitungan nilai gain nya

$$Entropy (S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * Entropy (S_i) \dots\dots\dots (3)$$

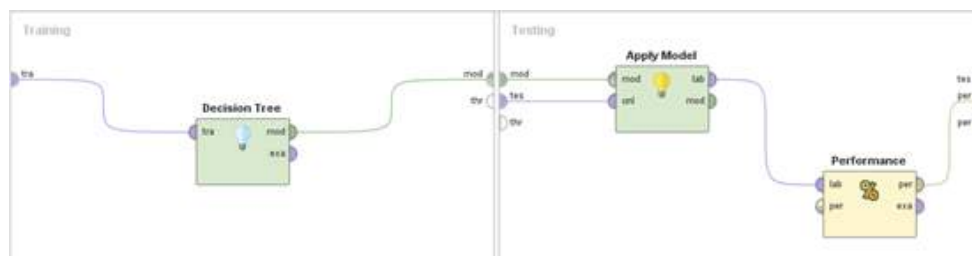
$$= 0,2495 - ((140/170 * 0,2432) + (30/170 * 0,2814)) = 0.003499$$

Untuk memperoleh nilai gain tertinggi dimana nilai gain yang diperoleh akan dijadikan sebagai akar maka harus ditentukan oleh hasil perhitungan nilai entropy dan gain dari semua atribut

Dengan data *training* yang sudah disiapkan ke dalam *confusion matrix* maka pengujian pertama sekali dilakukan dengan mencari nilai confusion matrix yang diperoleh dari tools rapid miner. tahapan dalam memperoleh nilai tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 5. Proses design dan import data dengan tools Rapid Miner.



Gambar 6. Design cross validation dan metode yang digunakan.

Berikut adalah hasil perhitungan confusion matrix untuk mencari nilai *Accuracy*, *precision* dan *recall* dari metode C4.5, Naïve Bayesian dan k-nearest neighbors :

Tabel 5. Nilai *Accuracy*, *Precision*, dan *Recall* untuk C4.5

	<i>True</i> Tidak Efektif	<i>True</i> Efektif
<i>pred</i> Tidak Efektif	9	7
<i>pred</i> Efektif	7	147

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = \frac{147+9}{147+9+7+7} = \frac{156}{170} = 0,9176 = 91,76\%$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)} = \frac{147}{147+7} = \frac{147}{154} = 0,9545 = 95,45\%$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} = \frac{147}{147+7} = \frac{147}{154} = 0,9545 = 95,45\%$$

Tabel 6. Nilai *Accuracy*, *Precision*, dan *Recall* untuk Naive Bayes.

	<i>True</i> Tidak Efektif	<i>True</i> Efektif
<i>pred</i> Tidak Efektif	9	11
<i>pred</i> Efektif	7	143

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = \frac{143+9}{143+9+11+7} = \frac{152}{170} = 0,8941 = 89,41\%$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)} = \frac{143}{143+11} = \frac{143}{154} = 0,9285 = 92,85\%$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} = \frac{143}{143+7} = \frac{143}{150} = 0,9533 = 95,33\%$$

Tabel 7. Nilai *Accuracy*, *Precision*, dan *Recall* untuk k-nearest neighbors.

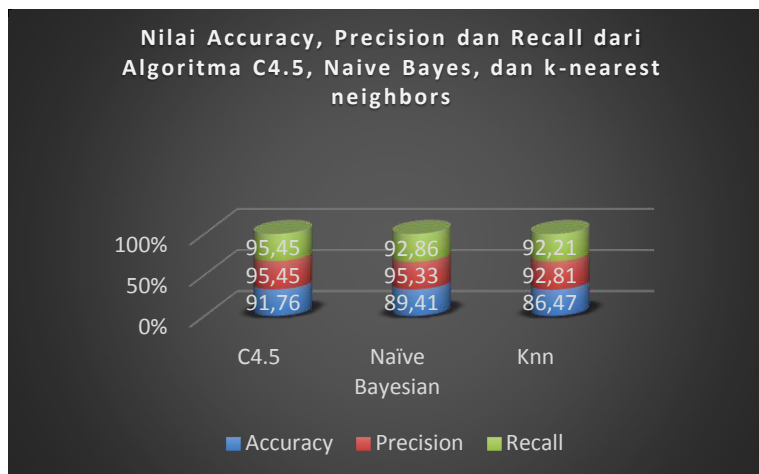
	<i>True Tidak Efektif</i>	<i>True Efektif</i>
<i>pred Tidak Efektif</i>	5	12
<i>pred Efektif</i>	11	142

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} = \frac{142+5}{142+5+12+11} = \frac{147}{170} = 0,8647 = 86,47\%$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)} = \frac{142}{142+12} = \frac{142}{154} = 0,9220 = 92,21\%$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)} = \frac{142}{142+11} = \frac{142}{153} = 0,9281 = 92,81\%$$

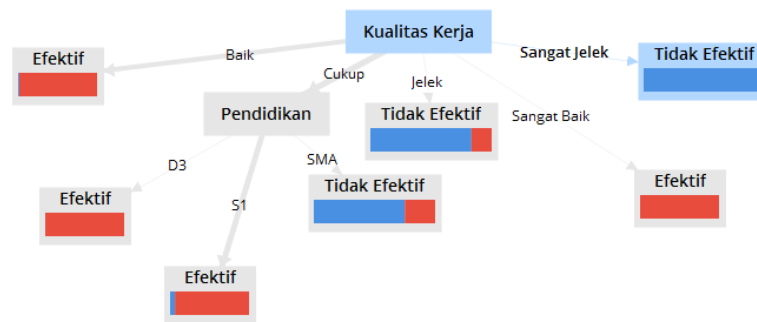
Berdasarkan perhitungan nilai yang diperoleh diatas maka nilai dari masing - masing metode dapat dilihat pada grafik di bawah ini sebagai gambaran perbandingan nilai dari ketiga metode tersebut.



Gambar 7. Grafik Nilai *Accuracy*, *Precision* dan *Recall*

Sistem rekomendasi akan dianggap baik jika nilai *precision* dan *recall*nya tinggi, pada diagram di atas diketahui bahwa yang memiliki nilai *recall* dan nilai *Precision* yang paling tinggi adalah algoritma C4.5 tidak hanya nilai *Precision* dan *recall*nya bahkan untuk nilai akurasi C4.5 lebih tinggi dibandingkan kedua algoritma tersebut [14]. Akurasi dalam klasifikasi adalah persentase ketepatan record data yang diklasifikasikan secara benar setelah dilakukan pengujian pada hasil klasifikasi.

Pohon keputusan yang terbentuk dari algoritma C4.5 yang telah diketahui information gain nya dapat dilihat pada gambar 8, dari pohon keputusan tersebut akan membentuk aturan yang dapat diterapkan



Gambar 8. Gambar pohon keputusan.

Dari pohon keputusan yang telah dibuat maka aturan yang akan diterapkan adalah sebagai berikut:

- Kualitas Kerja = Baik: Efektif {Tidak Efektif=1, Efektif=68}
- Kualitas Kerja = Cukup
 - | Pendidikan = D3: Efektif {Tidak Efektif=0, Efektif=2}
 - | Pendidikan = S1: Efektif {Tidak Efektif=5, Efektif=76}
 - | Pendidikan = SMA: Tidak Efektif {Tidak Efektif=3, Efektif=1}
- Kualitas Kerja = Jelek: Tidak Efektif {Tidak Efektif=5, Efektif=1}
- Kualitas Kerja = Sangat Baik: Efektif {Tidak Efektif=0, Efektif=6}
- Kualitas Kerja = Sangat Jelek: Tidak Efektif {Tidak Efektif=2, Efektif=0}

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan menggunakan data testing, perhitungan dilakukan untuk memperoleh nilai akurasi. Pada aplikasi, data testing dilakukan dengan mempartisi data yang ada di dalam system. proses partisi data dilakukan dengan random. Berikut proses partisi data yang dimaksud :

Tabel 8. Partisi Data Testing

Status Data	Data Training	Data Testing
Ya (154 Data)	92	62
Tidak (16 Data)	10	6
170 Data	102 Data	68 Data

Dari proses partisi data sebesar 60 % maka diperoleh 68 data testing, dimana setelah dilakukan proses penyesuaian data maka di peroleh 8 data yang tidak sesuai dan ada 60 data yang sesuai. Langkah selanjutnya dilakukan proses pencarian nilai *Accuracy* dan error rate sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{Jumlah\ Pengujian\ Benar}{Jumlah\ Pengujian} = \frac{60}{68} = 0,8823 = 88,23\%$$

$$Error\ rate = \frac{Jumlah\ Pengujian\ Salah}{Jumlah\ Pengujian} = \frac{8}{68} = 0,1176 = 11,76\%$$

4. KESIMPULAN

Dari hasil proses penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa algoritma C4.5 memiliki kinerja (*precision*, *recall*, dan *Accuracy*) yang lebih baik dibandingkan dengan Naive Bayes, dari k-nearest neighbors sehingga penilaian kinerja karyawan dengan studi kasus pada penelitian ini dapat dianggap baik. Nilai *precision* dan *recall* yang diperoleh 95,45%, sedangkan untuk *Accuracy* 91,76%. Berdasarkan nilai kinerja tersebut maka penelitian ini bisa dikatakan lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya karena atribut yang digunakan lebih banyak dan nilai kinerja yang diperoleh di atas 90 %

5. SARAN

Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan metode klasifikasi yang berbeda atau menambahkan jumlah metodenya, serta dapat juga memanfaatkan aplikasi pengujian selain aplikasi rapid miner.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan sahabat yang telah memberi dukungan moril terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brahmasari, I. A., & Suprayetno, A., 2008, Pengaruh motivasi kerja, kepemimpinan dan budaya organisasi terhadap kepuasan kerja karyawan serta dampaknya pada kinerja perusahaan (Studi kasus pada PT. Pei Hai International Wiratama Indonesia), *Jurnal Manajemen dan kewirausahaan*, vol 10, no 2, hal 124-135.
- [2] Jananto, A., 2013, Algoritma Naive Bayes untuk Mencari Perkiraan Waktu Studi Mahasiswa, *Dinamik*, vol 18, no 1, hal 9-16.
- [3] Astuti, D. A. L. W., 2006, Penciptaan sistem penilaian kinerja yang efektif dengan assessment centre, *Jurnal Manajemen Maranatha*, vol 6, no 1, hal 23-34.
- [4] Sylvia, T., Hidayat, A., & Putri, S. A., 2013, Penilaian Kinerja Karyawan Bagian Personalial Berdasarkan Kompetensi dengan Menggunakan Metode Analytic Network Process (ANP) dan Rating Scale, *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, vol 2, no 2.
- [5] Rahmayuni, I., 2014, Perbandingan Performansi Algoritma C4.5 Dan Cart dalam Klasifikasi Data Nilai Mahasiswa Prodi Teknik Komputer Politeknik Negeri Padang, *Jurnal TeknoIf*, vol 2, no 1.
- [6] Fadillah, A. P., 2015, Penerapan Metode CRISP-DM untuk Prediksi Kelulusan Studi Mahasiswa Menempuh Mata Kuliah (Studi Kasus Universitas XYZ), *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, vol 1, no, 3, hal 260-269.
- [7] Mulyadi, M., 2011, Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif serta Pemikiran Dasar Menggabungkannya, *Jurnal Studi Komunikasi dan Media*, vol 15, no 1, hal 127-138.
- [8] Fatmawati., 2016, Perbandingan Algoritma Klasifikasi *Data mining* Model C4.5 dan Naive Bayes untuk Prediksi Penyakit Diabetes, *Jurnal Techno Nusa Mandiri*, vol 13, no 1, hal 50-59.
- [9] Prahudaya, T. Y., & Harjoko, A., 2017, Metode Klasifikasi Mutu Jambu Biji Menggunakan Knn Berdasarkan Fitur Warna Dan Tekstur, *Jurnal Teknosains*, vol 6, no 2, hal 113-123.

- [10] Andriani, A., 2013, Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Decision Tree Dalam Pemberian Beasiswa Studi Kasus: Amik “Bsi Yogyakarta”, *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, vol 2013, hal 163-168.
- [11] Kori, A., 2017, Comparative Study of Data Classifiers Using Rapidminer, *IJEDR*, vol 5, no 2, hal 1041-1043.
- [12] Celik, U., & Basarir, C., 2017, The Prediction of Precious Metal Prices via Artificial Neural Network by Using RapidMiner, *Alphanumeric Journal*, vol 5, no 1, hal 45-45.
- [13] Retnosari, P., & Jananto, A., 2013, Implementasi *data mining* untuk menemukan hubungan antara kota kelahiran mahasiswa dengan tingkat kelulusan mahasiswa pada fakultas teknologi informasi unisbank, vol 5, no 2.
- [14] Mayadewi, P., & Rosely, E., 2015, Prediksi Nilai Proyek Akhir Mahasiswa Menggunakan Algoritma Klasifikasi Data Mining, *SESINDO 2015*.

Optimalisasi Pemanfaatan Khitosan Sebagai Pengawet Ikan Teri Kering (*Spratelloides Gracilis*)

Marlinda*¹, Rita Hartati²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar
e-mail: *¹marlinda@utu.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimum penggunaan khitosan pada ikan teri kering untuk menghasilkan pengawetan ikan teri kering yang lebih yang maksimal. Ikan teri yang digunakan adalah ikan teri basah sebanyak 300 gram dalam setiap sampel perlakuan. Sampel terbagi atas tiga bagian yaitu sampel 1 dengan penambahan khitosan masing-masing sebanyak 1%, 2% dan 3%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air masing-masing sebanyak 33,6%, 33,4% dan 32,8%. Sedangkan uji mikrobiologi menunjukkan bahwa penggunaan khitosan 3% pada ikan teri kering memiliki nilai TPC (*Total Plate Count*) memiliki nilai rata-rata lebih rendah daripada ikan teri kering dengan penggunaan khitosan sebanyak 1% dan 2%. Uji organoleptik yang lebih disukai adalah pada ikan teri yang menggunakan khitosan sebanyak 3% pada parameter warna, visual, aroma dan rasa. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan khitosan yang paling optimal sebagai pengawet dalam pembuatan ikan teri kering adalah sebanyak 3%.

Kata kunci - ikan teri kering, Khitosan, Total Plate Count

Abstract

*This study aimed to determine the optimum concentration of the use of chitosan in dried anchovies to produce maximum preserved dried anchovies. The anchovies used were 300 grams of wet anchovies in each treatment sampel. The sampel is divided into three parts, namely sampel 1 with the addition of chitosan each of 1%, 2% and 3%. The results showed that the water content were 33,6%, 33,4% and 32,8% respectively. While the microbiological test showed that the use of chitosan 3% in dried anchovies has a TPC (*Total Plate Count*) value has an average value lower than dried anchovies with the use of chitosan as much as 1% and 2%. The preferred organoleptic test is dried anchovies which uses chitosan as much as 3% in the parameter of color, visual, aroma and taste. The Results of the study concluded that the most optimal use of chitosan as preservative in the production of dried anchovies was 3%.*

Keywords - Dried Anchovy, Chitosan, Total Plate Count

1. PENDAHULUAN

Ikan merupakan sumber daya yang banyak terdapat di perairan Indonesia, salah satu jenisnya adalah ikan teri. Ikan teri termasuk dalam famili Engraulididae yang mempunyai banyak spesies. Ikan teri yang termasuk dalam kelompok ikan kecil yang menjadi sumber makanan utamanya adalah plankton, sehingga kelimpahannya sangat tergantung kepada faktor-faktor lingkungan. Apabila lingkungan tempat tumbuh ikan baik maka produksi ikan teri melimpah begitu pula sebaliknya. Ikan teri banyak ditangkap oleh nelayan karena mempunyai arti penting sebagai bahan makanan yang dapat dimanfaatkan sebagai ikan segar maupun ikan kering. Ikan teri berukuran kecil dan termasuk ikan yang rentan terhadap kerusakan (pembusukan), apabila dibiarkan cukup lama akan mengalami perubahan akibat pengaruh fisik,

kimiawi dan mikrobiologi. Oleh karena hal tersebut perlu dilakukan cara untuk mempertahankan daya awet tanpa harus menghilangkan kenikmatan dan unsur keamanannya.

Pengolahan ikan teri agar lebih awet perlu dilakukan agar ikan teri dapat tetap dikonsumsi dalam keadaan yang baik. Pada dasarnya pengawetan ikan teri bertujuan untuk mencegah bakteri pembusuk masuk ke dalam ikan teri. Nelayan biasanya memberi es sebagai pendingin agar memperpanjang masa simpan ikan teri sebelum sampai pada konsumen. Pengawetan ikan teri yang sering dilakukan yaitu dengan pengasinan. Ikan teri asin kurang digemari sebagian masyarakat karena mengandung garam. Garam merupakan sumber sodium utama dan faktor utama yang dapat mengakibatkan meningkatnya tekanan darah atau hipertensi [1].

Selain menggunakan garam sebagai pengawet yang dapat memperlama masa simpan ikan teri kering, banyak masyarakat yang nakal masih penggunaan bahan tambahan pangan lain sebagai pengawet yang tidak diijinkan untuk digunakan dalam makanan seperti formalin dan borak sebagai pengawet ikan teri kering yang membahayakan bagi kesehatan [2]. Penelitian yang pernah dilakukan di Jakarta dengan hasil tes laboratorium menunjukkan hasil positif untuk sebagian besar produk ikan asin dari Teluk Jakarta. Contoh ikan asin yang mengandung formalin diantaranya adalah teri asin kering (2,88 ppm) [3]. Maka untuk mengawetkan ikan teri perlu dicari bahan pengawet yang tidak membuat ikan teri kering menjadi asin dan tidak berbahaya bagi kesehatan. Salah satunya dengan menggunakan khitosan karena khitosan memiliki kemampuan dalam menekan pertumbuhan bakteri dan tidak beracun [4].

Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa khitosan merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan penambahan pangan yang berfungsi sebagai pengawet pada ikan [5]. Menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi dalam lama penyimpanan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap angka lempeng total ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) asin [6].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan teri yang populasinya diambil dari tempat pelelangan ikan (TPI) Meulaboh sebanyak 1 Kg. dan ikan teri yang digunakan sebagai sampel sebanyak 900 gram. Khitosan Serbuk sebanyak 10 gram, minyak goreng 1 Liter dan aquades (H_2O). Sedangkan alat-alat yang digunakan berupa timbangan, baskom, kain kasa, alat penggorengan, oven, cawan petri, desikator, *quebec colony counter* serta alat gelas lainnya.

2.2 Prosedur Penelitian

Ikan teri segar yang digunakan sebanyak 900 gram dicuci dan ditimbang dan dibagi menjadi 3 bagian masing-masing sebanyak 300 gram. Masing-masing sampel dibedakan dengan tiga perlakuan. Masing-masing sampel direndam dengan larutan khitosan selama 5 menit dengan perbedaan perlakuan sebagai berikut: perlakuan satu direndam dalam larutan khitosan sebanyak 1%, Perlakuan dua direndam dalam larutan khitosan sebanyak 2% dan perlakuan ketiga direndam dalam larutan khitosan sebanyak 3%. Kemudian ketiga sampel dikeringkan dibawah sinar matahari sampai kering kira-kira selama 2 hari. Kemudian ikan teri disimpan dalam wadah yang ditutup kain kasa selama 50 hari.

Pada penentuan kadar air menggunakan metode oven. Prosedurnya sebagai berikut: cawan kosong dikeringkan selama 15 menit atau sampai diperoleh berat tetap. Kemudian didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang. Diambil sampel sebanyak 2 gram diletakkan dalam cawan kemudian dipanaskan dalam oven selama 3 jam pada suhu 105-110°C.

Cawan kemudian didinginkan dalam desikator dan setelah dingin ditimbang kembali. Persentase kadar air (bobot kering) dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{B1-B2}{B} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- B = Berat Sampel (g)
- B1 = Berat (sampel + cawan) sebelum dikeringkan (g)
- B2 = Berat (sampel + cawan) setelah dikeringkan (g)

Uji mikrobiologi dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Masing-masing sampel diambil sebanyak 1 gram lalu dimasukkan kedalam 10 mL aquades lalu diaduk sampai rata. Kemudian diencerkan lagi dengan pengenceran aquades 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} sampai pengenceran 10^{-10} . Diambil 1 mL hasil pengenceran terakhir dan dimasukkan ke dalam cawan petri. Kemudian ditambahkan media *Plate Count Agar* (PCA) 20 L dan dicampurkan hingga rata dengan menggoyang-goyangkan cawan petri. Kemudian didiamkan hingga padat lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam dengan posisi cawan petri terbalik. Lalu dihitung koloni mikroba dengan *Quebec colony counter*. Perhitungan jumlah mikroba menggunakan persamaan 2.

$$\text{Jumlah mikroba} = \text{jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{Faktor pengencer}} \quad (2)$$

- Keterangan: Jumlah koloni = jumlah rata-rata mikroba
- Faktor pengencer = Kebalikan pengencer

Uji organoleptik yang dilakukan meliputi uji visual, aroma, tekstur, warna dan rasa. Pengujian organoleptik dilakukan secara hedonic (berdasarkan tingkat kesukaan panelis) [7]. Pengamatan dengan uji organoleptik dilakukan oleh 5 orang panelis terhadap uji visual, warna, tekstur, aroma, dan rasa. Pada uji visual juga menggunakan kamera untuk memfoto sampel. Pengamatan dilakukan disetiap 10 hari lamanya penyimpanan sampel dan dilakukan berulang sampai penyimpanan sampel selama 50 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Kadar Air

Pengamatan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kadar air dari ketiga sampel diperoleh hasil yang berbeda yaitu pada perlakuan pertama dengan konsentrasi khitosan sebanyak 1% diperoleh jumlah kadar air sebanyak 33.6%, sedangkan pada penambahan khitosan sebanyak 2 persen sebanyak 33,4% dan pada penambahan khitosan sebanyak 3% menghasilkan kadar air sebanyak 32,8%. Selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Kadar Air pada Penelitian Ikan Teri Kering

Ikan teri yang diamati	Kadar air			Jumlah (%)	Rata-rata (%)
	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III		
Ikan teri yang diawetkan dengan khitosan 1%	32	35	34	101	33.6
Ikan teri yang diawetkan dengan khitosan 2%	32	34	34	100	33.3
Ikan teri yang diawetkan dengan khitosan 3%	33	32	33	98	32.6

Kadar air yang terdapat pada ikan teri kering dengan penggunaan khitosan sebanyak 3% menunjukkan angka terkecil dibandingkan yang penggunaan khitosan 2% dan 1%, hal ini diduga karena khitosan pada jumlah tertentu dapat menyebabkan kadar air pada ikan teri menjadi berkurang. Kadar air selama penyimpanan dipengaruhi juga oleh kelembaban udara, bahan pangan akan mengalami penguapan air jika kelembaban disekitar bahan pangan lebih rendah dari pada aktivitas airnya [8].

3.2 Uji Mikrobiologi

Penyebab utama kerusakan bahan pangan adalah miktoba, kegiatan enzim dan perubahan kimia. Kerusakan bahan pangan oleh mikroorganisme dapat menyebabkan makanan tersebut tidak layak dikonsumsi akibat penurunan mutu yang mengakibatkan makanan tersebut menjadi beracun. Hasil uji mikrobiologi selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Rata-rata Jumlah Mikroba pada Ikan Teri Kering Selama Penyimpanan

Lama Penyimpanan (hari)	Rata-rata Jumlah Koloni Mikroba (koloni/g)		
	Khitosan 1 %	Khitosan 1 %	Khitosan 1 %
10	$20,5 \times 10^6$	$11,5 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$
30	$19,5 \times 10^6$	$12,0 \times 10^6$	$7,5 \times 10^6$
50	$5,0 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$	$0,2 \times 10^6$

Pada hari ke-10, ikan teri kering dengan khitosan 1% terbentuk koloni sebanyak $20,5 \times 10^6$ koloni/g. Ikan teri kering yang menggunakan khitosan sebanyak 2% jumlah koloni yang terbentuk sebanyak $11,5 \times 10^6$ koloni/g, sedangkan pada perlakuan khitosan sebanyak 3% menunjukkan adanya jumlah koloni yang sedikit dari perlakuan yang lain yaitu sebanyak $2,5 \times 10^6$ koloni/g, hal ini menyatakan bahwa pada perhitungan waktu penyimpanan selama 10 hari menunjukkan perlakuan dengan menggunakan khitosan sebanyak 3% menghasilkan jumlah koloni mikroba yang lebih sedikit. Keunikan dari bahan pengawet ini adalah adanya gugus amino aktif yang mampu berikatan dengan mikrob [9]. Khitosan juga sering digunakan sebagai antibakterial karena rantai khitosan memiliki gugus amino dan gugus hidroksil untuk bereaksi [10].

Pada hari ke-30, pada ikan teri kering yang menggunakan khitosan sebanyak 1% terbentuk koloni sebanyak $19,5 \times 10^6$ koloni/g, walaupun ada terjadi pengurangan jumlah mikroba daripada hari ke-10 namun jumlah tersebut masih termasuk dalam jumlah yang banyak. Sementara ikan teri kering yang menggunakan khitosan sebanyak 2% jumlah koloni yang terbentuk sebanyak $12,0 \times 10^6$ koloni/g, sedangkan pada perlakuan khitosan sebanyak 3% menunjukkan adanya jumlah koloni yang sedikit dari perlakuan yang lain yaitu sebanyak $7,5 \times 10^6$ koloni/g, hal ini menyatakan bahwa pada perhitungan waktu penyimpanan selama 30 hari menunjukkan perlakuan dengan menggunakan khitosan sebanyak 3% menghasilkan jumlah koloni mikroba yang lebih sedikit. Khitosan memiliki kemampuan dalam menekan pertumbuhan bakteri, dimana khitosan memiliki sifat polikation bermuatan positif yang mampu menghambat laju pertumbuhan mikroba [11].

Pada hari ke-50, ikan teri kering dengan khitosan 1% terbentuk koloni sebanyak $5,0 \times 10^6$ koloni/g. Ikan teri kering yang menggunakan khitosan sebanyak 2% jumlah koloni yang terbentuk sebanyak $1,0 \times 10^6$ koloni/g, sedangkan pada perlakuan khitosan sebanyak 3% menunjukkan adanya jumlah koloni yang sedikit dari perlakuan yang lain yaitu sebanyak $0,2 \times 10^6$ koloni/g. Ketiga perlakuan mengalami penurunan yang sangat banyak pada jumlah koloni mikroba hal ini diduga akibat ikan teri ini sudah sangat kering sehingga menghentikan

aktivitas mikroba, seperti dikemukakan oleh Pelezar dan Chan (1998), pengeringan sangat mengurangi atau menghentikan aktivitas metabolik dan diikuti matinya sejumlah sel mikroba. Khitosan diduga memiliki kemampuan sebagai pelapis yang dapat menghambat pertumbuhan bahkan membunuh mikroba pada periode waktu tertentu. Pemakaian khitosan sebagai bahan anti mikroba jika diaplikasikan pada makanan tidak akan membunuh semua sel mikroba pada saat yang sama, melainkan sel-sel tersebut akan terbunuh dalam suatu periode waktu [12]. Namun demikian walaupun dengan adanya penambahan waktu penyimpanan ikan teri kering dapat membunuh sel mikroba tetapi dalam penelitian dapat dilihat masih ada terdapat sejumlah mikroba walaupun dalam jumlah yang sedikit hal ini diduga karena adanya penyerapan uap air di udara oleh ikan teri kering yang mengakibatkan ikan teri menjadi basah sehingga mikroba masih bisa tumbuh pada ikan teri kering. Bila kadar air bahan rendah sedangkan RH udara sekitarnya tinggi, maka akan terjadi penguapan uap air dari udara sehingga bahan menjadi basah atau kadar airnya menjadi lebih tinggi sehingga sel mikroba masih bisa tumbuh dan berkembang biak [8].

Hasil uji TPC (*Total Plate Count*) menunjukkan bahwa penggunaan khitosan 3% pada ikan teri kering memiliki nilai TPC (*Total Plate Count*) lebih rendah daripada ikan teri kering dengan penggunaan khitosan sebanyak 1% dan ikan teri kering dengan penggunaan khitosan sebanyak 2%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Hasil penelitian Suptijah et al (2008), menunjukkan bahwa pada konsentrasi khitosan 3% dapat menurunkan jumlah bakteri pada fillet ikan patin. Selanjutnya penelitian Murtini dan Kusmarwati (2006), yang mengatakan bahwa konsentrasi khitosan 3% dapat memberikan efek penghambatan pertumbuhan bakteri.

3.3 Uji Organoleptik.

Analisis organoleptik adalah uji dengan menggunakan indra manusia, kadang-kadang disebut uji sensorik karena penilaiannya berdasarkan pada rangsangan sensorik organ indra [7]. Uji kesukaan menunjukkan tingkat penerimaan konsumen terhadap ikan teri kering. Pada uji organoleptik ini menggunakan 4 parameter yaitu: warna, uji visual, aroma dan rasa.

3.3.1 Warna

Sifat produk yang paling menarik perhatian konsumen dan memberikan kesan awal disukai atau tidak adalah warna [7]. Warna bahan tergantung pada uji visual bahan tersebut dan kemampuan dari bahan untuk memantulkan, menyebarkan dan meneruskan sinar tampak. Data hasil organoleptik untuk parameter warna dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Nilai Rata-rata Uji Organoleptik Warna Ikan Teri Kering

Lama Penyimpanan (hari)	Nilai Rata-rata Uji Organoleptik Warna Ikan Teri Kering		
	Khitosan 1%	Khitosan 2%	Khitosan 3%
0	4,5	4,2	4,6
10	3,8	4,2	4,6
20	3,6	4,0	4,4
30	3,0	3,2	4,0
40	3,0	2,8	3,6
50	2,8	2,4	3,4

Kisaran nilai organoleptik untuk warna berada pada 2-5 yang berarti penerimaan panelis terhadap warna ikan teri kering mulai dari tidak suka, kurang suka, suka dan sangat suka. Pada ikan teri dengan khitosan 1% hanya dapat mempertahankan warna sampai hari ke 20, dari hari

ke-20 sampai hari ke-50 mengalami penurunan warna dimana panelis kurang menyukai warna ikan teri bahkan sampai tidak menyukai ikan teri ini, hal ini sangat berbeda dengan ikan teri kering dengan khitsan 2% dan ikan teri 3%.

3.3.2 Uji Visual

Uji visual merupakan uji karakteristik pertama yang dinilai panelis dalam mengonsumsi suatu produk. Bila kesan visual baik atau disukai, maka konsumen baru akan melihat karakteristik lainnya (aroma, rasa dan seterusnya). Meskipun uji visual tidak menentukan tingkat kesukaan konsumen secara mutlak, tetapi uji visual juga mempengaruhi penerimaan konsumen. Produk dengan bentuk rapi, bagus dan utuh pasti lebih disukai oleh konsumen dibandingkan dengan produk yang kurang rapi dan tidak utuh [7]. Data hasil uji organoleptik untuk parameter uji visual dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Nilai Rata-rata Uji Organoleptik Uji Visual Ikan Teri Kering

Lama Penyimpanan (hari)	Nilai Rata-rata Uji Organoleptik Uji Visual Ikan Teri Kering		
	Khitosan 1%	Khitosan 2%	Khitosan 3%
0	4,4	4,6	4,6
10	3,8	3,8	4,4
20	3,2	3,6	4,4
30	3,2	3,0	4,0
40	2,2	2,8	3,6
50	2,2	2,6	3,2

Pada ikan teri kering yang menggunakan khitosan 1% mampu mempertahankan uji visualnya sampai hari ke-10 dimana panelis menyukai ikan teri ini sampai pada hari ke-10. Sedangkan ikan teri yang menggunakan khitosan sebanyak 2% disukai oleh panelis sampai hari ke-30, sedangkan ikan teri kering yang menggunakan khitosan sebanyak 3% disukai oleh panelis sampai hari ke-50. Hal ini disebabkan menggunakan khitosan termasuk salah satu jenis polisakarida yang dapat membentuk matrik yang kuat dan kompak sehingga membuat uji visual ikan teri menjadi lebih baik.

3.3.3 Uji Aroma

Rasa enak dari suatu makanan banyak ditentukan oleh aroma makanan tersebut. Dengan pembauan manusia dapat mengenal enak atau tidaknya suatu makanan dengan mencium bau makanan tersebut. Data hasil uji organoleptik untuk parameter aroma dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Nilai Rata-rata Uji Organoleptik Aroma Ikan Teri Kering

Lama Penyimpanan (hari)	Nilai Rata-rata Uji Organoleptik Aroma Ikan Teri Kering		
	Khitosan 1%	Khitosan 2%	Khitosan 3%
0	4,0	4,0	4,2
10	3,8	3,8	4,2
20	2,6	3,2	3,2
30	2,8	2,8	3,0
40	2,6	2,6	2,6
50	2,2	2,0	2,2

Pada ikan teri kering dengan perlakuan penambahan khitosan sebanyak 1%, 2% dan 3% disukai panelis sampai hari ke-10. Penurunan aroma ikan teri ini diduga akibat degradasi protein, aktivitas mikroba dan adanya oksidasi lemak [8]. Hal ini terjadi Karena produk makanan yang mengandung kadar lemak yang telah disimpan mengalami perubahan dan mengalami kerusakan lemak selama proses pengolahan dan penyimpanan. Kerusakan lemak pada produk makaan menyebabkan produk makanan menjadi mempunyai bau yang kurang menyenangkan yang disebut ketengikan. hal inilah yang meyebabkan adanya bau tengik pada ikan teri sehingga panelis tidak menyukainya [15].

3.3.4 Uji Rasa

Rasa merupakan faktor yang memegang peranan paling penting dalam menentukan keputusan akhir konsumen untuk menerima atau menolak produk suatu makanan. Walaupun parameter penilaian yang lain lebih baik tetapi jika rasanya tidak memberikan kepuasan (enak) maka produk tersebut akan ditolak konsumen. Data hasil uji organoleptik untuk parameter rasa dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Nilai Rata-rata Uji Organoleptik Uji Visual Ikan Teri Kering

Lama Penyimpanan (hari)	Nilai Rata-rata Uji Organoleptik Rasa Ikan Teri Kering		
	Khitosan 1%	Khitosan 2%	Khitosan 3%
0	4,2	4,6	4,4
10	4,0	4,2	4,4
20	4,0	4,0	4,2
30	3,8	4,0	4,0
40	3,4	3,4	3,4
50	3,4	3,2	3,4

Kisaran nilai organoleptik untuk rasa berada pada 3-5 yang berarti penerimaan panelis terhadap warna ikan teri mulai dari kurang suka, suka, sangat suka. Pada ikan teri yang menggunakan khitosan sebanyak 1% sampai 2% panelis menyukai ikan teri sampai pada hari ke-30. Sedangkan ikan teri dengan penambahan khitosan sebanyak 3% masih disukai oleh panelis sampai hari ke-40 dan hari ke-50. Khitosan dianggap sebagai pengawet yang dapat

mempertahankan keawetan dari ikan teri sehingga dengan demikian penilaian organoleptik akan sejalan dengan tingkat kesukaan panelis. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni et al (2013) menunjukkan bahwa fillet ikan gabus dan memiliki tingkat penilaian warna, bau, dan tekstur daging ikan disukai lebih dari 50% panelis hingga penyimpanan 20 jam, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengawet alami untuk memperpanjang masa simpan fillet daging ikan gabus.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan khitosan yang paling optimal sebagai pengawet dalam pembuatan ikan teri kering adalah sebanyak 3%.

5. SARAN

Saran-saran untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menggunakan jenis sampel yang berbeda dengan variasi serta perbandingan dengan bahan pengawet lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Susanti, M. R., 2017, *Hubungan Asupan Natrium dan Kalium dengan Tekanan Darah pada Lansia di Kelurahan Pajang. Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.*
- [2] Cahyadi., 2006, *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*, Bumi Aksara, Jakarta.
- [3] Balai POM, 2005, *Press Release Kepala Balai POM DKI Jakarta tentang Bahaya Penggunaan Formalin pada Produk Pangan No: PO.07.05.841.1205.2392 Tanggal 26 Desember 2005*, BPOM, Jakarta.
- [4] Harjanti, R. S., 2014, Kitosan dari Limbah Udang sebagai Bahan Pengawet Ayam Goreng, *Jurnal Rekayasa Proses*, vol 8 (1): 12-18.
- [5] Harianti, 2011, Alternative Bahan Pangan sebagai Pengawet Produk Perikanan, *Jurnal Balik Diwa*, vol 2, no 2, hal 7-15.
- [6] Yulisma, A., Yulvizar C., Rudi E., 2012, Pengaruh Konsentrasi Kitosan dan Lama Penyimpanan terhadap Total Plate Count (TPC) pada Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*) Asin, *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, vol 4, no 2, hal 72-76.
- [7] Soekarto, 1985, *Penilaian Organoleptik*. Lembaga Sumberdaya Infomasi IPB, Bogor.
- [8] Winarno, 2004, *Kimia Pangan dan Gizi*, Gramedia Pustaka, Jakarta.
- [9] Widodo, A., Mardiah., Prasetyo, A., 2005, *Potensi Kitosan dari Sisa Udang Sebagai Koagulan Logam Berat Industri Tekstil*, Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [10] Juang, S. R., Wu, C. f., Tseng, L. R., 2002, *Use of chemically modified chitosan beads for sorption and enzyme immobilization*, *Advances in Environmental Research*, Taiwan.
- [11] Hardjito, L., 2006, Aturan pakai penggunaan kitosan sebagai pengawet, *Prosiding Seminar Nasional Kitin Kitosan Institut Pertanian Bogor*, Bogor.
- [12] Pelezer., Chan., 1988, *Dasar-dasar Mikrobiologi 2*. UI Press, Jakarta.
- [13] Suptijah, P., Gushagia P & Sukasa D. R., 2008, Kajian Efek Daya Hambat Kitosan Terhadap Kemunduran Mutu Fillet Ikan Patin (*Pangasius Hypophthalmus*) pada Penyimpanan Suhu Ruang, *Buletin Hasil Perikanan*, vol 11, no 2, hal 89-100.

- [14] Murtini, T. J. & Kusmarwati A., 2006, Pengaruh Peredaman Cumi-cumi Segar dalam Larutan Khitosan Terhadap Daya Awetya Selama Penyimpanan Suhu Kamar, *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, vol 1, hal 2, hal 1-5.
- [15] Kateren, S., 1986, *Minyak dan Lemak Pangan*, UIP, Jakarta.
- [16] Wahyuni, S., Khaeruni A. & Hartini., 2013, Kitosan cangkang Udang Windu sebagai Pengawet Fillet Ikan Gabus (*Channa striata*), *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, vol 16, no 3, hal 233- 241.

Analisis Six Big Loss Pada Mesin Pengolahan Minyak CPO dengan Metode OEE (Studi Kasus: di PT. Fajar Baizury and Brother)

Arie Saputra*¹, Muzakir*², Munti Suryani*³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar
e-mail: *¹arie.saputra@utu.ac.id, *²muzakir@utu.ac.id, *³munti@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas penentuan setiap mesin pengolah minyak CPO dalam proses produksi menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness, menentukan persentase masing-masing faktor yang terkandung dalam six big losses dan menentukan faktor dominan yang diperlukan dalam mesin pengolah minyak CPO. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE dari masing-masing mesin pengolah minyak CPO, nilai OEE pada Sterilizer adalah 71,41%, untuk mesin Thresher sebesar 75,64%, untuk mesin Screw Press pada 68,21, dan nilai OEE pada mesin Clarification adalah 78,16%, sedangkan six big losses memiliki proporsi kehilangan waktu terbesar dan yang perlu diperbaiki adalah mengurangi kecepatan kehilangan yaitu sebesar 84,62%, kondisi ini menunjukkan kemampuan mesin press dan Clarification dalam mencapai target produksi dan dalam mencapai kondisi ideal yaitu 85%. Persentase besarnya faktor yang terkandung dalam six big losses, yaitu mesin sterilizer akibat proses kerugian kecacatan dan pengurangan hasil dengan tingkat persentase yang sama yaitu sebesar 49,03%, pada mesin Thresher yang disebabkan oleh pengurangan kecepatan kehilangan dengan tingkat persentase 72,70%, pada mesin Press dihasilkan oleh Reduced Speed Loss dengan tingkat persentase 34,50% dan mesin Clarification disebabkan oleh Reduced Speed Loss dengan tingkat persentase 84,62%, dari empat mesin pengolahan CPO faktor six big losses yaitu, pada mesin yang tidak menguntungkan, ini sulit untuk dihindari karena kekurangan ini juga karena kualitas minyak CPO yang buruk karena kadar asam lemak bebas dan kadar air yang tinggi. Faktor dominan yang mempengaruhi efektivitas penggunaan mesin pengolah minyak CPO yang terjadi selama periode Agustus 2018-Juli 2019 dengan metode OEE pada mesin Screw Press yaitu sebesar 73,85% seperti yang diharapkan berdasarkan standar OEE kelas dunia (85%) menggunakan dengan mesin lain ini disebabkan oleh kecepatan dan tekanan saat memproses TBS berkurang / tidak stabil, mesin press yang sering digunakan untuk memperbaiki kerusakan yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi kualitas dan kuantitas yang diharapkan.

Kata kunci - Six Big Losses, Mesin Pengolahan CPO, Overall Equipment Effectiveness, Total Productive Maintenance

Abstract

This study discusses determining each CPO oil processing machine in the production process using the Overall Equipment Effectiveness method, determining the percentage of each factor contained in the six major losses and determining the dominant factors needed in the CPO oil processing machine. Based on the results of the study showed that the OEE value of each of the CPO oil processing machines OEE value on the steriizer was 71.41%, for the Thresher machine at 75.64%, for the Screw Press machine at 68.21 and OEE value on the clarification machine is 78.16% while the six major loss factor has the greatest proportion of time loss and needs to be repaired is reducing the speed of loss that is equal to 84.62%, this condition shows the ability of the press and clarification machine in achieving the target production and in achieving the ideal conditions that is yaitu 85%. Percentage of the magnitude of the factors contained in the six major losses, namely the strelelizer machine due to the Process of Disability Losses and Yield Reduction with the same percentage level that is equal to 49.03%, on the Thresher machine caused by Reduction of Speed Loss with a percentage level of 72.70%, on Press machines Generated by Reduced Speed Loss with a percentage level of 34.50% and Clarification machines caused by Reduced Speed Loss with a percentage level of 84.62%, from the four CPO processing machines a factor of six large losses that is, on a disadvantage machine, this is difficult to avoid because of this deficiency also because of the poor quality of CPO oil due to free fatty acid levels and high water content. The dominant factor influencing the effectiveness of the use of CPO oil processing machines that occurred

during the period August 2018-July 2019 with the OEE method on the Screw Press machine that is equal to 73.85% as expected based on world class OEE standards (85%) using with other machines this is caused by the speed and pressure when processing FFB is reduced / unstable, the press machine that is used often to repair the damage produced does not meet the expected quality and quantity specifications.

Keywords - *Six Big Losses, CPO Processing Machine, Overall Equipment Effectiveness, Total Productive Maintenance*

1. PENDAHULUAN

Salah satu sumber daya yang sangat penting yang harus dioptimalkan penggunaannya adalah mesin produksi. PT. Fajar Baizury and Brother merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada sektor perkebunan dan pengolahan kelapa sawit dengan *Crude Palm Oil* (CPO) serta kernel (inti sawit) sebagai hasil produk utama. Perusahaan menerapkan sistem pemeliharaan *scheduled maintenance* untuk mendukung kelancaran proses produksinya. Namun pada kenyataannya, proses produksi sering terhambat.

Permasalahan yang dijumpai pada perusahaan adalah seringnya salah satu mesin pengolahan minyak CPO berhenti beroperasi karena adanya breakdown dan harus dilakukan kegiatan perbaikan dengan mencari komponen yang rusak dan menggantinya dengan komponen yang baru (*corrective maintenance*). Disamping itu, mesin membutuhkan waktu setup yang lebih karena kegiatan perbaikan mesin. Hal ini menyebabkan perusahaan kehilangan banyak waktu produksi yang berdampak pada target produksi tidak terpenuhi dalam arti efektifitas mesin rendah. rata-rata waktu kerusakan mesin tertinggi yaitu mesin press dengan nilai rata-rata waktu kerusakan mencapai 17.37 jam dan rata-rata waktu kerusakan terkecil yaitu pada mesin clarification yaitu mencapai 5.29 jam dalam satu periode. Hal ini akan mempengaruhi efisiensi kinerja mesin pengolahan minyak CPO dalam dalam proses produksinya, untuk mengatasi hal tersebut diperlukan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk melakukan pengukuran dan evaluasi efektifitas mesin.

2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan sifatnya, maka penelitian ini digolongkan sebagai penelitian deskriptif (*descriptif research*) yaitu penelitian yang melakukan pemecahan terhadap suatu masalah yang ada sekarang secara sistematis dan faktual berdasarkan data yang ada.

2.1. Teknik Pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan beberapa metode atau teknik dan instrumen yang digunakan untuk pengumpulan data diantaranya adalah:

1. Teknik Observasi

Melakukan pengamatan langsung di pabrik terutama dibagian mesin pengolahan minyak CPO, untuk menggali segala informasi atau data yang dibutuhkan untuk pemecahan masalah.

2. Teknik wawancara

Melakukan wawancara dan diskusi secara langsung terhadap pimpinan atau karyawan mengenai hal-hal yang berhubungan dengan data-data yang diperlukan agar tercapai tujuan penelitian.

3. Teknik Kepustakaan

Teknik kepustakaan yaitu dengan mempelajari buku-buku yang berkaitan dengan penelitian.

Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini terbagi dalam dua bagian diantaranya adalah:

1. Data Primer yang dikumpulkan dalam penelitian ini dengan melakukan pengamatan secara langsung pada daerah kerja atau tempat proses produksi pengolahan CPO diantaranya meliputi data:
 - a. Data Siklus Waktu *Setup*
 - b. Data Waktu Pembersihan Mesin
2. Data Sekunder adalah data yang hanya dapat kita peroleh dari sumber asli perusahaan. Adapun data sekunder dalam penelitian ini adalah:
 - a. *Down Time*
 - b. *Planned Downtime*
 - c. Data Produksi CPO.

2.2. Pengolahan Data

Prosedur dan teori yang digunakan untuk melakukan pengolahan data dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan *Availability Ratio*
Availability ratio merupakan rasio waktu dari *operation time* terhadap *loading time*-nya.
2. Perhitungan *Performance efficiency*
Performance efficiency merupakan rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*).
3. Perhitungan *Rate of Quality Product*
Rate of Quality Product merupakan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi kapasitas produk yang telah ditentukan terhadap jumlah produk yang diproses.
4. Menghitung *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*
Setelah dilakukan perhitungan nilai *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality product* pada mesin pengolahan minyak CPO diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai *overall equipment effectiveness (OEE)* untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan mesin pengolahan minyak CPO.
5. Perhitungan Nilai OEE *Six Big Losses*
Perhitungan Nilai OEE *Six Big Losses* adalah perhitungan dari enam kerugian yang disebabkan karena *Equipment Failures (Breakdowns)*, *Setup dan Adjustment*, *Idling dan Minor Stoppages*, *Reduced Speed*, *Defect Losses* dan *Yield/scrap loss*.

2.3. Analisis dan Evaluasi

Analisis dan Evaluasi dilakukan melalui grafik hasil perhitungan OEE dengan melakukan penjelasan penyebab naik dan turunnya nilai OEE kemudian dilanjutkan dengan penggunaan pareto diagram untuk menentukan faktor *six big losses* yang paling berpengaruh dalam penurunan nilai OEE.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dengan menggunakan metode *Stopwatch Time Study* diantaranya yaitu:

3.1. Rasio *Availability* dengan Standar *World Class*

Kesiapan *availability* tersebut dapat digunakan untuk menilai keberhasilan atau efektivitas dari kegiatan perawatan yang telah dilakukan sehingga mesin dalam keadaan siap pakai. Berdasarkan dari perhitungan *availability* pada mesin pengolahan minyak CPO, adapun nilai *availability* rata-rata dari setiap mesin produksi CPO dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rasio *Availability* dengan Standar *World Class*

Nama Mesin	Standar <i>World Class</i> Nilai <i>Availability</i>	<i>Avability</i> (%)
<i>Sterilizer</i>	90	98.12
<i>Thesher</i> /penebah	90	98.13
<i>Screw Press</i>	90	95.86
<i>Clarification</i>	90	98.23

Berdasarkan pada Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa nilai rasio *availability* tertinggi ditunjukkan pada mesin *Clarification* dengan tingkat persentase sebesar 98.23 dan nilai rasio terendah yaitu pada mesin *Screw Press* dengan persentase sebesar 95.86 sehingga nilai persentase tersebut diatas nilai rata-rata dari standar *world class* yaitu sebesar > 90%, hal ini karena waktu yang tersedia untuk proses produksi pada mesin pengolahan minyak CPO sangat dimanfaatkan secara evaktif.

3.2. Analisis Rasio *Performance Efficiency*

Performance efficiency merupakan rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*). Berdasarkan dari perhitungan *performance efficiency* pada mesin pengolahan minyak CPO dihasilkan besar nilai *performance efficiency* rata-rata dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rasio *Performance Efficiency* dengan Standar *World Class*

Nama Mesin	Standar <i>World Class</i> Nilai <i>Performance Efficiency</i>	<i>Performance Efficiency</i> (%)
<i>Sterilizer</i>	95 %	82.09
<i>Thesher</i> /penebah	95 %	82.08
<i>Screw Press</i>	95 %	88.06
<i>Clarification</i>	95 %	81.98

Berdasarkan dari Tabel 2 diatas menunjukkan bahwa rasio rata-rata *performance efficiency* tertinggi yaitu pada mesin *screw press* dengan tingkat persentase sebesar 88.06% dan nilai *performance efficiency* terendah yaitu pada mesin *Clarification* dengan tingkat persentase sebesar 81.98% dan nilai tersebut masih jauh dibawah nilai rata-rata dari standar *world class* yaitu sebesar > 95%, hal ini karena kemampuan mesin pengolahan minyak CPO dalam memproduksi tergolong rendah. Rendahnya nilai *performance* dikarenakan hasil pengolahan minyak CPO tidak sesuai dengan kecepatan kerja dari mesin produksi tersebut yang digunakan. Beberapa hal yang menyebabkan ketidak sesuaian yang menyebabkan terjadinya *breakdown* dan waktu pergantian komponen yang membutuhkan waktu lama. Selain itu adanya penurunan kecepatan mesin yang digunakan juga mempengaruhi performansi mesin pengolahan minyak CPO tersebut.

3.3. Analisis Rasio *Rate of Quality Product*

Rate of quality product merupakan rasio jumlah produk yang baik terhadap jumlah produk yang diproses. Berdasarkan dari perhitungan *rate of quality product* pada mesin *press* dihasilkan besar nilai *rate of quality product* setiap bulannya yang ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rasio *Rate of Quality Product* dengan Standar *World Class*

Nama Mesin	Standar <i>World Class</i> Nilai <i>Rate of Quality Product</i>	<i>Rate of Quality Product</i> (%)
<i>Sterilizer</i>	99 %	96.15
<i>Thesher/penebah</i>	99 %	93.92
<i>Screw Press</i>	99 %	80.80
<i>Clarification</i>	99 %	97.06

Berdasarkan dari Tabel 3 diatas menunjukkan bahwa *rate of quality product* tertinggi yaitu pada mesin *Clarification* dengan tingkat persentase sebesar 97.06% dan nilai dibawah *rate of quality product* terendah yaitu pada mesin *Screw Press* dengan tingkat persentase sebesar 80.80% tingkat persentase tersebut masih dibawah dari nilai rata-rata dari standar *world class* yaitu sebesar > 99%, hal ini karena banyaknya produk cacat pada proses pengolahan minyak CPO selain itu karena rendahnya nilai *operation time* mengakibatkan produktivitas mesin produksu menurun sehingga nilai *rate of quality product* dibawah standar dunia.

3.4. Analisis Rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Pengukuran *Overall equipment effectiveness* merupakan besarnya efektivitas yang dimiliki oleh mesin, selain itu kombinasi dari faktor waktu, kualitas pengoperasian mesin dan kecepatan produksi mesin itu sendiri. Berdasarkan dari perhitungan *Overall equipment effectiveness* pada mesin *press* dihasilkan besar nilai *Overall equipment effectiveness* setiap bulannya yang ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Rasio *Overall Equipment Effectiveness* dengan Standar *World Class*

Bulan	Standar <i>World Class</i> Nilai OEE %	Nilai OEE
<i>Sterilizer</i>	85	71.41
<i>Thesher/Penebah</i>	85	75.64
<i>Screw Press</i>	85	68.21
<i>Clarification</i>	85	78.16

Berdasarkan pada Tabel 4 diatas menunjukkan bahwa hasil perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) tertinggi yaitu pada mesin *Clarification* dengan tingkat persentase sebesar 78.16 dan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) terendah yaitu pada mesin *Screw Press* dengan tingkat persentase sebesar 68.21, berdasarkan nilai persentase tersebut ternyata masih jauh dibawah nilai *standar world class* yaitu sebesar 85%, hal ini dikarenakan efektivitas yang dimiliki oleh mesin pengolahan minyak CPO masih rendah secara total pencapaian *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) masih jauh atau rendah dari target yang ada ($\geq 85\%$). Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada setiap kurang dari 85% dimana komposisi *performancy efficiency* rata-rata lebih rendah dibandingkan dari faktor lainnya diantaranya faktor *availability* dan *rate of quality product*, karena hubungan yang berbanding lurus antara faktor utama dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), dimana jika nilai faktor utama rendah maka akan menyebabkan pencapaian *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) melakukan proses pengolahan minyak CPO, hal tersebut yang menyebabkan rendahnya pencapaian *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah *performancy effectiveness* dimana waktu yang tersedia untuk kegiatan *maintenance* tidak dimanfaatkan secara efektif dan efisien.

3.5. Pengaruh *Six Big Losses*

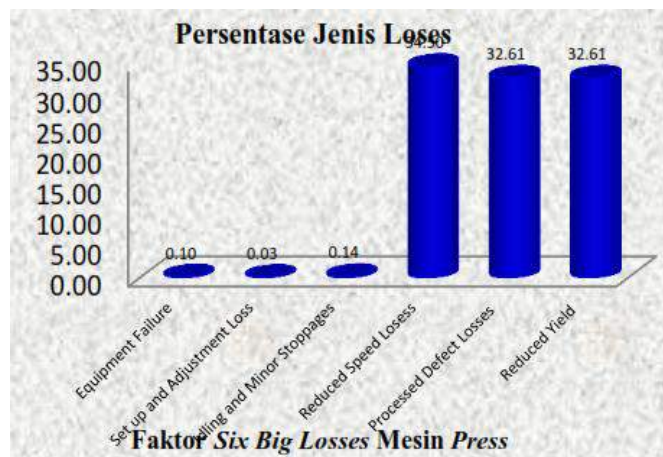
Berdasarkan perhitungan *six big losses* dari ke empat mesin pengolahan CPO maka yang paling berpengaruh yaitu mesin *press* dimana besar *time loss* faktor dalam *six big losses*

yaitu pada mesin *press* yang terlihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Persentase Faktor *Six Big Losses* pada Mesin *Press*

No	<i>Six Big Losses</i>	Total Time Loss (Jam)	Persentase (%)
1	<i>Equipment Failure</i>	208.43	0.10
2	<i>Set up and Adjustment Loss</i>	56.66	0.03
3	<i>Idling and Minor Stoppages</i>	302.00	0.14
4	<i>Reduced Speed Losses</i>	72979.92	34.50
5	<i>Processed Defect Losses</i>	68981.40	32.61
6	<i>Reduced Yield</i>	68981.40	32.61
Total		211509.81	100.00

Berdasarkan Tabel 5 diatas dapat dijelaskan bahwa persentase *time loss* dari ke enam faktor tersebut dari mesin *press* yang sangat berpengaruh yaitu pada *Reduced Speed Losses* dengan tingkat persentasenya yaitu sebesar 34.50% lebih jelas lagi diperlihatkan dalam bentuk histogram seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut.



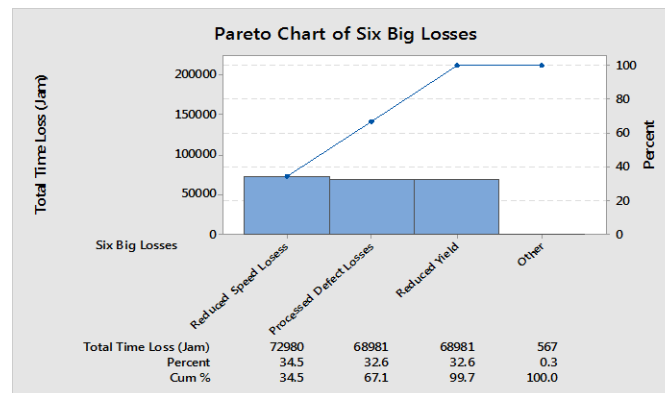
Gambar 1. Faktor *Six Big Losses* pada Mesin *Press*

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa faktor yang memiliki persentase terbesar dari keenam faktor tersebut adalah *Reduced Speed Loss* dengan tingkat persentasenya yaitu sebesar 34.50%, sehingga untuk melihat urutan persentase keenam faktor tersebut mulai dari yang terbesar hingga terkecil dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Persentase Kumulatif Faktor *Six Big Losses* pada Mesin *Press*

No	Jenis Losses	Total Time Loss (Jam)	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
1	<i>Reduced Speed Losses</i>	72979.92	34.50	34.50
2	<i>Processed Defect Losses</i>	68981.40	32.61	67.12
3	<i>Reduced Yield</i>	68981.40	32.61	99.73
4	<i>Idling and Minor Stoppages</i>	302.00	0.14	99.87
5	<i>Equipment Failure</i>	208.43	0.10	99.97
6	<i>Set up and Adjustment Loss</i>	56.66	0.03	100.00
Total		211509,81	100.00	

Berdasarkan dari hasil pengurutan persentase faktor *six big losses* tersebut, dapat digambarkan diagram paretonya sehingga terlihat jelas urutan dari keenam faktor *six big losses* yang mempengaruhi efektivitas pada mesin *press* Adapun pembuatan diagram pareto tersebut menggunakan aplikasi *minitab* 17 yang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Pareto Diagram *Six Big Losses* pada Mesin *Press*

Berdasarkan dari Gambar 2 diagram faktor *six big losses* diatas dapat dilihat bahwa faktor yang memberikan kontribusi terbesar terhadap permasalahan efektivitas pada mesin *Press* disebabkan oleh *Reduced Speed Loss* dengan tingkat persentasenya yaitu sebesar 34.50% faktor tersebut mengakibatkan pemakaian waktu produksi yang tidak efisien diakibatkan seringnya terjadi kerusakan mesin *press* pada saat proses produksi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan OEE diperoleh bahwa tingkat efektivitas masing-masing dari mesin pengolahan minyak CPO yaitu nilai OEE pada mesin *sterilizer* sebesar 71.41%, untuk mesin *Thresher*/ Penebah sebesar 75.64%, untuk mesin *Screw Press* sebesar 68.21 dan nilai OEE pada mesin *Clarification* yaitu sebesar 78.16% dimana faktor *six big losses* yang memiliki persentase pengaruh paling terbesar terhadap *losses time* dan perlu dilakukan perbaikan adalah *reduced speed losses* yaitu sebesar 84.62 %, kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan mesin *press* dan *clarification* dalam mencapai target produksi serta dalam pencapaian efektivitas penggunaan mesin belum mencapai kondisi yang ideal yaitu $\geq 85\%$. Persentase besarnya faktor yang terdapat dalam *six big losses* yaitu pada mesin *strelizer* disebabkan oleh *Process Defect Losses* dan *Reduced Yield* dengan tingkat persentase yang sama yaitu sebesar 49.03%, pada mesin *Thresher* disebabkan oleh *Reduced Speed Losses* dengan tingkat persentasenya yaitu sebesar 72.70%, pada mesin *Press* disebabkan oleh *Reduced Speed Loss* dengan tingkat persentasenya yaitu sebesar 34.50% dan mesin *Clarification* disebabkan oleh *Reduced Speed Loss* dengan tingkat persentasenya yaitu sebesar 84.62%, dari ke empat mesin pengolahan CPO faktor *six big loss* yaitu pada mesin *Clarification* dimana persentase terbesar di akibatkan oleh *Reduced Speed Losses*, hal ini sulit dihindari karena kerugian ini juga dipengaruhi oleh kualitas dari minyak CPO yang kurang baik karena kadar asam lemak bebas dan kadar air yang tinggi. Faktor yang dominan mempengaruhi keefektifitasan penggunaan mesin pengolahan minyak CPO yang terjadi selama periode Agustus 2018-Juli 2019 dengan metode OEE adalah pada mesin *Screw Press* yaitu sebesar 73.85% dimana persentase tersebut jauh dibawah nilai standar OEE *world class* (85%) dibandingkan dengan mesin lainnya hal ini diakibatkan karena kecepatan dan tekanan pada saat pengolahan TBS berkurang/tidak stabil, mesin *press* yang digunakan sering mengalami

kerusakan sehingga produk yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi kualitas dan kuantitas yang diharapkan.

5. SARAN

Agar perusahaan mampu mencapai dan menerapkan nilai standar *world class* OEE yaitu 85% lebih baik dari nilai OEE yang telah dihitung. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menekan faktor utama penyebab rendahnya nilai OEE yaitu *reduced speed losses* dan *Idling and Minor Stoppages* sekecil mungkin melalui sistem manajemen dan perawatan. Perusahaan sebaiknya lebih memperhatikan kondisi mesin *press* dengan memperkirakan waktu kerusakan mesin melalui perhitungan umur mesin untuk mengantisipasi kerusan mesin dan menetapkan langkah-langkah perawatan mesin dan penggantian komponen mesin sebelum terjadi kerusakan mesin. Sebaiknya perusahaan harus mempersiapkan suku cadang yang sulit untuk didapatkan atau *idle time*-nya memakan waktu yang lama, sehingga disaat mesin mengalami kerusakan dapat mempersingkat waktu *breakdown* mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ansori, N. M., 2013, *Sistem perawatan Terpadu*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [2] Assauri, S., 2008, *Tujuan Maintenance Blancard Logisticts engineering And management pemeliharaan*, Erlangga, Surabaya.
- [3] Dhillon, B. S., 2006, *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*, Taylor & Francis Group, New York.
- [4] Gaspersz, V., 2004, *Production Planning and Inventory Control Edisi Ketiga*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [5] Hasriyono, M., 2009, *Evaluasi Efektivitas Mesin dengan Penerapan Total Productive Mainenance (TPM) di PT. Hadi Baru*, Universitas Sumatera Utara, Jurusan Teknik Industri.
- [6] Kartika, E., 2010, *Analisis Faktor-Faktor Penyebab Six Big Losses Pada Mesin yang Mempengaruhi Efisiensi Produksi di PT. Kimia Farma (Persero) Tbk*, Universitas Sumatera Utara, Jurusan Teknik Industri.
- [7] Kurniawan, F., 2013, *Manajemen Perawatan Industri: Teknik dan Aplikasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [8] Kigsirisina, S. P., 2016, Approach for Total Productive Maintenance Evaluation in Water Productivity: A Case Study at Mahasawat Water Treatment Plant, *Procedia Engineering*, vol 154, hal 260-267.
- [9] Nayak, E.A., 2013, Evaluation of OEE In A Continuous Process Industry On An Insulation Line In A Cable Manufacturing Unit, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol 2, no 5.
- [10] Muchiri, P. L., 2006, Performance Measurement Using Overall Equipment effectiveness (OEE): Literature Review & Practical Application Discussion, *International Journal of Production Research*.
- [11] Murnawan, H. M., 2008, Perencanaan Produktivitas Kerja Dari Hasil Evaluasi Produktivitas Dengan Metode Fishbone Di Perusahaan Percetakan Surabaya, *Jurnal Teknik Industri*.
- [12] Nachnul, A., 2013, *Sistem Perawatan Terpadu, Buku Teknik Edisi Pertama*, Yogyakarta.
- [13] Nakajima, S., 1988, *Introduction to Total Productive Maintenance*, Producticity Press Inc, Cambridge, MA.
- [14] Osama, T. R., 2010, Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*.

- [15] Viroolin, C. S., 2017, *Analisis Efektivitas Mesin Hopper Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness dan FMEA*, Universitas Sumatera Utara, Jurusan Teknik Industri.
- [16] Yoshikazu, T., Takashi Osada., 2000, *Total Productive Maintenance-TPM*, Technical Report, Lulea Tekniska Universite.

Studi Kelayakan Investasi Perkebunan Kelapa Sawit PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN) Kabupaten Aceh Selatan

Heri Tri Irawan*¹, Iing Pamungkas*²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar
Email: *¹heritriirawan@utu.ac.id, *²iingpamungkas@utu.ac.id

Abstrak

Bisnis perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu bisnis yang dinilai prospektif saat ini. Investasi untuk membangun kebun kelapa sawit memerlukan dana yang besar dengan waktu pengembalian yang lama. Kekuatan finansial dari investor sangat diperlukan mengingat pada masa-masa awal kebun beroperasi, produktivitas kebun masih relatif rendah. PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN) merupakan salah satu perusahaan swasta nasional yang bergerak di sektor perkebunan kelapa sawit dan berencana membangun kebun kelapa sawit seluas 14.000 hektar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan usaha berdasarkan aspek finansial atas rencana investasi PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN) dalam membuka perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Aceh Selatan. Penelitian ini menggunakan metode analisis kelayakan secara finansial yaitu net present value (NPV), internal rate of return (IRR) dan payback period (PP). Adapun hasil akhir pada penelitian ini adalah investasi ini sudah layak untuk dilakukan dengan melihat net present value > 0, internal rate of return = 21,4% dan payback period = 3 tahun.

Kata Kunci - Studi Kelayakan, Net Present Value, Internal Rate of Return, Payback Period

Abstract

The oil palm plantation business is one of the businesses that are considered prospective at present. Investment to develop oil palm plantations requires large funds with a long payback period. The financial strength of investors is needed given that in the early days of plantation operations, plantation productivity was still relatively low. PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN) is one of the national private companies engaged in the oil palm plantation sector, and plans to develop oil palm plantations covering an area of 14.000 hectares. This study aims to determine the feasibility of the business based on the financial aspects of the investment plan of PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN) in opening an oil palm plantation in South Aceh Regency. This study uses financial feasibility analysis methods, namely net present value (NPV), internal rate of return (IRR) and payback period (PP). The final result in this study is that this investment is feasible based on net present value > 0, internal rate of return = 21,4% and payback period = 3 years.

Keywords - Feasibility Study, Net Present Value, Internal Rate of Return, Payback Period

1. PENDAHULUAN

Bisnis perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu bisnis yang dinilai prospektif saat ini. Karakteristik investasi dibidang perkebunan kelapa sawit sangat berbeda apabila dibandingkan dengan investasi di bidang manufaktur. Investasi untuk membangun kebun kelapa sawit memerlukan dana yang besar dengan waktu pengembalian yang lama. Selain itu, dana tidak dapat ditarik kembali karena terikat dengan lahan, serta apabila lahan telah dibuka maka investasi harus terus dilanjutkan sampai kebun selesai dibangun untuk mendukung keberhasilan investasi. Hal ini berkaitan dengan objek usaha yang berupa tanaman kelapa sawit yang harus senantiasa dibudidayakan dengan baik, melalui pemupukan dan pemeliharaan dan baru dapat menghasilkan buah setelah 3 tahun.

Kekuatan finansial dari investor sangat diperlukan mengingat pada masa-masa awal kebun beroperasi, komersial produktivitas kebun masih relatif rendah. Dengan karakteristik

investasi demikian, maka keputusan untuk melakukan investasi pada perkebunan kelapa sawit harus diperhitungkan dengan cermat, melalui analisa mendalam tentang peluang bisnis, dari berbagai aspek termasuk melihat semua hambatan yang mungkin menghalangi keberhasilan proyek [1].

PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN) merupakan salah satu perusahaan swasta nasional yang telah ambil bagian di sektor perkebunan kelapa sawit. Saat ini perkebunan kelapa sawit di Indonesia sebagian besar berada di pulau Sumatera diikuti oleh Kalimantan. Melihat prospek di usaha perkebunan yang terus dapat dikembangkan, khususnya komoditi kelapa sawit, PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN) berencana membangun kebun kelapa sawit seluas ± 14.000 hektar (Ha), yang akan dilakukan penanaman kelapa sawit selama 3 (tiga) tahun [1]. Penelitian ini menggunakan metode analisis kelayakan secara finansial yaitu *net present value* (NPV), *internal rate of return* (IRR) dan *payback period* (PP). Beberapa penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya seperti evaluasi investasi perkebunan kelapa sawit pola pir [2], analisis kelayakan investasi perkebunan rakyat kelapa sawit [3], penetapan harga jual batu bata pada sebuah usaha [4] dan risiko untuk untuk petani kecil di industri kelapa sawit di Indonesia [5].

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakan usaha dari aspek finansial atas rencana investasi PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN) dalam membuka perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Aceh Selatan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Payback Periode (PP)

Periode *payback* menunjukkan berapa lamanya (dalam beberapa tahun) pengembalian suatu investasi, suatu proyek atau usaha, dengan memperhatikan teknik penilaian terhadap jangka waktu tertentu. Periode *payback* menunjukkan perbandingan antara *initial investment* dengan aliran kas tahunan, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Payback period} = \frac{\text{investasi awal}}{\text{ arus kas}} \times 1 \text{ tahun} \quad (1)$$

Keterangan: Investasi awal yaitu biaya yang dikeluarkan saat awal investasi dilakukan dan arus kas yaitu penghasilan periode pertama hingga periode n.

2.2. Net Present Value (NPV)

Net present value adalah selisih uang yang diterima dan uang yang dikeluarkan dengan memperhatikan *time value of money*.

Tabel 1. *Net Present Value* (NPV)

Bila...	Berarti...	Maka...
NPV > 0	investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi perusahaan	proyek bisa dijalankan
NPV < 0	investasi yang dilakukan akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan	proyek ditolak
NPV = 0	investasi yang dilakukan tidak mengakibatkan perusahaan untung ataupun merugi	Kalau proyek dilaksanakan atau tidak dilaksanakan tidak berpengaruh pada keuangan perusahaan. Keputusan harus ditetapkan dengan menggunakan kriteria lain misalnya dampak investasi terhadap <i>positioning</i> perusahaan.

Metode *net present value* yang dihasilkan adalah:

$$NPV = PV_{investasi} + PV_{penerimaan} \quad (2)$$

2.3. Internal Rate of Return (IRR)

Internal rate of return (IRR) adalah metode perhitungan investasi dengan menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih dimasa datang. Persamaan yang digunakan adalah:

$$IRR = i_1 \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_1 - i_2) \quad (3)$$

Dimana: IRR = *Internal Rate of Return* yang dicari
 i_1 = Tingkat bunga ke- 1
 i_2 = Tingkat bunga ke- 2
 NPV_1 = NPV ke- 1
 NPV_2 = NPV ke- 2

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan layak tidaknya suatu investasi, perlu ditinjau dari aspek keuangan dengan beberapa kriteria tolak ukur. Setiap penilaian “layak” diberikan nilai standar untuk usaha yang sejenis dengan cara membandingkan dengan rata-rata industri atau target yang telah ditentukan. Dalam praktiknya ada beberapa kriteria untuk menentukan apakah suatu usaha layak atau tidak untuk dijalankan ditinjau dari aspek keuangan. Kriteria ini sangat tergantung dari kebutuhan masing-masing perusahaan dan metode mana yang akan digunakan.

Setiap metode yang digunakan memiliki kelebihan dan kelemahannya masing-masing. Dalam penilaian suatu usaha hendaknya penilai menggunakan beberapa metode sekaligus. Artinya, semakin banyak metode yang digunakan, maka semakin memberikan gambaran yang lengkap sehingga diharapkan memberikan hasil yang akan diperoleh menjadi lebih sempurna. Adapun kriteria yang biasa digunakan untuk menentukan kelayakan suatu usaha atau investasi adalah :

1. *Payback Period* (PP)
2. *Net Present Value* (NPV)
3. *Internal Rate of Return* (IRR)

3.1. Menghitung Biaya Bangun Perkebunan Kelapa Sawit

Dasar utama yang harus dilakukan setiap investor untuk melihat kelayakan suatu usaha/bisnis maka terlebih dahulu menghitung biaya variabel (*variable cost*) dan biaya tetap (*fixed cost*).

1. Biaya Variabel

Pada biaya variabel ini akan memberikan data-data awal yang berpengaruh pada kelayakan suatu investasi, adapun biaya variabel pada investasi perkebunan kelapa sawit adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Jumlah Biaya Lahan, Bibit dan Pupuk

No	Elemen	Jumlah	Harga (Rp)	Total (Rp)
1.	HGU	1400 ha	3.000.000 /ha	4.200.000.000
2.	Bibit tanaman	1400 ha	2.550.000 /ha	3.570.000.000
3	Pupuk	1400 ha	2.400.000 /ha	3.360.000.000
Total				11.130.000.000

Tabel 3. Biaya *Overhead* Variabel

No	Item kegiatan	Jumlah	Harga (Rp)/satuan	Total (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Sewa excavator	1400 ha	25.000/jam	2.500.000/ha	3.500.000.000
2.	Buka jalan baru	1400 ha	10.000/m	3.000.000/ha	4.200.000.000
3.	Jembatan panen	1175	100.000	-	117.500.000
4.	Jembatan utama	94	1.000.000	-	94.000.000
Total					7.911.500.000

Tabel 4. Rekap Total Biaya Variabel

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)
1.	HGU, Bibit dan Pupuk	11.130.000.000
2.	<i>Overhead</i> Variabel	7.911.500.000
Total		19.041.500.000

2. Biaya Tetap

Pada biaya tetap ini akan memberikan data-data awal yang berpengaruh pada kelayakan suatu investasi, adapun biaya tetap pada investasi perkebunan kelapa sawit adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi Biaya Pekerja Langsung

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp)	Total Gaji (Rp)
1.	Asisten	2	6.000.000	12.000.000
2.	Mandor I	2	3.000.000	6.000.000
3.	Mandor rawat	2	2.500.000	5.000.000
4.	Mandor pupuk	2	2.500.000	5.000.000
5.	Mandor HPT (racun)	2	2.500.000	5.000.000
6.	Mandor parit	2	2.500.000	5.000.000
7.	Mandor hama	2	2.500.000	5.000.000
8.	Krani panen	2	2.500.000	5.000.000
9.	Krani afdeling	2	2.500.000	5.000.000
10.	Karyawan	940	2.100.000	1.974.000.000
Total				2.027.000.000

Tabel 6. Biaya Perawatan

No	Jenis Perawatan	Jumlah (Rp)	Frekuensi	Total Biaya (Rp)
1.	Babat lahan	1.500.000/ha	1400 ha	2.100.000.000
2.	Pemupukan	140.000/ha	1400 ha	196.000.000
3.	Rawat piringan	140000/ha	1400 ha	196.000.000
4.	Penyemprotan	600.000/ha	1400 ha	840.000.000
5.	Rawat parit	600.000/ha	1400 ha	840.000.000
6.	Perawatan mobil	300.000	2	600.000
Total				4.172.600.000

Tabel 7. Biaya Alat Bantu

No	Item	Unit	Harga (Rp)	Total (Rp)
1.	Gerobak sorong	1400 unit	450.000	630.000.000
2.	Dodos	1400 unit	250.000	350.000.000
Total				980.000.000

Tabel 8. Rekap Biaya Overhead Tetap

No	Item kegiatan	Total Biaya (Rp)
1.	Biaya perawatan	4.172.600.000
2.	Biaya alat bantu	980.000.000
Total		5.152.300.000

Tabel 9. Biaya Pekerja Tidak Langsung

No	Jabatan	Kebutuhan Orang	Gaji (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Supir	2 orang	3.000.000	6.000.000
2.	Kenek	4 orang	1.500.000	6.000.000
3.	Ongkos tanam		1.360.000/ha	1.904.000.000
4.	Ongkos tebang kayu		1.500.000/ha	2.100.000.000
Total				4.016.000.000

Tabel 10. Rekapitulasi Biaya Tetap

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)
1.	Pekerja langsung	2.027.000.000
2.	Overhead tetap	5.152.300.000
3.	Pekerja tidak langsung	4.016.000.000
Total		11.195.300.000

Tabel 11. Rekapitulasi Biaya Tetap dan Biaya Variabel

No	Jenis Biaya	Total Biaya (Rp)
1.	Biaya tetap	11.195.300.000
2.	Biaya variabel	19.041.500.000
Total		30.236.800.000

Tabel 12. Arus Kas

Tahun	Jumlah Tbs/ha (kg)	Harga (kg)	Arus kas (Rp)	Arus Kas Kumulatif (Rp)
1	0	1500	0	0
2	0		0	0
3	0		0	0
4	0		0	0
5	0		0	0
6	0		0	0
7	500*		525.000.000	525.000.000
8	1.000*		1.050.000.000	1.575.000.000
9	1.300*		1.365.000.000	2.940.000.000
10	1.500		3.150.000.000	6.090.000.000
11	1.800		3.780.000.000	9.870.000.000

Keterangan: Total lahan 2 afdeling atau 1400 ha dan lambing (*) masih hitungan 1 afdeling

3.2. Menghitung *Payback Periode* (PP)

Periode "*Payback*" menunjukkan berapa lamanya (dalam beberapa tahun) pengembalian suatu investasi, suatu proyek atau usaha, dengan memperhatikan teknik penilaian terhadap jangka waktu tertentu. Periode "*Payback*" menunjukkan perbandingan antara "*initial investment*" dengan aliran kas tahunan, dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Payback period} = \frac{\text{investasi awal}}{\text{ arus kas}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$\text{Payback period} = \frac{30.236.800.000}{9.870.000.000} \times 12 \text{ bulan}$$

$$\text{Payback period} = 37 \text{ bulan}/3 \text{ tahun}$$

3.3. Menghitung *Net Present Value* (NPV)

Net present value adalah selisih uang yang diterima dan uang yang dikeluarkan dengan memperhatikan *time value of money*. Rumus *time value of money* yang *present value* adalah untuk mengetahui nilai uang saat ini. Oleh karena uang tersebut akan diterima di masa depan, kita harus mengetahui berapa nilainya jika kita terima sekarang.

Tabel 13. *Net Present Value* (NPV)

Bila...	Berarti...	Maka...
NPV > 0	investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi perusahaan	proyek bisa dijalankan
NPV < 0	investasi yang dilakukan akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan	proyek ditolak
NPV = 0	investasi yang dilakukan tidak mengakibatkan perusahaan untung ataupun merugi	Kalau proyek dilaksanakan atau tidak dilaksanakan tidak berpengaruh pada keuangan perusahaan. Keputusan harus ditetapkan dengan menggunakan kriteria lain misalnya dampak investasi terhadap <i>positioning</i> perusahaan.

Berikut adalah perhitungan nilai NPV pada investasi industri perkebunan kelapa sawit dengan nilai investasi Rp.30.236.800.000,- dan tingkat bunga yang relevan sebesar 18%. Maka besarnya *net present value* yang akan dihasilkan adalah:

$$PV_{\text{penerimaan}} = \frac{9.870.000.000}{(1 + 0,18)^1} = Rp. 9.560.247.965$$

$$PV_{\text{investasi}} = \frac{30.236.800.000}{(1 + 0,18)^1} = Rp. 30.236.800.000$$

Maka *net present value* yang dihasilkan adalah:

$$NPV = PV_{\text{investasi}} - PV_{\text{penerimaan}}$$

$$NPV = 30.236.800.000 - 9.560.247.965$$

$$NPV = Rp. 20.676.552.035$$

3.4. Internal Rate of Return (IRR)

Internal rate of return (IRR) adalah metode perhitungan investasi dengan menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai investasi sekarang dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih dimasa datang. Rumus yang digunakan adalah:

$$IRR = i_1 \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_1 - i_2)$$
$$IRR = +18\% \left(\frac{20.676.552.035}{30.236.800.000} \right) 25\% - 20\%$$
$$IRR = +18\% (0,68) \times (5\%)$$
$$IRR = 21,4 \%$$

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan data dari studi kelayakan investasi perkebunan kelapa sawit oleh PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN) di Kabupaten Aceh Selatan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tersebut layak dilakukan. Hal ini dapat nilai berdasarkan perolehan nilai *net present value* (NPV) yang lebih besar daripada nol ($NPV > 0$), dengan *internal rate of return* (IRR) sebesar 21,4% dan *Payback Period* (PP) yaitu selama 3 tahun.

5. SARAN

Untuk investor yang ingin melakukan investasi khususnya pada perkebunan kelapa sawit, sebaiknya dilakukan studi kelayakan investasi yang tepat dan dapat mempertimbangkan faktor lainnya. Hal ini guna dilakukan agar para investor tidak mengalami kerugian dalam melakukan investasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. ASN, 2015, *Panduan Buku Perkebunan Kelapa Sawit*, PT. Agro Sinergi Nusantara (ASN), Jakarta.
- [2] Hutabarat, S., 2011, Evaluasi Investasi Perkebunan Kelapa Sawit Pola Pir di Desa Gading Sari Kec. Tapung Kab. Kampar, *Jurnal Sorot*, vol 6, no 1, hal 15-24.
- [3] Demiyati, T., & Priatna, W. B., 2013., Analisis Kelayakan Investasi Perkebunan Rakyat Kelapa Sawit Dengan Sistem Bagi Hasil Di Desa Budi Asih, Kecamatan Pulau Rimau, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan, *Forum Agribisnis*, vol 3, no 1, hal 33-54.
- [4] Irawan, H. T., & Pamungkas, I., 2019, Penetapan Harga Jual Batu Bata Pada UD. Bata Jaya dengan Menggunakan Metode Target Profit Pricing, *Jurnal Optimalisasi*, vol 5, vol 1, hal 1-9.
- [5] Cahyadi, E. R., 2013, Contract farming and risks for smallholders in the oil-palm industry in Indonesia, *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, vol 49, no 3, hal 381-382.

Analisis Ukuran Batubara Menggunakan Metode *Statistical Quality Control* di PT. Mifa Bersaudara

Gaustama Putra*¹, Rofi Rosalinda*²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar
e-mail: *¹gaustamaputra@utu.ac.id, *²rofiroosalinda@gmail.com

Abstrak

PT. Mifa Brothers berlokasi di Desa Peunaga Cut Ujong, Meureubo, Aceh Barat, Provinsi Aceh, yang bergerak di bidang penambangan batubara, yang memiliki 2 jenis ukuran, yaitu ukuran kecil (*finer coal* 50 mm) dan ukuran besar (*lumpy coal* 200 mm). Masalah yang terjadi di perusahaan ini adalah ukuran batubara sering tidak sesuai dengan permintaan pembeli, 2 jenis batubara sering dicampur, proses pengambilan sampel ukuran batubara masih dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu perlu dilakukan kontrol kualitas untuk menentukan batas kontrol ukuran batubara sehingga perusahaan dapat langsung memantau dari bagan kontrol perusahaan, sehingga dapat memudahkan perusahaan dalam meningkatkan proses yang melampaui batas kontrol statistik. Kontrol kualitas dapat dilakukan dengan menggunakan alat statistik untuk mengontrol proporsi kesalahan (*p-chart*) data harian/individu dari hasil pengambilan sampel ukuran batubara. Pada Januari 2019, 10 kapal dan 70 tongkang berjumlah total 550.000 mt, sehingga unit sampel yang diproduksi adalah 6860,1 peningkatan (20580,2 kg), data ketidaksesuaian ukuran batubara adalah 1.292 kg, dari perhitungan kontrol peta proporsi kesalahan yang diperoleh untuk P 6,11853, CL 6,1185, UCL 6,440771 dan LCL 5,796223. Dari hasil pengolahan data, perhitungan peta kontrol dari proporsi kesalahan ternyata bahwa pengamatan ke-5 dan ke-9 berada di luar batas kontrol statistik, perlu untuk merevisi hasil akhir dan diperoleh untuk P 4,782038, CL 4,782024, UCL 5,041432, LCL 4,522616.

Kata kunci - Kualitas, Kontrol Kualitas Statistik, Kontrol (np-Chart), Ukuran Batubara, Jenis Batubara

Abstract

PT. Mifa Brothers are located in Peunaga Cut Ujong Village, Meureubo, West Aceh, Aceh Province, which is engaged in coal mining, which has 2 types of size, namely small size (finer coal 50 mm) and large size (lumpy coal 200 mm). The problem that occurs in this company is that coal size is often not under buyer demand, 2 types of coal size are often mixed, the coal size sampling process is still done manually and takes a long time. Therefore it is necessary to do quality control to determine the coal size control limits so that the company can directly monitor from the company control chart, to facilitate the company in improving processes that go beyond the statistical control limits. Quality control can be carried out by using statistical tools to control the proportion of errors (p-chart) of daily/individual data from coal size sampling results. In January 2019, 10 ships and 70 barges totaling 550.000 mt, so the sample units produced were 6860,1 increases (20580.2 kg), coal size mismatch data were 12592 kg, from the map control calculation of the proportion of errors obtained for P 6,11853, CL 6,1185, UCL 6,440771 and LCL 5,796223. From the results of data processing, calculation of the control map from the proportion of errors turns out that the 5th and 9th observations are outside the limits of statistical control, it is necessary to revise the final results and obtained for P 4,782038, CL 4,782024, UCL 5,041432, LCL 4,522616.

Keywords - Quality, Statistical Quality Control, Control (np-Chart), Coal Size, Coal Type

1. PENDAHULUAN

PT. Mifa Bersaudara memiliki 2 tipe ukuran batubara yaitu ukuran kecil (*finer coal* 50 mm) dan ukuran besar (*lumpy coal* 200 mm). Untuk menentukan ukuran batubara dilakukan pada saat proses *crushing* batubara di *stockpile coal crusher plant*, dengan menerapkan sistem kontrol yang dikendalikan oleh *main controller* atau *supervisory computer*. Setelah melalui tahap *crushing* maka batubara akan dicurah melalui *conveyor* dan dipisah antara tumpukan *finer coal* dan *lumpy coal* kemudian di *loading* ke *truk* dan dikirim ke *hopper* untuk di *transfer* ke *stockpile port*.

Permasalahan yang terjadi ialah ketika batubara akan dimuat kedalam tongkang melalui *stockpile port* dengan bantuan alat berat *dozer* yang dikendalikan oleh operator untuk *dozing* batubara menuju *reclaim feeder belt conveyor* tidak sesuai dengan ukuran batubara yang seharusnya di muat, bahkan ukuran batubara juga sering tercampur antara *finer coal* dan *lumpy coal*, sehingga menimbulkan permasalahan dengan ketidaksesuaian ukuran batubara yang telah disepakati oleh pihak PT. Mifa Bersaudara dan pihak *buyer*. Kemudian dalam proses pengambilan sampel juga terdapat kendala dikarenakan masih menerapkan proses yang manual dengan menggunakan alat bantu *scoop* dalam keadaan *on transfer* batubara. Hal tersebut menyebabkan keterlambatan informasi yang mengakibatkan semakin besar terjadinya kesalahan dalam memenuhi spesifikasi batubara yang di inginkan pembeli.

Permasalahan diatas dapat diselesaikan dengan cara pengambilan sampel secara rutin di area *belt conveyor* saat proses *barging*, data yang telah diperoleh kemudian diolah dengan *statistical quality control*. *Statistical quality control* yang digunakan adalah *statistical process control* untuk data atribut dengan menggunakan peta kendali, salah satunya yang digunakan pada laporan ini yaitu peta kendali proporsi kesalahan (*p-chart*) model harian/individu yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan ketidaksesuaian ukuran batubara, karena fungsi dari *p-chart* model harian/individu yaitu untuk melihat apakah ketidaksesuaian/cacat produk yang dihasilkan masih dalam batas yang disyaratkan untuk setiap kali melakukan observasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Langkah Penelitian

Dalam melakukan pengolahan data menggunakan alat bantu statistik yang terdapat pada SQC yaitu peta kendali (*p-chart*) model harian/individu. Langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melakukan pengambilan *sampling unit* batubara per tongkang

Pengambilan sampel dilakukan pada saat proses *barging* batubara menuju tongkang, data yang diperoleh kemudian dihitung menggunakan rumus ASTM (*American Society for Testing and Materials*) untuk mencari nilai *increment* batubara dan ketidaksesuaian ukuran batubara yang disajikan dalam bentuk tabel.

$$Increment = \sqrt{\frac{Tonase}{1000}} \times 35 \dots\dots\dots (1)$$

2. Mengumpulkan data menggunakan *check sheet*

Data yang diperoleh dari perusahaan setelah melakukan pengambilan sampel (*increment*), dan data ketidaksesuaian ukuran batubara kemudian disajikan dalam bentuk tabel secara rapi dan terstruktur dengan menggunakan *check sheet*. Hal ini dilakukan agar memudahkan dalam memahami data tersebut sehingga bisa dilakukan analisis lebih lanjut.

3. Membuat peta kendali p

a. Untuk banyaknya sampel konstan

- Mengetahui proporsi kesalahan atau cacat pada sampel atau sub kelompok untuk setiap kali melakukan observasi:

$$P = \frac{X}{n} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- P = proporsi kesalahan
- X = banyaknya produk yang salah
- n = banyaknya sampel

- Garis pusat (center line) peta pengendali proporsi kesalahan ini adalah:

$$GP\ p = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g p_i}{g} - \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{n.g} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- \bar{p} = garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan
- p_i = proporsi kesalahan setiap sampel atau sub kelompok dalam setiap observasi
- n = banyaknya sampel yang diambil setiap kali observasi
- g = banyaknya observasi yang dilakukan

- Batas pengendali atas (BPA) dan batas pengendali bawah (BPB):

$$BPA\ p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (4)$$

$$BPB\ p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (5)$$

Apabila banyaknya sampel atau sub kelompok yang diambil setiap kali observasi sama, maka dapat digunakan pula peta pengendali banyaknya kesalahan (*np-chart*).

$$GP\ np = n\bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^g x_i}{g}} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

- np = garis pusat untuk peta pengendali banyaknya kesalahan
- x_i = banyaknya kesalahan dalam setiap sampel atau dalam setiap kali observasi
- g = banyaknya observasi yang dilakukan

- Standar deviasi untuk peta pengendali banyaknya kesalahan (*np-chart*) tersebut adalah:

$$\sigma_{np} = \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \dots\dots\dots (7)$$

$$BPA\ np = n\bar{p} + 3\sqrt{(n\bar{p}(1-\bar{p}))} \dots\dots\dots (8)$$

$$BPB\ np = n\bar{p} - 3\sqrt{(n\bar{p}(1-\bar{p}))} \dots\dots\dots (9)$$

b. Banyaknya sampel bervariasi

Peta pengendali proporsi kesalahan tersebut mempunyai tiga pilihan model [1]:

- Menggunakan peta pengendali model harian/individu:
 Penentuan garis pusat, batas pengendali bawah dan batas pengendali atasnya adalah:

$$(GP) p = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g p_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum \text{sampel}} \dots\dots\dots (10)$$

$$BPA p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{ni}} \dots\dots\dots (11)$$

$$BPB p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{ni}} \dots\dots\dots (12)$$

dimana:

p_i = proporsi kesalahan setiap sampel pada setiap kali observasi

x_i = banyaknya kesalahan setiap sampel pada setiap kali observasi

ni = banyaknya sampel diambil pada setiap kali observasi yang selalu bervariasi

g = banyaknya observasi

- Menggunakan peta pengendali model rata-rata

$$(GP) p = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g p_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{\sum \text{sampel}} \dots\dots\dots (13)$$

$$BPA p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (14)$$

$$BPB p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (15)$$

2.2. Data Shipment Batubara

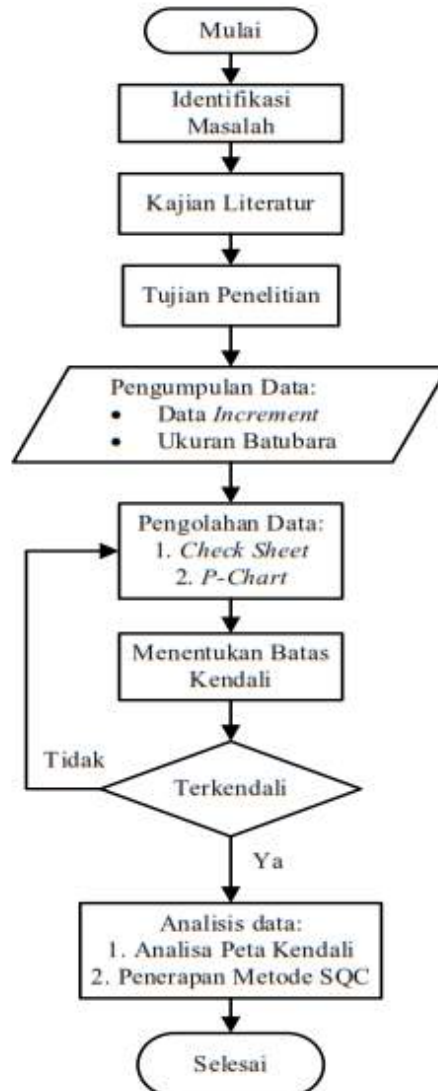
Data *shipment* batubara merupakan data pengkapalan batubara yang terjadi pada periode Januari 2019 terdapat 2 *buyer* yang melakukan transaksi di *port area*, yang berasal dari India dan juga China.

Tabel 1. Data Shipment Januari 2019 PT. Mifa Bersaudara

No.	Buyer	Vessel/ Barge	Quantity	Laycan Date/ Loading Date	Shipping Term	Destinat ion	Coal Size	Remarks
1	IMR Metallurgical Resources	MV TBN	55.000	01 - 07 Jan	FOB Vessel	India	Fines	Laycan Confirmed
2	Swiss Singapore Overseas Pte Ltd	MV Glovis Madrid	55.000	02 - 08 Jan	FOB Vessel	India	Lumpy	Laycan Confirmed
3	Agarwal Coal Corporation Pvt Ltd	MV TBN	55.000	09 - 15 Jan	FOB Vessel	India	Lumpy	Laycan Confirmed
4	Leyland International Pte Ltd	MV TBN	55.000	11 - 17 Jan	FOB Vessel	India	Lumpy	Laycan Confirmed
5	China Bai Gui International Trade Limited-	MV TBN	55.000	13 - 19 Jan	FOB Vessel	China	Fines	Laycan Confirmed
6	Adani Global FZE-	MV TBN	55.000	12 - 18 Jan	FOB Vessel	India	Lumpy	Laycan Confirmed
7	Agarwal Coal Corporation Pvt Ltd	MV TBN	55.000	15 - 21 Jan	FOB Vessel	India	Lumpy	Laycan Confirmed
8	HMS Bergbau Singapore Pte Ltd-	MV TBN	55.000	18 - 24 Jan	FOB Vessel	India	Lumpy	Laycan Confirmed

Tabel 1. Data *Shipment* Januari 2019 PT. Mifa Bersaudara (Lanjutan)

No.	Buyer	Vessel/ Barge	Quantity	Laycan Date/ Loading Date	Shipping Term	Destinat ion	Coal Size	Remarks
9	Swiss Singapore Overseas Pte Ltd	MV TBN	55.000	20 - 26 Jan	FOB Vessel	India	Lumpy	Laycan Confirmed
10	Agarwal Coal Corporation Pvt Ltd	MV TBN	55.000	25 - 31 Jan	FOB Vessel	India	Lumpy	Laycan Confirmed
	Total		550.000					



Gambar 1. *Flow Chart* Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengambilan *Sampling*

Data hasil pengambilan unit sampel batubara (*increment*) dan jumlah ketidaksesuaian ukuran batubara pada saat proses barging batubara menuju tongkang periode Januari 2019. Dengan menggunakan Persamaan (1), didapat total keseluruhan untuk setiap *vessel*. Data lengkap Tabel 2.

Tabel 2. Data Jumlah Ketidaksesuaian Ukuran Batubara Pada 10 *Vessel* Bulan Januari 2019

<i>Vessel</i>	<i>Quantity</i>	<i>Increment</i>	Ukuran sampel	Jumlah ketidaksesuaian ukuran (kg)	Proporsi ketidaksesuaian ukuran	<i>coal size</i>
1	55.000	686,0	2058,0	1211	58,84354	<i>finest coal</i>
2	55.000	686,6	2059,7	1200	58,26091	<i>lumpy coal</i>
3	55.000	685,9	2057,6	1241	60,31299	<i>lumpy coal</i>
4	55.000	685,9	2057,7	1267	61,5736	<i>lumpy coal</i>
5	55.000	686,2	2058,6	1410	68,49315	<i>finest coal</i>
6	55.000	685,7	2057,1	1237	60,1332	<i>lumpy coal</i>
7	55.000	686,3	2058,9	1241	60,2749	<i>lumpy coal</i>
8	55.000	685,9	2057,7	1220	59,2895	<i>lumpy coal</i>
9	55.000	685,5	2056,6	1340	65,15608	<i>lumpy coal</i>
10	55.000	686,1	2058,3	1225	59,51513	<i>lumpy coal</i>
Σ	550.000	6860,1	20580,2	12592	611,853	

3.2. *Check Sheet*

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di *port area*, jumlah ketidaksesuaian ukuran batubara pada semua tipe dengan menggunakan alat bantu *check sheet* rata-rata berjumlah 12592 kg. Rata-rata persentase jumlah ketidaksesuaian ukuran batubara sebesar 611,853%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat ketidaksesuaian ukuran batubara dalam setiap *vessel* masih cukup tinggi.

Tabel 3. *Check Sheet* Ketidaksesuaian Ukuran Batubara

Observasi	Ukuran sampel	jumlah ketidaksesuaian ukuran (kg)	Proporsi ketidaksesuaian ukuran	<i>coal size</i>
1	2058,0	1211	58,84354	<i>finest coal</i>
2	2059,7	1200	58,26091	<i>lumpy coal</i>
3	2057,6	1241	60,31299	<i>lumpy coal</i>
4	2057,7	1267	61,5736	<i>lumpy coal</i>
5	2058,6	1410	68,49315	<i>finest coal</i>
6	2057,1	1237	60,1332	<i>lumpy coal</i>
7	2058,9	1241	60,2749	<i>lumpy coal</i>
8	2057,7	1220	59,2895	<i>lumpy coal</i>
9	2056,6	1340	65,15608	<i>lumpy coal</i>
10	2058,3	1225	59,51513	<i>lumpy coal</i>
Σ	20580,2	12592	611,853	

3.3. Peta Kendali

Peta kendali (*p-chart*) memiliki manfaat untuk membantu pengendalian kualitas produk serta dapat memberikan informasi mengenai kapan dan dimana perusahaan harus melakukan perbaikan kualitas. Menggunakan persamaan (3) sd (5) diperoleh:

$$GP\ p = \frac{12592}{20580,2} = 0,61185$$

$$BPA\ p = 0,61185 + 3 \sqrt{\frac{0,61185(1-0,61185)}{2058,0}}$$

$$= 0,61185 + 3 \sqrt{0,00012}$$

$$= 0,644077$$

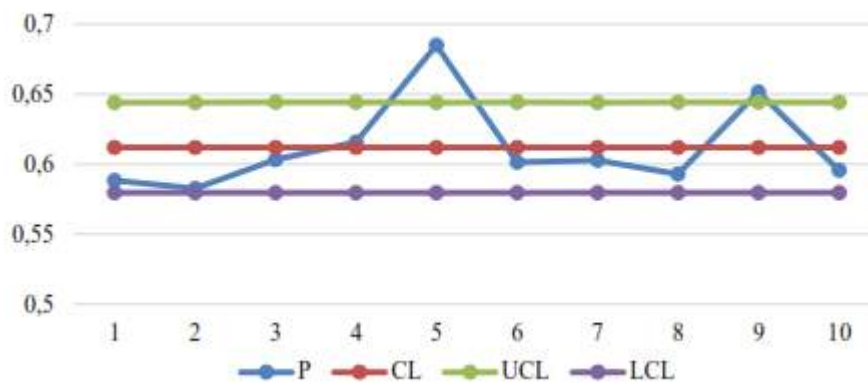
$$BPB\ p = 0,61185 - 3 \sqrt{\frac{0,61185(1-0,61185)}{2058,0}}$$

$$= 0,61185 - 3 \sqrt{0,00012}$$

$$= 0,579623$$

Tabel 4. Ketidaksesuaian Ukuran Batubara

Observasi	Ukuran sampel	Jumlah ketidaksesuaian ukuran (kg)	<i>P</i>	CL	UCL	LCL
1	2058,0	1211	0,588435	0,61185	0,644077	0,579623
2	2059,7	1200	0,582609	0,61185	0,644064	0,579623
3	2057,6	1241	0,60313	0,61185	0,64408	0,579623
4	2057,7	1267	0,615736	0,61185	0,64408	0,579621
5	2058,6	1410	0,684932	0,61185	0,644073	0,579628
6	2057,1	1237	0,601332	0,61185	0,644084	0,579616
7	2058,9	1241	0,602749	0,61185	0,64407	0,57963
8	2057,7	1220	0,592895	0,61185	0,64408	0,579621
9	2056,6	1340	0,651561	0,61185	0,644088	0,579612
10	2058,3	1225	0,595151	0,61185	0,644075	0,579626
Σ	20580,2	12592	6,11853	6,1185	6,440771	5,796223



Gambar 2. Peta Kendali Ketidaksesuaian Ukuran Batubara

Pencarian dilakukan hingga observasi terakhir agar diperoleh batas pengendali atas dan batas pengendali bawah seperti pada Tabel 4. Dari data dan Gambar 2 tampak bahwa pada

sampel ke-5 dan ke-9 berada diluar batas pengendali dan harus direvisi:

$$GP\ p = \frac{12592 - 1410 - 1340}{20580,2 - 2058,6 - 2056,6} = 0,597753$$

$$BPA\ p = 0,597753 + 3 \sqrt{\frac{0,597753(1 - 0,597753)}{2058,0}}$$

$$= 0,597753 + 3 \sqrt{0,000117}$$

$$= 0,63018$$

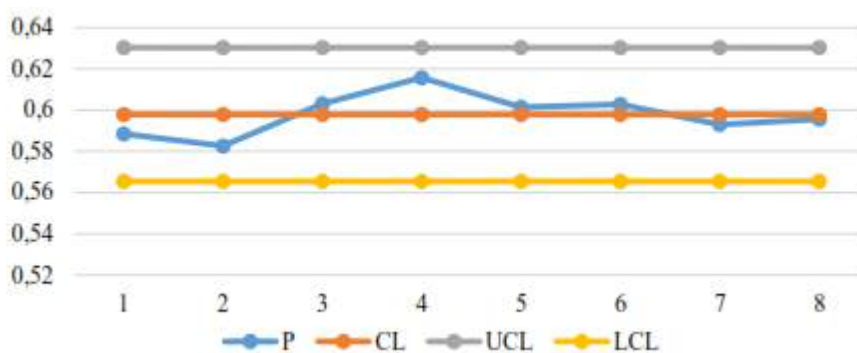
$$BPB\ p = 0,597753 - 3 \sqrt{\frac{0,597753(1 - 0,597753)}{2058,0}}$$

$$= 0,597753 - 3 \sqrt{0,000117}$$

$$= 0,565326$$

Tabel 5. Peta Kendali Ketidaksesuaian Ukuran Batubara (Setelah Revisi)

Observasi	Ukuran sampel	Jumlah ketidaksesuaian ukuran (kg)	<i>P</i>	CL	UCL	LCL
1	2058	1211	0,588435	0,597753	0,63018	0,565326
2	2059,7	1200	0,582609	0,597753	0,630167	0,565339
3	2057,6	1241	0,60313	0,597753	0,630183	0,565323
4	2057,7	1267	0,615736	0,597753	0,630182	0,565324
5	2057,1	1237	0,601332	0,597753	0,630187	0,565319
6	2058,9	1241	0,602749	0,597753	0,630173	0,565333
7	2057,7	1220	0,592895	0,597753	0,630182	0,565324
8	2058,3	1225	0,595151	0,597753	0,630178	0,565328
Σ	16465	9842	4,782038	4,782024	5,041432	4,522616



Gambar 3. Peta Kendali Ketidaksesuaian Ukuran Batubara Setelah Revisi

Setelah dilakukan revisi terhadap sampel yang berada diluar batas kendali, maka dapat dilihat dari Tabel 5 dan Gambar 3 tampak bahwa seluruh sampel telah berada dalam batas pengendali (*in statistical control*) sehingga tidak perlu diadakan revisi kembali

4. KESIMPULAN

Pelaksanaan pengendalian kualitas untuk ukuran batubara di PT. Mifa Bersaudara telah terlaksana dengan cukup baik, namun kurang efisien karena belum diterapkan pengambilan sampel secara otomatis, sehingga masih membutuhkan tenaga kerja untuk melakukan pengambilan sampel secara manual menggunakan mesin *mechanical sampling* dan alat bantu *scoop* dalam keadaan *on transfer* batubara. Pada periode Januari 2019 terdapat 10 *vessel* dan 70 tongkang yang berhasil bersandar di pelabuhan muat dengan kuantitas 550.000 mt, sehingga *sampling unit* yang di hasilkan sebanyak 6860,1 *increment* (20580,2 kg). Jumlah ketidaksesuaian ukuran batubara sebanyak 12592 kg. Dari hasil perhitungan peta kendali proporsi kesalahan didapatkan hasil untuk P 6,11853 CL 6,1185, UCL 6,440771, dan LCL 5,796223. Dari hasil yang didapatkan ternyata observasi ke-5 dan ke-9 berada diluar batas kendali statistik sehingga perlu dilakukan revisi yang hasil akhirnya didapatkan nilai untuk P 4,782038, CL 4,782024, UCL 5,041432, LCL 4,522616 data telah berada didalam batas kontrol statistik dan tidak perlu dilakukan revisi ulang.

5. SARAN

Sebaiknya ditambahkan pengawas dalam pelaksanaan *coal transfer* di *area port* agar pekerja alat berat dapat dikontrol dengan lebih teliti dalam kegiatan *dozing* batubara menuju *reclaim feeder* sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya ukuran batubara yang tercampur. Sebaiknya pada proses pengambilan sampel batubara di *area ship loader* diterapkan secara otomatis agar tidak membutuhkan waktu yang lama dalam pengambilan sampel batubara, dan mempercepat waktu dalam memberikan informasi pada pihak *captain of coal cargo superintending* yang bertugas mengesahkan proses jual beli batubara serta membuat sertifikat kualitas, kuantitas, dan *coal size* batubara yang akan di ekspor dari indonesia, sehingga kemungkinan terjadinya kesalahan sangat sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mitra, A., 2016, *Fundamentals of quality control and improvement*. John Wiley & Sons, New York.
- [2] Bakhtiar, S., Tahir, S., Hasni, R.A., 2013, Analisa Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC), *Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, vol 2 no 1 hal 29-36.
- [3] Heizer, J., Render, B., 2013, *Pengendalian Kualitas, Tujuan Pengendalian Kualitas*, Salemba Empat, Jakarta.
- [4] Irwan, I., Haryono, D., 2015, *Pengendalian Kualitas Statistik*, Alfabeta, Bandung.
- [5] Ishikawa, K., 1988, *Teknik Penuntun Pengendalian Mutu*, MSP, Jakarta.

Penjadwalan Produksi *Paving Block* Pada CV. Nibo Corporation Banda Aceh

Heri Tri Irawan*¹, Iing Pamungkas*², Arhami³

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

³Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

e-mail: *¹heritriirawan@utu.ac.id, *²iingpamungkas@utu.ac.id

Abstrak

Artikel ini menggunakan metode Palmer dalam melakukan penjadwalan produksi *paving block* pada CV. Nibo Corporation Banda Aceh. CV. Nibo Corporation bergerak pada usaha produksi *paving block* yang terletak di Kota Banda Aceh. Permasalahan yang dihadapi oleh CV. Nibo Corporation adalah sering kali terjadinya kelebihan produksi *paving block* yang jumlahnya melebihi pesanan sehingga mengakibatkan penumpukan produk di area penyimpanan. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan penjadwalan produksi *paving block* pada CV. Nibo Corporation. Adapun penjadwalan produksi *paving block* pada CV. Nibo Corporation akan menggunakan metode Palmer. Penelitian ini diawali dengan menghitung masing-masing waktu standar pada setiap *job*. Dari hasil penjadwalan maka perbandingan antara jadwal kerja awal pabrik yaitu sembilan jam kerja dalam satu hari dan dua puluh empat hari kerja dalam satu bulan. Sedangkan penjadwalan menggunakan metode palmer yaitu enam jam kerja dalam satu hari dan dua puluh empat hari kerja dalam satu bulan atau sembilan jam kerja dalam satu hari dan tujuh belas hari kerja dalam satu bulan. Dengan menggunakan metode palmer dapat mengurangi selisih produksi dan pemesanan setiap bulannya dari 31.000 menjadi 5.944 atau 3.000 perbulan, sehingga dapat mengurangi penumpukan produk *paving block*.

Kata kunci - *Paving block*, Palmer, Penjadwalan Produksi

Abstract

This paper uses the Palmer method to schedule paving block production in CV. Nibo Corporation Banda Aceh. CV. Nibo Corporation is engaged in the production of paving blocks located in the city of Banda Aceh. Problems faced by CV. Nibo Corporation often produces excess paving blocks than the number of orders that results in product accumulation in the storage area. The purpose of this study is to schedule paving block production in CV. Nibo Corporation. Paving block production scheduling in CV. Nibo Corporation will use the Palmer method. This research begins by calculating each standard time for each job. From the scheduling results, the comparison between the initial factory work schedule is nine hours of work in one day, and twenty-four working days in a month. While scheduling using the palmer method is six hours of work in one day and twenty-four working days in a month, or nine hours of work in one work day and seventeen days in a month. Using the palmer method can reduce the difference in production and orders every month from 31.000 to 5.944, or 3.000 per month, thereby reducing the accumulation of paving block products.

Keyword - *Paving Block*, Palmer, Production Scheduling

1. PENDAHULUAN

Kompetisi persaingan industri saat ini sangat ketat sehingga menyebabkan pertumbuhan industri mempengaruhi perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dalam melakukan produksi. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam suatu kegiatan produksi, seluruh aktivitas produksi terlebih dahulu harus direncanakan dengan baik dan matang. Upaya penjadwalan produksi untuk mendapatkan penugasan pekerjaan yang efektif pada setiap stasiun kerja, supaya tidak terjadi keterhambatan *job* (pekerjaan) sehingga dapat mengurangi waktu *idle* (menganggur) atau waktu menunggu untuk pengerjaan berikutnya.

CV. Nibo Corporation merupakan suatu usaha yang bergerak dibidang produksi *paving block* yang terletak di Kota Banda Aceh. Dalam proses produksinya, CV. Nibo Corporation Banda Aceh belum pernah melakukan penjadwalan produksi yang optimal. Hal ini tercermin dengan masih banyaknya penumpukan produk yang diakibatkan banyaknya hasil produksi dari pada pemesanan (*order*). Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan adanya penjadwalan produksi serta proses pengerjaan *job* yang lebih efektif pelaksanaan aktivitas proses produksinya, namun tetap memperhatikan dan mengutamakan kualitas produk. Penjadwalan adalah bagian yang sangat penting dalam proses produksi sebuah perusahaan karena penjadwalan merupakan bagian dari perencanaan dan pengendalian produksi [1].

Penjadwalan yang tidak tepat dapat menimbulkan masalah karena hanya mengandalkan pengalaman masa lalu dan perkiraan yang berdasarkan intuisi. Penjadwalan produksi yang tidak optimal maka akan menyebabkan penumpukan pekerjaan pada satu titik di mana hal tersebut dalam merugikan perusahaan.

Dengan adanya penjadwalan produksi yang baik tentunya hasil produksi akan semakin banyak dan kemungkinan timbulnya penumpukan produk, oleh karena penjadwalan harus dirubah dengan cara mengurangi jam kerja dan hari kerja, sehingga penjadwalan produksi akan lebih baik maka hasil produksinya pun akan relatif lebih tinggi dan semakin optimal. Penelitian ini akan menggunakan metode *Palmer*, sehingga diharapkan dapat menghasilkan solusi yang optimal dari penggunaan metode ini. Telah banyak penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Palmer* dalam melakukan penjadwalan produksi sehingga menghasilkan penjadwalan produksi yang optimal [2,3]. Selain itu, perbandingan dengan metode penjadwalan produksi lainnya dapat memperoleh hasil yang lebih baik sehingga terdapat opsi dalam pemilihan metode penjadwalan produksi [4,5].

Adapun tujuan penelitian ini yaitu melakukan penjadwalan produksi *paving block* pada CV. Nibo Corporation menggunakan metode *Palmer* untuk memperoleh jumlah produksi yang lebih optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada CV. Nibo Corporation yang berlokasi di Jl. Malikulsaleh, Lhong Raya, Banda Aceh. Adapun objek penelitian lebih terfokus pada penjadwalan produksi *paving block* yang menggunakan empat mesin produksi, yaitu dua untuk mesin pengadukan dan dua untuk mesin pencetakan. Keempat mesin tersebut memproduksi dua tipe *paving block*, yaitu *paving block* tipe kubus dan segi delapan.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Adapun data yang dibutuhkan terbagi atas dua, yaitu data primer dan data sekunder:

a. Data Primer

Untuk mendapatkan data primer ini peneliti langsung mengambil objek penelitian yang dipusatkan CV. Nibo Corporation Banda Aceh.

b. Data Sekunder

Untuk membantu melengkapi penelitian ini diperlukan data sekunder yaitu data yang diperoleh dari luar perusahaan atau sumber lain yang digunakan untuk mendukung penelitian ini. Data tersebut adalah data yang diperoleh dari jurnal online, media cetak dan sumber-sumber lainnya yang berkaitan langsung dengan penelitian ini.

2.2 Analisa Data

Adapun analisa data akan menggunakan metode penjadwalan *Palmer* dengan bentuk umum persamaannya untuk masing-masing *job* yaitu sebagai berikut:

$$S_i = - \sum_{j=1}^m (m - (2j - 1)) \cdot t_{ij} \quad (1)$$

di mana:

- Si = Nilai slope indeks
- M = Jumlah mesin yang dipakai
- J = Mesin yang digunakan untuk proses *job* 1
- 1 = *Job* yang diproses
- Tij = Waktu proses suatu *job* ke-i dan mesin ke-j.

Sebelum melakukan perhitungan dengan metode Palmer, terlebih dahulu akan dilakukan perhitungan waktu penyelesaian *job* pada setiap mesin yaitu sebagai berikut:

$$W_p = W_s \times \frac{D}{m} \quad (2)$$

di mana:

- Wp = Waktu proses setiap *job*
- Ws = Waktu standar
- D = Permintaan
- m = Jumlah mesin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Dan Pengolahan Data

Dari hasil perhitungan, waktu baku untuk masing-masing *job* pada setiap mesin dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Waktu Baku

<i>Job</i>	Waktu Baku Setiap <i>Job</i> (detik/menit)	
	Mesin 1 (Pengadukan)	Mesin 2 (Pencetakan)
1 (<i>paving block type</i> kubus)	9,681 menit	0,487 menit
2 (<i>paving block type</i> segi delapan)	9,681 menit	0,487 menit

Dari hasil waktu baku yang telah di peroleh, maka untuk selanjutnya dapat ditentukan waktu penyelesaian tiap *job* menurut data permintaan dan jumlah mesin sejenis seperti yang ditunjukkan pada berikut:

Tabel 2. Data Permintaan *Paving block*

Type	Permintaan
1 (<i>paving block type</i> kubus)	35.000 / bulan
2 (<i>paving block type</i> segi 8)	30.000 / bulan

Tabel 3. Jumlah Mesin Sejenis

Proses	Jumlah Mesin
1 (pencetakan)	2
2 (pengadukan)	2

Selanjutnya waktu penyelesaian *job* pada setiap mesin/proses dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Data Waktu Penyelesaian *Job*

<i>Job</i>	Waktu Pengerjaan (menit)	
	Pengadukan	Pencetakan
1 (<i>paving block type</i> kubus)	14118,09 menit	710,20 menit
2 (<i>paving block type</i> segi 8)	24202,5 menit	1217,5 menit

3.2 Penjadwalan dengan Metode Palmer

Penjadwalan dengan menggunakan metode Palmer dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Penjadwalan dengan Metode Palmer

<i>Job</i>	$S = -1(P1) + 1 (P2)$
1 (<i>paving block type</i> kubus)	-13407,89
2 (<i>paving block type</i> segi 8)	-22985

Jadi hasil perhitungan dengan menggunakan metode palmer dapat dilakukan berdasarkan nilai yang terkecil dari hasil penjadwalan adalah sebagai berikut:

Job sequence : 2-1

C_{max} : 9577,11 menit = 159,61 jam

Sehingga di dapat waktu kerja:

$$= \frac{159,61}{24 \text{ hari kerja}}$$

$$= 6,65 \text{ jam/hari}$$

Atau:

$$= \frac{159,61 \text{ Jam}}{9 \text{ jam kerja}}$$

$$= 17,73$$

$$= 17 \text{ hari}$$

Dari hasil panjadwalan sebelumnya adalah 24 hari kerja dalam sebulan dan 9 jam kerja dalam satu hari. maka dapat dibandingkan dengan hasil penjadwalan menggunakan metode palmer yaitu 24 hari kerja dalam sebulan dan 6 jam kerja dalam satu hari, atau 17 hari kerja dalam sebulan dan 9 kerja dalam sehari, maka dapat mengurangi penumpukan produk dari sebelumnya 96.000 *paving block*/bulan, sedangkan penjadwalan menggunakan metode palmer alternatif 1 menjadi 70.944 *paving block*/bulan, sedangkan menggunakan metode palmer secara alternatif 2 menjadi 68.000 *paving block*/bulan.

Tabel 6. Jadwal Kerja Pabrik Sebelum Dijadwalkan

No	Jadwal Kerja	Hari Kerja/bulan	Jam Kerja/Hari	Produksi		Pemesanan /bulan	Selisih
				Hari	Bulan		
1	Jadwal awal pada pabrik	24	9 jam	4000	96.000	65.000	31.000

Tabel 7. Jadwal Kerja Pabrik Setelah dijadwalkan dengan Metode Palmer

No	Jadwal Kerja	Hari Kerja/bulan	Jam kerja/hari	Produksi		Pemesanan /bulan	Selisih
				Hari	Bulan		
1	Jadwal metode palmer 1	24	6 jam	2955,55	70.944	65.000	5.944
2	Jadwal metode palmer 2	17	9 jam	4000	68.000	65.000	3.000

Jadi dari tabel 7 dapat kita lihat perbandingan antara jadwal kerja awal pabrik dengan jadwal menggunakan metode palmer, maka dengan metode palmer ini dapat mengurangi selisih produksi dan pemesanan setiap bulannya dari 31.000 menjadi 5.944 atau 3.000 perbulan, sehingga dapat menghindari terjadinya penumpukan produk *paving block*.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penjadwalan maka perbandingan antara jadwal kerja awal pabrik yaitu 9 jam kerja dalam 1 hari dan 24 hari kerja dalam 1 bulan, jadi jika penjadwalan menggunakan Metode Palmer yaitu 6 jam kerja dalam 1 hari dan 24 hari kerja dalam 1 bulan atau 9 jam kerja dalam 1 hari dan 17 hari kerja dalam 1 bulan. Maka dengan menggunakan metode Palmer ini dapat mengurangi selisih produksi dan pemesanan setiap bulannya dari 31.000 menjadi 5.944 atau 3.000 perbulan, sehingga dapat mengurangi penumpukan produk *paving block*.

5. SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan agar dapat menggunakan metode tambahan lainnya agar memperoleh hasil yang optimal dari setiap perbandingan metode yang ada. Selain itu, simulasi juga dapat diterapkan dalam penjadwalan produksi *paving block* dengan pendekatan algoritma heuristik lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ginting, R, 2009, *Penjadwalan Mesin*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [2] Nadia, V., Dewi, D. R. S., & Sianto, M. E., 2017, Penjadwalan Produksi dan Perancangan Persediaan Bahan Baku di PT. Wahana Lentera Raya, *Widya Teknik*, vol 9, no 2, hal 179-192.
- [3] Nurhasanah, N., Haidar, F. Z., Hidayat, S., Listianingsih, A., Agustini, D. U., & Hasanati, N. U., 2014, Penjadwalan Produksi Industri Garmen dengan Simulasi Flexsim. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol 2, no 3, hal 141-148.
- [4] Nova, M. K. M. H., & Ilhami, M. A., 2017, Usulan Penjadwalan Produksi Dengan Metode Campbell Dudek Smith, Heuristic Pour dan Palmer Untuk Meminimasi Makespan Di PT. Krakatau Wajatama, *Jurnal Teknik Industri Untirta*, vol 5, no 1, hal 46-51.
- [5] Mail, A., Nusran, M., Chairany, N., Nur, T., & Faturrahman, R., 2018, Analisis Penjadwalan Produksi dengan E-issn 2503-1430 Issn 2541-3090 Menggunakan Metode Campbell Dudeck Smith Dan Palmer Pada PT. Bobi Agung Indonesia, *Journal of Industrial Engineering Management*, vol 3, no 2, hal 41-47.

Analisa Pengendalian Bahan Baku Menggunakan Metode *Economic Order Quantity* di PT. Green Enterprises Indonesia

Gaustama Putra^{*1}, Riwi Rofita^{*2}

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar
e-mail: ^{*1}gaustamaputra@utu.ac.id, ^{*2}riwirofita767@gmail.com

Abstrak

Permintaan pasar yang tinggi menyebabkan masalah dalam kegiatan produksi tanpa disadari oleh perusahaan. Salah satu masalah yang sering dihadapi oleh perusahaan adalah terjadinya kekurangan dan kelebihan persediaan bahan baku yang menyebabkan perusahaan menjadi kurang produktif dalam proses produksinya. Pengelolaan bahan baku yang baik dan benar akan membantu kelancaran proses produksi sehingga pesanan konsumen dapat dipenuhi dengan waktu yang relatif lebih cepat. *Economic Order Quantity* (EOQ) adalah metode yang digunakan untuk mengoptimalkan pembelian bahan baku yang dapat mengurangi biaya persediaan sehingga efisiensi persediaan di perusahaan dapat berjalan dengan baik. PT. Green Enterprises Indonesia adalah perusahaan minyak kelapa yang memproduksi produk *Virgin Coconut Oil* (VOC). Pada tahun 2018, membeli 1.870 ton bahan baku dengan frekuensi memesan 216 kali dengan total biaya pembelian bahan baku Rp. 3.224.558.475. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode EOQ yang diperoleh untuk kebutuhan bahan baku 1435 ton, frekuensi pemesanan adalah 208 kali dengan total biaya Rp. 3.183.956.876. Dari perhitungan dapat disimpulkan bahwa ada penghematan bahan baku sebanyak 435 ton, frekuensi pemesanan 8 kali dengan penghematan Rp.40.601.599. Persediaan pengaman (*Safety Stock*) sebanyak 5,89 ton kelapa dan titik pemesanan kembali (*Re Order Point*) sebanyak 25,36 ton kelapa.

Kata Kunci - Pengendalian, Persediaan, EOQ, Buah kelapa, *Virgin Coconut Oil*

Abstract

High market demand causes problems in production activities without being realized by the company. One of the problems often faced by companies in the occurrence of shortages and excess inventory of raw materials which results in the company being less productive in its production process. Good and correct management of raw materials will help smooth the production process so that consumer orders can be fulfilled with a relatively faster time. Economic Order Quantity (EOQ) is a method used to optimize the purchase of raw materials that can reduce inventory costs so that inventory efficiency in the company can run well. PT. Green Enterprises Indonesia is a coconut oil company that manufactures Virgin Coconut Oil (VOC) products. In 2018, buying 1,870 tons of raw materials with a frequency of ordering 216 times with a total cost of purchasing raw materials Rp. 3,224,558,475. Based on calculations using the EOQ method obtained for raw material needs of 1435 tons, the order frequency is 208 times with a total cost of Rp. 3,183,956,876. From the calculations it can be concluded that there are savings of raw materials as much as 435 tons, ordering frequency 8 times with savings of Rp. 40,601,599. The safety stock is 5.89 tons of coconut and the Re-Order Point is 25.36 tons of coconut.

Keywords - Control, Supplies, EOQ, Coconut, *Virgin Coconut Oil*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang memerlukan perhatian khusus untuk mengolah sumber dayanya terutama pada sektor pertanian agar lebih kuat dan tangguh dalam menghadapi persaingan global. Salah satu sektor pertanian yang unggul di Indonesia adalah sektor perkebunan kelapa. Tanaman kelapa merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Pengendalian persediaan bahan baku merupakan usaha yang dilakukan oleh perusahaan termasuk keputusan yang diambil sehingga kebutuhan akan bahan baku untuk keperluan proses produksi dapat terpenuhi secara optimal dengan resiko

sekecil mungkin. Pengendalian persediaan adalah serangkaian kebijakan pengendalian untuk menentukan tingkat persediaan yang harus dijaga, kapan pesanan untuk menambah persediaan harus dilakukan dan berapa besar pesanan harus diadakan, jumlah atau tingkat persediaan yang dibutuhkan berbeda-beda untuk setiap perusahaan pabrik, tergantung dari volume produksinya, jenis perusahaan dan prosesnya [1]. Pengendalian persediaan bahan baku merupakan usaha yang dilakukan oleh perusahaan termasuk keputusan yang diambil sehingga kebutuhan akan bahan baku untuk keperluan proses produksi dapat terpenuhi secara optimal dengan resiko sekecil mungkin [2].

PT. Green Enterprises Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan buah kelapa yang berada di Kabupaten Simeulue yang memproduksi beberapa produk, diantaranya produk *Virgin Coconut Oil (VCO)*, *Cooking Coconut Oil (CCO)* dan *Coconut Flour*. PT. Green Enterprises Indonesia sering mengalami permasalahan pada persediaan bahan baku dimana sering terjadi kekurangan atau kelebihan. Bahan baku yang kurang akan mengakibatkan terhambatnya proses produksi, menganggurnya karyawan sampai dengan terhentinya operasi sehingga target yang ditentukan oleh perusahaan tidak tercapai. Persediaan yang berlebih akan menyebabkan penumpukan bahan baku sehingga bahan baku menjadi busuk, bertambah jam kerja (lembur), dan penambahan biaya penyimpanan. Pengelolaan bahan baku yang baik dan tepat akan membantu kelancaran proses produksi sehingga pesanan konsumen dapat dipenuhi dengan waktu yang relatif lebih cepat. *Economic Order Quantity (EOQ)* adalah salah satu metode yang dapat menentukan jumlah kebutuhan bahan baku, penentuan jumlah kuantitas pemesanan yang optimal, dan perusahaan dapat menentukan waktu pemesanan kembali (*Reorder Point*) agar pembelian bahan baku menjadi lebih ekonomis dan optimal. *Economic Order Quantity (EOQ)* berarti jumlah unit barang/bahan yang harus dipesan setiap kali mengadakan pemesanan agar biaya-biaya yang berkaitan dengan pengadaan persediaan minimal, atau jumlah unit pembelian yang paling optimal [3]. Penerapan metode EOQ pada persediaan bahan baku di PT Imeco Batam Tubular, di mana hasil dari penelitian menunjukkan bahwa metode EOQ dapat meminimalkan biaya persediaan dengan signifikan dan dapat menekan risiko kelebihan atau kekurangan persediaan bahan baku [4].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Langkah-Langkah *Economic Order Quantity (EOQ)*

- a. Menghitung biaya pemesanan dan penyimpanan per tahun.
- b. Menghitung biaya pemesanan sekali pesan.
- c. Menghitung biaya simpan per ton.
- d. Menghitung Total *Inventory Cost* aktual.
- e. Pengendalian persediaan dengan metode EOQ [5].

2.2. Perhitungan dengan Metode *Economic Order Quantity (EOQ)* [6]

- a. Menghitung Jumlah Pembelian yang Optimal

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H}}$$

dimana:

D : Permintaan Per Tahun (*Demand*)

S : Biaya pemesanan untuk sekali pemesanan (*Cost Of Ordering*)

H : Biaya penyimpanan per ton (*Cost of Holding*)

- b. Menghitung *Total Inventory Cost* (TIC) aktual

TIC atau TC = Biaya Pemesanan + Biaya Penyimpanan

$$TIC \text{ atau } TC = \left(\frac{D}{Q}\right)S + \left(\frac{Q}{2}\right)H$$

dimana:

Q : Kuantitas Optimal

D : Permintaan Per tahun

S : Biaya pemesanan untuk sekali pesan

H : Biaya simpan per ton

- c. Analisis Frekuensi Pemesanan (D):

$$N = \frac{\text{Permintaan } (D)}{\text{Kuantitas Pesanan } (M)}$$

dimana:

N : Frekuensi pembelian bahan baku

D : Jumlah (*demand*) yang dibutuhkan selama satu periode

M : Kuantitas pesanan dalam sekali pesan

- d. Analisis Persediaan Pengaman (SS):

$$\text{Safety Stock} = z \times \alpha$$

dimana:

z : Faktor pengaman

α : Standar deviasi permintaan dari tingkat kebutuhan

- e. Analisis Pemesanan Kembali atau *Re-order Point* (ROP):

$$ROP = (d \times L) + SS$$

dimana:

d : Tingkat Kebutuhan

L : Waktu Tenggang (*Lead Time*)

SS : Persediaan Pengaman (*Safety Stock*)

2.3. Pengumpulan Data

Data yang digunakan penelitian ini adalah data sekunder didapatkan dari perusahaan pada periode Tahun 2018. Data tersebut antara lain pembelian bahan baku, biaya pemesanan bahan baku, pemakaian bahan baku, biaya penyimpanan bahan baku, dan lain-lain.

2.3.1. Data pembelian bahan baku

Tabel 1. Data Pembelian dan Kebutuhan Bahan Baku Tahun 2018

Bulan	Pembelian Bahan Baku (Ton)	Pemakaian Bahan Baku (Ton)
Januari	160	130
Februari	150	125
Maret	155	105
April	156	110
Mei	159	125
Juni	153	110
Juli	158	120
Agustus	156	110
September	146	120
Oktober	159	125
November	158	100
Desember	160	120
Total	1870	1400



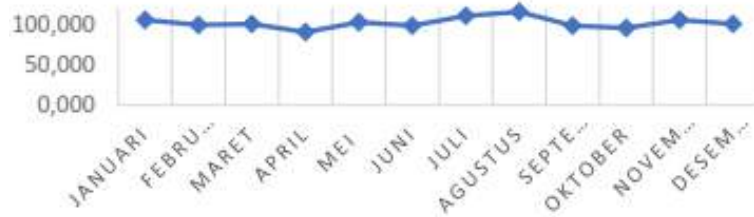
Gambar 1. Grafik Data Pembelian dan Kebutuhan Bahan Baku Tahun 2018

2.3.2. Data Biaya Pemesanan Bahan Baku

a. Biaya Telepon

Tabel 2. Data Biaya Telepon Tahun 2018

Bulan	Biaya Telepon (Rp)
Januari	105.000
Februari	99.000
Maret	100.000
April	90.000
Mei	102.000
Juni	98.000
Juli	110.000
Agustus	115.000
September	98.000
Oktober	95.000
November	105.000
Desember	100.000
Total	1.217.000



Gambar 2. Grafik Biaya Telepon Tahun 2018

b. Biaya Pemrosesan Pesanan

Tabel 3. Data Biaya Proses dan Adminstrasi Tahun 2018

No	Komponen Biaya	Biaya (Rp)
1.	Biaya Pemrosesan Pesanan	3.366.000.000
2.	Biaya Adminstrasi	2.000.000
	Total	3.368.000.000

2.3.3. Data Biaya Penyimpanan

a. Biaya Listrik

Januari sd Desember: @ Rp. 250.000 x 12 = Rp. 3.000.000

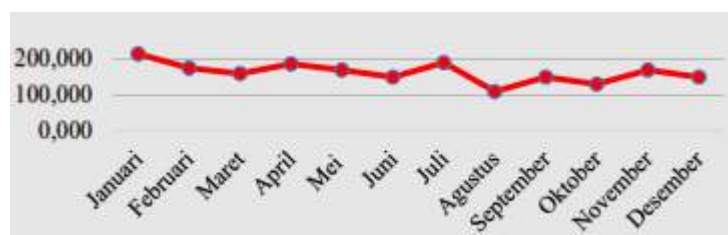
b. Biaya Tenaga Kerja

Januari sd Desember: @ Rp. 4.000.000 x 12 = Rp. 48.000.000

c. Biaya Pemeliharaan Gudang

Tabel 4. Data Biaya Pemeliharaan Gudang Tahun 2018

Bulan	Biaya Pemeliharaan Gudang
Januari	Rp. 215.000
Februari	Rp. 175.000
Maret	Rp. 160.000
April	Rp. 187.000
Mei	Rp. 170.000
Juni	Rp. 150.000
Juli	Rp. 190.000
Agustus	Rp. 110.000
September	Rp. 150.000
Oktober	Rp. 130.000
November	Rp. 170.000
Desember	Rp. 150.000
Total	Rp. 1.957.000



Gambar 3. Data Biaya Pemeliharaan Gudang Tahun 2018

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Aktual Perusahaan (Kebijakan Perusahaan)

1. Frekuensi pemesanan per tahun : 216
2. Waktu tunggu (*leadtime*) : 3 hari
3. Hari kerja : 288 hari
4. Harga Bahan baku : 1800/kg
5. Pembelian rata-rata : 9 ton

3.2. Perhitungan Total Biaya Pesan dan Biaya Simpan

a. Biaya Pesan

1. Biaya Telepon	Rp.	1.217.000
2. Biaya Administrasi	Rp.	2.000.000
3. <u>Biaya Pemrosesan Pesan</u>	Rp.	<u>3.366.000.000</u>
Total Biaya Pesan	Rp.	6.583.000.000

b. Biaya Simpan

1. Biaya Listrik	Rp.	3.000.000
2. Biaya Tenaga Kerja (2 x 2.000.000 x 12)	Rp.	48.000.000
3. <u>Biaya Pemeliharaan Gudang</u>	Rp.	<u>1.957.000</u>
Total Biaya Simpan	Rp.	52.957.000

3.3. Perhitungan Biaya Pesan dan Biaya Simpan

- a. Biaya Pemesanan untuk Sekali Pesan (S)
 $S = \text{Rp. } 6.583.000.000 / 216 = \text{Rp. } 30.476.852$
- b. Biaya Penyimpanan Per ton (H)
 $H = \text{Rp. } 52.957.000 / 1870 = \text{Rp. } 28.319 \text{ per ton}$

3.4. Total *Inventory Cost*

$$TC = \left(\frac{1870}{9} \times 30.476.852 \right) + \left(\frac{9}{2} \times 28.319 \right)$$

$$TC = 6.332.412.582 + 127.437$$

$$TC = \text{Rp. } 6.332.540.019$$

Total biaya persediaan berdasarkan kondisi aktual perusahaan sebesar Rp.6.332.540.019.

3.5. Perhitungan Berdasarkan Metode *Economic Order Quantity* (EOQ)

a. Analisis Jumlah Pembelian Bahan Baku yang Optimal

$$Q = \sqrt{4.024.981}$$

$$Q = 2.006 \text{ Ton}$$

b. Analisis Biaya Persediaan Bahan Baku yang Ekonomis

$$TC = 28.410.625 + 28.403.957$$

$$TC = \text{Rp. } 56.814.582.$$

c. Analisis Frekuensi pembelian

$$N = \frac{1870}{9}$$

$$N = 208 \text{ kali.}$$

d. Analisis Persediaan Pengaman (*Safety Stock*)

Untuk menghitung persediaan pengaman (*Safety Stock*) digunakan metode statistik dengan membandingkan rata-rata bahan baku dengan pemakaian bahan baku sesungguhnya setelah itu dicari penyimpangannya. Perhitungan *Standard Deviasi* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Standard Deviasi

Bulan	X	\bar{X}	$(X - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$
Januari	160	155	5	25
Februari	150	155	-5	25
Maret	155	155	0	0
April	156	155	1	1
Mei	159	155	4	16
Juni	153	155	-2	4
Juli	158	155	3	9
Agustus	156	155	1	1
September	146	155	-9	81
Oktober	159	155	4	16
November	158	155	3	9
Desember	160	155	5	25
Total	1.870			212

Mencari nilai standar deviasi dari α yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N}}$$

$$= \sqrt{18}$$

$$= 4.24$$

$$\text{Safety Stock} = Z \times \alpha$$

$$SS = 1.65 \times 4.24$$

$$SS = 7 \text{ Ton}$$

e. Analisis Titik Pemesanan Kembali atau *Re-Order Point* (ROP)

PT. Green Enterprises Indonesia memiliki waktu tunggu pemesanan bahan baku selama 7 hari *lead time* (L) 3 hari, dengan jumlah hari kerja (t) 288 hari dalam setahun.

$$d = \frac{D}{t}$$

$$d = \frac{1870}{288}$$

$$d = 6.49$$

Maka titik pemesanan kembali ROP adalah:

$$\text{ROP} = (d \times L) + SS$$

$$= (6.49 \times 3) + 7$$

$$= 19.47 + 5.89$$

$$= 26.48 \text{ Ton}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) menunjukkan bahwa kuantitas pemesanan bahan baku optimal yang harus diterapkan oleh perusahaan adalah sebanyak 2.006 Ton dengan jumlah frekuensi pemesanan 208 kali dalam satu tahun. Dengan metode *Economic Order Quantity* menunjukkan bahwa total biaya persediaan bahan baku yang ekonomis sebesar Rp.56.814.582. Dalam kondisi aktual perusahaan, perusahaan tidak menetapkan jumlah persediaan pengaman (*safety stock*) dan titik pemesanan kembali (*reorder point*) sedangkan dalam metode EOQ, perusahaan harus menyediakan *safety stock* dan *reorder point*. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui jumlah persediaan pengaman (*safety stock*) yang dibutuhkan PT. Green Enterprises Indonesia sebanyak 7 ton. Dengan adanya *safety stock* akan sangat berpengaruh terhadap upaya perusahaan dalam mempertahankan kelancaran proses produksi. Perusahaan harus melakukan pemesanan kembali (*reorder point*) pada saat persediaan bahan baku digudang sudah mencapai jumlah 26.48 ton. Hasil perhitungan berdasarkan kondisi aktual perusahaan dengan menggunakan *economic order quantity* (EOQ) dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Perbandingan Kebijakan Perusahaan dengan Metode EOQ

No.	Keterangan	Kebijakan Perusahaan	Metode EOQ
1.	Pembelian bahan baku	1870 Ton	2006 Ton
2.	Total <i>inventory Cost</i>	Rp. 6.332.540.019	Rp. 56.814.582
3.	Frekuensi pemesanan	216 Kali	208 Kali
4.	<i>Safety Stock</i>	-	7 Ton
5.	<i>Reorder Point</i>	-	26.48 Ton

5. SARAN

Berdasarkan kesimpulan hasil pengolahan data dan pembahasan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan sebaiknya menerapkan metode EOQ dalam melakukan pengendalian persediaan bahan baku karena terbukti menghasilkan total biaya persediaan yang lebih efisien melalui kuantitas dan frekuensi pembelian bahan baku yang optimal.
2. Perusahaan sebaiknya menentukan besarnya *safety stock* dan *reorder point* dalam melakukan pengendalian persediaan bahan baku untuk mengantisipasi kemungkinan kekurangan bahan baku dan kemungkinan keterlambatan bahan baku yang dipesan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Herjanto, E., 2013, *Manajemen Produksi dan Operasi Cetakan Ketiga*. PT. Grasindo, Jakarta.
- [2] Haruddin, H., & Fitra, M., 2016, Pengendalian Persediaan Bahan Baku Reactor Coating Solution-1 (rcs-1) Dalam Mengefisienkan Biaya Persediaan Pada Pt. tpc Indo Plastic and Chemicals, kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur, *Prosiding Semnastek*.
- [3] Margaretha, F., 2011, *Manajemen Keuangan Untuk Manajer Non Keuangan*, Erlangga, Jakarta.
- [4] Salesti, J., 2014, Analisis Penerapan Metode Economic Order Quantity pada Persediaan Bahan Baku Studi Kasus PT. Imeco Batam Tubular, *Jurnal Measurement*, vol 8, no 3.
- [5] Heizer, J., & Render, B., 2015, *Manajemen Operasi: Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan*, Salemba Empat, Jakarta.
- [6] Handoko, T. H., 2000, *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi Edisi 1*, BPFE, Yogyakarta.

Evaluasi Interval Penggantian Preventif pada Komponen Kritis *Screw Conditioner*

Adib*¹, T.M. Azis Pandria*², Rita Hartati*³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar
e-mail: *¹a_db73@ymail.com, *²azispandria@utu.ac.id, *³ritahartati@utu.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengusulkan jadwal penggantian bagian penting mesin kritis di lini cengkeh PT. Hanjaya Mandala Sampoerna Tbk. Dari pengamatan langsung, sekrop merupakan bagian kritis pada proses *conditioning* dari lini cengkeh dan tembakau. Salah satu sekrop *conditioner*, Garbuio Dickinson sekrop *conditioner* diamati sebagai mesin dengan *downtime* paling kritis pada lini tersebut. Analisis lebih lanjut menggunakan grafik menunjukkan bahwa *conditioner* sekrop motor adalah masalah utama pada kerusakan mesin. Indeks perhitungan tepat diterapkan untuk menemukan waktu kegagalan dan distribusi waktu perbaikan berdasarkan indeks tertinggi dari setiap distribusi kegagalan. Estimasi kemungkinan maksimum dimulai dari menemukan MTTF dan MTTR (dalam jam) untuk distribusi yang dipilih. Akhirnya, dihitung interval waktu terbaik untuk mengganti bagian penting dalam rangka meningkatkan keandalan komponen dan ketersediaan mesin. Hasil penggantian preventif ini meningkatkan keandalan komponen sebesar 80% dan ketersediaan mesin sebesar 0,245%.

Kata kunci – MTTF, MTTR, Perawatan Preventif, RCM, MLE, Age Replacement Method

Abstract

This research is propose the replacement schedule of a critical part of a critical machine in a the clove line of PT. Hanjaya Mandala Sampoerna Tbk. From the direct observation, the screw conditioning process is the critical process of the the tobacco production in clove line. One of the screw conditioner, Garbuio Dickinson screw conditioner, was observed as the machine with the most downtime in clove line. Further analysis using chart reveals that the motor screw conditioner is the main problem to the machine breakdown. Index of fit calculations were applied to find the time to failure and time to repair distribution by looking at the highest index of fit of each failure distribution. Maximum Likelihood Estimator step was undergone to find the MTTF and MTTR (in hours) for the chosen distribution. Finally, the best time interval to replace the critical part in order to increase the component reliability and machine availability was calculated. Result of this preventive replacement is increases the component reliability by 80% and the machine availability by 0.245%.

Keyword – MTTF, MTTR, Preventive Maintenance, RCM, MLE, Age Replacement Method

1. PENDAHULUAN

Saat ini lingkungan bisnis semakin kompetitif terutama pada industri tembakau, dimana perusahaan saling bersaing dengan perusahaan lainnya dalam rangka mencapai kepuasan pelanggan. Kondisi ini telah memaksa perusahaan untuk meningkatkan proses mereka guna memuaskan pelanggan yang berefek pada meningkatnya keuntungan.

PT. Hanjaya Mandala Sampoerna Tbk. ("Sampoerna") merupakan salah satu perusahaan tembakau terkemuka di Indonesia yang memproduksi beberapa merek rokok kretek (cengkeh) terkenal, seperti Sampoerna Kretek (sebelumnya disebut sebagai Sampoerna A hijau), Sampoerna A Mild, dan "raja Kretek" yang legendaris Dji Sam Soe. Tujuan dari perusahaan ini adalah menawarkan pengalaman merokok terbaik untuk perokok dewasa di Indonesia. Sampoerna melakukan ini dengan terus mencari apa yang sebenarnya konsumen inginkan dan memberikan

produk terbaik untuk memenuhi harapan mereka, dan Sampoerna bangga dengan reputasi kualitas, inovasi, dan keunggulan.

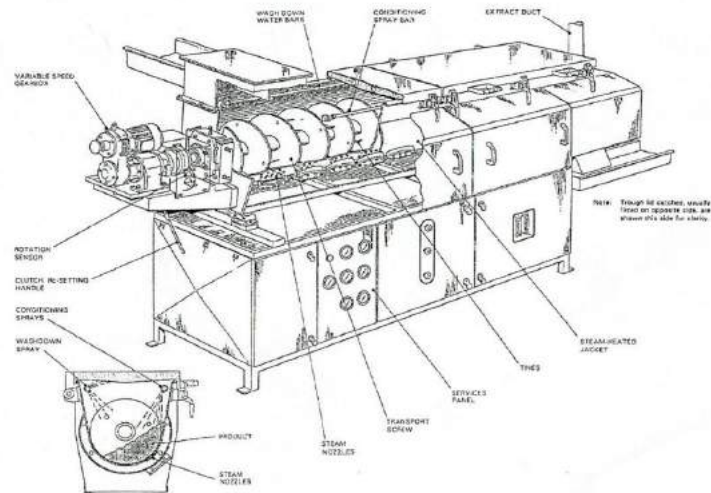
Untuk mencapai hal tersebut, PT. Hanjaya Mandala Sampoerna Tbk., Menggunakan banyak mesin dan salah satunya adalah *Screw Conditioner Garbuio Dickinson*. Mesin tersebut digunakan untuk mengkondisikan produk pada tingkat kelembaban yang diperlukan saat pemotongan. *Screw Conditioner* biasanya membentuk bagian dari garis pengolahan dan dapat dikontrol secara manual atau dengan sistem kontrol elektronik terpusat.

Conditioning proses cengkeh adalah menambahkan bahan cengkeh (MC) untuk mendapatkan bahan elastis dengan mendapatkan hasil optimal dari *Cutter* saat proses *Cutting*. Saat diaplikasikan dalam keadaan panas akan terjadi banyak dampak negatif yang menyebabkan kerusakan mesin. Dampak panas yang tidak merata ini terjadi hingga 10 kali dalam seminggu yang dapat mengakibatkan *downtime* produksi sehingga tidak dapat mencapai target produksi. Selain itu, berdasarkan keputusan manajemen di PT. Hanjaya Mandala Sampoerna Tbk, kondisi mesin mungkin mengalami kerusakan ketika target produksi meningkat. Perusahaan meningkatkan target produksi mereka tanpa mempedulikan kapasitas mesin itu sendiri, dengan demikian operator akan mengalami kesulitan untuk mempersiapkan jadwal pemeliharaan preventif sehingga kondisi ini menjadi perhatian utama bagi perusahaan.

1.1. *Screw Conditioning Clove*

Pengendali untuk mesin adalah motor pendorong dan merupakan unit yang dipasang terarah di ujung *feed* kondisioner. *Secrew* terbuat dari material *stainless steel* dan memiliki pengayuh yang dipasang secara tetap pada baja palung *stainless*. Produk dijatuhkan di pada ujung pengumpan kedalam screw yang berputar dan kayuh mengangkat produk untuk disebarkan ke ujung pembuang. Untuk membantu pergerakan produk, mesin dimiringkan satu derajat menuju ujung pelepasan. Dasar palung dilengkapi dengan beberapa set nozel uap yang mengarah ke dalam melalui palung untuk mengantarkan uap ke produk saat melewati mesin. Bagian *conditioner* mesin dipasang pada sasis baja ringan bercat yang dibangun dari bagian berongga linting panas. Asap dan uap yang tidak diinginkan diekstraksi oleh kipas dan dibuang melalui sistem pembuangan yang dipasang pada ujung pengumpan dan keluar melewati mesin.

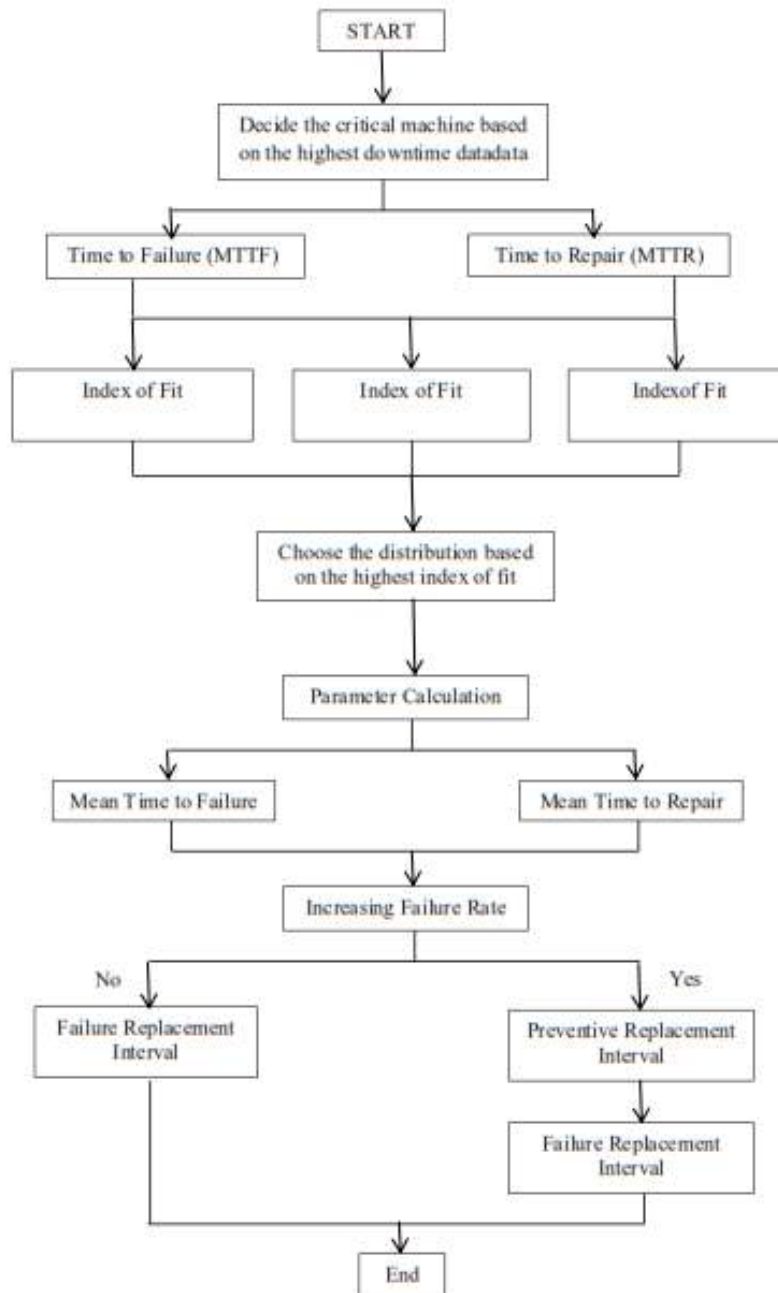
Produk ini diberi masukan terkontrol mealui inlet dari screw conditioner kedalam bagian pertama. Saat screw berputar, produk diangkat dan dijatuhkan disepanjang screw hingga ke ujung pembuang dimana produk tersebut jatuh kedalam mesin. Sebagian produk yang lain berjalan melalui mesin tersebut dan dipanaskan oleh uap di sekitar *secrew* dan uap yang ada disekitar palung. Cairan pendingin disemprotkan pada produk dari nozel yang dipasang di bawah kelopak bagian atas mesin, dan gerakan mengayuh memastikan cairan pendingin terdistribusikan secara merata pada produk. Akhir keluaran produk mesin dilepaskan ke konveyor untuk dipindahkan ke tahapan proses berikutnya. Penjelasan detil dari elemen mesin ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Garbuio Dickinson Screw Conditioner*

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dijelaskan dalam bentuk langkah-langkah pada gambar berupa diagram alir.



Gambar 2. Research Framework

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Keputusan untuk Mesin Kritis

Semua data kerusakan di *Clove line* di PT. Hanjaya Mandala Sampoerna Tbk. Dikumpulkan dari Januari 2012 sampai Februari 2012. Dari data yang ditemukan *Garbuio Dickinson screw conditioner* memiliki kerusakan terbesar dan *downtime* di *line* cengkeh, dan dikategorikan sebagai mesin kritis.

3.2. Keputusan untuk Part Kritis

Penyebab *downtime* untuk *Screw Conditioning Machine* di *line* cengkeh adalah *Motor screw conditioning Trip*, seperti data yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah *Breakdown* pada *Line* Cengkeh

No	<i>Breakdown</i>	Jumlah Kejadian					Jumlah
1	Zero Waycon	5	0	0	0	0	5
2	Waiting Material	0	0	1	0	0	1
3	<i>Motor screw conditioning</i>	10	1	21	18	4	54
4	Preheating	3	0	1	0	0	4
5	Silo Bulking	1	0	0	0	0	1

Berdasarkan perhitungan menunjukkan jumlah terbesar *breakdown* mesin Garbuio Dickinson *Screw conditioner* berada pada *line* cengkeh adalah *motor screw conditioning Trip*. *Motor* ini memiliki rata-rata 10 jumlah peristiwa (*breakdown*) dalam seminggu, dan kondisi ini seharusnya menjadi masalah bagi perusahaan untuk mencapai target produksi.

3.3. Waktu Kegagalan dan Perhitungan Waktu perbaikan

Setelah diketahui bagian penting dalam mesin *screw conditioner*, maka langkah berikutnya adalah menghitung waktu kegagalan dan interval waktu untuk memperbaikinya. Waktu interval kegagalan dihitung dengan menghitung saat mesin bisa beroperasi setelah kegagalan pertama sampai mesin menghadapi kegagalan kedua dan seterusnya. Waktu untuk memperbaiki interval dihitung dengan menghitung ketika mesin menghadapi kegagalan sampai mesin bekerja dengan baik lagi. Berikut adalah contoh waktu kegagalan dari *motor screw conditioning* dari 6 Februari 2012 sampai 9 Februari 2012 dan waktu untuk memperbaiki *motor screw conditioning* pada 6 Februari, 2012 dengan perhitungan seperti tampak pada Tabel 2. Untuk waktu perbaikan mulai dari 10.00-10.41 adalah 41 menit atau 0.68 jam.

Tabel 2. Waktu Kegagalan

Tanggal	Waktu mulai	Waktu akhir	Jumlah
6 Februari 2012 s.d. 8 Februari 2012	10.41	10.41	48 Jam
8 Februari 2012 s.d. 9 Februari 2012	10.41	12.34	21.58 Jam
Jumlah			69.58 Jam

Tabel 3. Perhitungan Waktu Kegagalan dan Waktu Perbaikan

No.	Tanggal	Waktu Kegagalan	Waktu Kegagalan (Jam)	Waktu Perbaikan	Waktu Perbaikan (Jam)	<i>Downtime</i> (Jam)
1	6 Februari, 2012	10.00-10.41	-	10.00-10.41	0.68	0.68
2	9 Februari, 2012	08.16-08.23	69.58	08.16-08.23	0.11	0.11
3	9 Februari, 2012	12.34-12.49	4.18	12.34-12.49	0.25	0.25
4	13 Februari, 2012	10.34-10.50	93.75	10.34-10.50	0.26	0.26
5	13 Februari 2012	14.16-14.46	3.43	14.16-14.46	0.5	0.5
6	13 Februari, 2012	16.26-16.55	1.66	16.26-16.55	0.48	0.48

3.4. Perhitungan Indeks Kecocokan

Berdasarkan data pada Tabel 3 tampak waktu kegagalan *motor screw conditioning* dan waktu perbaikan *motor screw conditioning*. Langkah berikutnya adalah menemukan indeks kecocokan dari setiap distribusi (Weibull, Normal, dan Lognormal) dengan mengurutkan waktu kegagalan dan waktu perbaikan dari data terkecil ke data terbesar dan pendekatan ini lebih akurat dari pada plot probabilitas. Beberapa metode perhitungan dari indeks kecocokan adalah :

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} \quad (1)$$

di mana : $t_i \leq t_{i+1} = n$ *ordered failure times*
 $n = r =$ *the total failure time for a complete data*
 $n = N =$ *the total of the sensor observed data*

Langkah selanjutnya adalah memilih indeks tertinggi yang sesuai dari setiap distribusi waktu kegagalan dan waktu perbaikan berdasarkan Indeks kecocokan untuk melengkapi garis regresi.

Tabel 4. *Index of Fit Result for Time to Failure Distribution*

<i>Index of Fit for Time to Failure Distribution</i>	
Normal	0.2293
Lognormal	0.2401
Weibull	0.1953

Berdasarkan Tabel 4 indeks tertinggi yang sesuai untuk waktu kegagalan pada distribusi Lognormal terdistribusi sebagai regresi baris.

Tabel 5. *Index of Fit Result for Time to Repair Distribution*

<i>Index of Fit for Time to Repair Distribution</i>	
Normal	0.2024
Lognormal	0.1992
Weibull	0.1826

Berdasarkan Tabel 5 indeks tertinggi kecocokan waktu perbaikan terdistribusi normal sebagai garis regresi garis. Indeks kecocokan tertinggi dipilih setiap kali waktu kegagalan dan waktu perbaikan distribusi Lognormal distribusi untuk waktu untuk kegagalan dan distribusi normal untuk waktu untuk perbaikan memiliki indeks kecocokan tertinggi.

3.5. Perhitungan *Maximum Likelihood Estimator* (MLE)

Langkah berikutnya adalah menghitung parameter *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR).

3.5.1. Perhitungan MLE *Time to Failure* untuk Distribusi Lognormal

Nilai perhitungan terhadap MLE ditampilkan pada tabel 6 dari *Time to Failure* untuk contoh distribusi Lognormal

Tabel 6. Perhitungan MLE *Time to Failure* untuk Distribusi Lognormal

i	t_i	$\ln(t_i)$	$(\ln t_i)/n$	$(\ln t_i - \mu)^2$
1	1.66	0.5068	0.1013	3.5475
2	3.43	1.2325	0.2465	1.3405
3	4.18	1.4303	0.2860	0.9216
4	69.58	4.2424	0.8484	3.4302
5	93.75	4.5406	0.9081	4.6237
Total	172.6	11.9526	2.3903	13.8635

3.5.2. Perhitungan MLE *Time to Repair* untuk Distribusi Normal

Pada Tabel 7. Dibawah ini menampilkan hasil perhitungan *Time to Repair* berdasarkan MLE untuk contoh distribusi normal.

Tabel 7. Perhitungan MLE *Time to Repair* untuk distribusi Normal

I	ti	ti-t bar	$((ti-t bar)^2)/(n-1)$
1	0.11	-0.27	0.0145
2	0.25	-0.13	0.0033
3	0.26	-0.12	0.0028
4	0.48	0.1	0.002
5	0.5	0.12	0.0028
6	0.68	0.3	0.018
Total	2.28	0	0.0434

Kesimpulan dari hasil MTTF dan MTTR sebagaimana ditampilkan pada Tabel 8, dimana pada tabel tersebut tampak nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) adalah 43,668 jam dan *Mean Time to Repair* (MTTR) adalah 0,38 jam.

Tabel 8. Hasil MTTF dan MTTR

MTTF and MTTR	
MTTF (in hours)	43.668 hours
MTTR (in hours)	0.38 hours

3.6. Perhitungan Interval Penggantian Preventif

Langkah selanjutnya adalah menghitung interval penggantian preventif berdasarkan metode usia, dengan asumsi waktu penggantian akibat kegagalan sama dengan waktu untuk melakukan penggantian preventif. Metode tersebut dapat jabarkan sebagai :

$$R(t_p) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (2)$$

$$F(t_p) = 1 - R(t_p) \quad (3)$$

$$M(t_p) = \frac{\int_0^{t_p} t f(t) dt}{1 - R(t_p)} \quad (4)$$

$$D(t_p) = \frac{T_p \cdot R(t_p) + T_f \cdot [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p) \cdot R(t_p) + [M(t_p) + T_f] \cdot [1 - R(t_p)]} \quad (5)$$

- di mana: T_f = *the time to do failure replacement*
 T_p = *the time to do preventive replacement*
 t_p = *the preventive replacement interval*
 $R(t_p)$ = *the probability of preventive cycle*
 $F(t_p)$ = *the probability of failure cycle*
 $D(t_p)$ = *the total downtime per unit time*
 $M(t_p)$ = *the mean of truncated distribution at t_p*

3.7. Perhitungan Keandalan

Rumus keandalan yang bisa digunakan sebelum melaksanakan penggantian preventif pada MTTF adalah:

$$R(t_p) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (6)$$

dan rumus keandalan yang bisa digunakan setelah pelaksanaan penggantian preventif di MTTF adalah:

$$R(t - nT) = 1 - \emptyset \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t - nT}{t_{med}} \right) \quad (7)$$

dan rumus keandalan kumulatif dengan pelaksanaan penggantian preventif di MTTF adalah:

$$R_m(t) = \left[1 - \emptyset \left(\frac{1}{s} \ln \frac{T}{t_{med}} \right) \right]^n \left[1 - \emptyset \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t - nT}{t_{med}} \right) \right] \quad (8)$$

Berdasarkan perhitungan keandalan komponen setelah perhitungan interval penggantian preventif meningkat sebesar 80%.

3.8. Perhitungan Ketersediaan

Berdasarkan perhitungan ketersediaan mesin setelah interval penggantian preventif meningkat sebesar 0,245%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan awal penelitian ini adalah untuk menemukan waktu yang tepat melakukan penggantian preventif pada bagian penting dari mesin kritis, berikut adalah kesimpulan tersebut:

1. Pada mesin Garbuio Dickinson secrew conditioner terdapat komponen kritis yaitu *motor screw conditioning*.
2. Interval untuk melakukan penggantian preventif komponen kritis yang paling baik adalah setiap 41 jam.
3. Penggantian preventif ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan komponen sebesar 80% dan ketersediaan mesin sebesar 0,245%.

5. SARAN

Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat pada mesin *Garbuio Dickinson secrew conditioner* dapat dilakukan perhitungan menggunakan metode yang lain selain dari metode yang telah disebutkan dalam penelitian ini sebagai pembandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ebeling, C. E., 1997, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, The McGraw-Hill Companies, Inc., Singapore.
- [2] Moubray, J., 1991, *Reliability-Centered Maintenance*, Butterworth-Heinemann Ltd., London
- [3] Gasperz, V., 1992, *Analisis Sistem Terapan: Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*, Tarsito, Bandung.
- [4] Jardine, A. K. S., 1973, *Maintenace, Replacement, and Reliability*, The Pitman Press, Great Britain.
- [5] Jardine, A. K. S., 2006, *Maintenance, Replacement, and Reliability*. Taylor and Francis Group, New York.
- [6] Campbell, J. D., 1999, *The Reliability Handbook volume 23 issue 6*, Clifford/Elliot Ltd., Burlington
- [7] Ridwan, Asep, Purnomo, Herry, and Syalihin, 2011, Design Maintenance of Critical Machine Based on Reliability Centered Maintenance (RCM) to Improve Reliability and Availability, *Proceeding of the 12th International Conference on QiR (Quality in Research)*, pp 1814-1820.

Analisis Postur Kerja Operator pada Area Pengantongan Pupuk Menggunakan Metode OWAS di PT. Pupuk Iskandar Muda

Sofiyannurriyanti*¹, Agus Ardiyansyah*², Cut Apriani Rahayu*³

^{1,3}Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

²BPBD Provinsi Jawa Timur

e-mail: *¹Sofiyannurriyanti@utu.ac.id, *²agusardiyansyah7@gmail.com,

*³cutapriani2004@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di PT. Pupuk Iskandar Muda terletak di Jalan Medan-Banda Aceh Desa Tambon Baroh, Kecamatan Dewantara, Kabupaten Aceh Utara, Provinsi Aceh. Penelitian dilakukan di bagian departemen distribusi PT. Pupuk Iskandar Muda di bagian gudang lini I. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keluhan *musculoskeletal disorders* atau gangguan otot pada operator *manual handling*, untuk menentukan tingkat resiko *musculoskeletal disorders* atau gangguan otot pada operator *manual handling*, mengetahui bentuk-bentuk perbaikan dari resiko dan keluhan yang diidentifikasi. Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis sikap kerja yaitu metode *ovako work posture analysis system* (OWAS). Hasil penelitian pada postur kerja operator pada area pengantongan terdapat 4 elemen kegiatan di perusahaan pupuk yaitu pengisian pupuk, pelipatan *inner* (bagian dalam kantong pupuk), penjahitan kantong pupuk, tidak mengalami gangguan pada otot dengan nilai 1 artinya tidak perlu ada perbaikan, sedangkan pada bagian penyusunan pupuk ke palet mengalami gangguan otot dan ada keluhan dengan nilai 3 artinya diperlukan perbaikan secepatnya.

Kata kunci - Ergonomi, OWAS, Musculoskeletal Disorders

Abstract

This research was conducted at PT. Pupuk Iskandar Muda is located on Jalan Medan-Banda Aceh, Tambon Baroh Village, Dewantara District, North Aceh Regency, Aceh Province. The study was conducted in the distribution department of PT. Pupuk Iskandar Muda in warehouse line I. This study aims to analyze the level of musculoskeletal disorders or muscle disorders in manual handling operators, to determine the level of risk of musculoskeletal disorders or muscle disorders in manual handling operators, find out the forms of improvement of risks and complaints identified. One method used to analyze work attitudes is the ovako work posture analysis system (OWAS) method. The results of the study on the operator's work posture in the bagging area, there are 4 elements of activities in the fertilizer company, namely filling the fertilizer, folding inner (inside the fertilizer bag), sewing the fertilizer bag, not experiencing interference on the muscle with a value of 1 meaning there is no need for improvement, whereas in the part the preparation of fertilizer to the palette has muscle disorders and there is a complaint with a value of 3 meaning that immediate repair is needed.

Keywords - Ergonomics, OWAS, Musculoskeletal Disorders.

1. PENDAHULUAN

Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari perilaku manusia dengan lingkup kerja. Ergonomi ini dapat ditinjau secara anatomi, fisiologi, *engineering*, manajemen dan perancangan desain. *Manual material handling* atau pemindahan material merupakan semua pekerjaan pengangkatan beban material yang meliputi aktivitas kegiatan memutar, membengkokkan,

meraih, menurunkan mendorong, menarik, membawa dan menahan. Aktivitas manual *manual material handling* ini seringkali mengalami gangguan kesehatan sehingga harus dikurangi agar tidak menimbulkan gangguan pada sistem *musculoskeletal*. Keluhan *musculoskeletal disorders* merupakan keluhan pada bagian otot skeletal yang dirasakan seorang bekerja dari keluhan ringan sampai berat [1].

Musculoskeletal Disorders (MSDs) merupakan penyakit atau gangguan pada postur kerja berupa otot, sendi, tendon dan tulang rawan pada sistem saraf [2]. Adapun contoh kondisi yang menimbulkan gejala antara lain penggunaan tenaga yang berlebihan, pengulangan gerakan berlebihan, postur kerja yang tidak mendukung, posisi sikap kerja yang bertahan lama, peningkatan kecepatan gerakan saat membungkuk atau berputar. Metode biomekanika merupakan salah satunya analisis postur kerja yaitu *Ovako Work Posture Analysis System* (OWAS). OWAS merupakan suatu metode untuk mengevaluasi dan menganalisa sikap kerja yang tidak nyaman dan berakibat pada cedera *musculoskeletal disorders* [3]. OWAS merupakan metode analisis sikap kerja yang mendefinisikan pergerakan bagian tubuh punggung, kaki, lengan, dan berat badan pada pekerja [4]. Hasil penelitian menunjukkan metode OWAS ini sangat efektif digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi sikap posisi kerja untuk dapat direkomendasi metode kerja yang baik digunakan [5]. Penelitian terdahulu mengenai OWAS menunjukkan ada 4 postur kerja yang memerlukan perbaikan yaitu pada kategori skor 4 yakni perbaikan perlu dilakukan sekarang juga pada elemen 1 kegiatan postur kerja pada proses pembuatan arang briket [6]. Postur kerja tubuh merupakan titik penentu dalam menganalisis postur tubuh dalam bekerja yang efektif dan ergonomis yang diperoleh apabila postur tubuh kerja terjadi kelelahan, kelainan dalam bentuk tulang sehingga hasil pekerjaan mengalami penurunan tidak sesuai diharapkan [7].

PT Pupuk Iskandar Muda merupakan sebuah perusahaan yang menghasilkan produk pupuk subsidi dan non-subsidi. Di perusahaan ini terdapat banyak departemen. Dalam hal ini penulis ditempatkan di Departemen Distribusi bagian Gudang Lini-I. Di gudang ada beberapa aktivitas yang dilakukan, salah satunya yang masih melakukan aktivitas *manual material handling* yaitu aktivitas pengantongan pupuk. Pada aktivitas ini penulis mengamati adanya posisi kerja duduk dan berdiri, membutuhkan ketelitian cukup tinggi, tingkat pengulangan kerja tinggi pada satu jenis otot, berinteraksi dengan benda tajam seperti mesin pengantongan, mesin penjahit kantong, juga terjadi kebisingan, getaran berlebih. Aktivitas pengantongan pupuk untuk mengetahui apakah postur kerja dari pekerja sudah benar sehingga pekerja dapat merasakan kenyamanan dalam bekerja yang pada akhirnya tidak menimbulkan kecelakaan kerja. Postur kerja yang salah dapat juga dilakukan oleh pekerja dikarenakan karena pemakaian fasilitas kerja yang tidak ergonomis dari dimensinya yang tidak disesuaikan dengan antropometri dari pemakainya.

Penelitian ini dilakukan pada departemen distribusi PT. Pupuk Iskandar Muda di bagian gudang lini I. penelitian ini fokus pada pengamatan dan pengambilan data pada postur kerja operator melihat ada aktivitas dari pekerja dan operator yang masih menggunakan *manual material handling*.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengumpulan Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh melalui pengisian kuisioner pada 4 operator manual material handling pada area pengantongan pupuk. Pada bagian pengantongan dari hasil observasi dan penilaian postur kerja dapat diambil dari hasil dokumentasi foto pada area kerja.

Penelitian ini menggunakan kuisioner *nordic body map* untuk mendapatkan data

individu pada tingkat keluhan MSDs atau gangguan otot. Kuisisioner *nordic body map* merupakan satu *check list ergonomic* yang digunakan untuk mengetahui bagian tubuh manusia bagian mana yang terasa sakit [8]. Ada 9 bagian utama yaitu leher, bahu, punggung bagian atas, punggung bagian bawah, pinggang, lutut, pergelangan tangan tumit atau kaki.

2.2. Tahapan Analisis Postur Kerja

Tahapan selanjutnya adalah menganalisis dan menilai postur sikap kerja untuk mengetahui bentuk postur sikap kerja pada saat tubuh pekerja melakukan aktivitas yang dilakukan dengan metode OWAS dengan klasifikasi sikap kerja sebagai berikut [9]:

a. Klasifikasi Sikap Kerja

Klasifikasi sikap bagian tubuh yang diamati untuk dianalisa dan dievaluasi yaitu sebagai berikut [10]:

1. Sikap Punggung: dikatakan lurus dengan nilai 1, membungkuk nilai 2, memutar atau miring kesamping nilai 3 dan membungkuk dan memutar atau membungkuk ke depan dan menyamping nilai 4.
2. Sikap lengan: dikatakan kedua lengan berada dibawah bahu maka nilai 1, jika satu lengan berada pada atas atau diatas bahu maka nilai 2, jika kedua lengan berada pada atau diatas bahu maka nilai 3.
3. Sikap kaki: dikatakan duduk maka nilai 1, jika berdiri dengan keadaan kedua kaki lurus maka nilai 2, jika berdiri dengan beban berada pada salah satu kaki maka nilai 3 dan jika berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut sedikit di tekuk maka nilai 4, jika Berdiri bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk maka nilai 5, Berlutut pada satu atau kedua lutut maka nilai 6 dan jika berjalan maka nilai 7.
4. Beban kerja: dikatakan Berat beban adalah kurang dari 10 Kg ($W=10$ Kg) maka nilai 1, jika Berat beban adalah kurang dari 10-20 Kg (10 Kg $< W=20$ Kg) maka nilai 2, dan jika berat beban adalah lebih dari 20 kg ($W>20$ kg) maka nilai 3.

b. Penilaian Analisis Postur Kerja Metode *Ovako Work Posture Analysis System* (OWAS)

Hasil dari analisa postur kerja OWAS terdiri dari empat level skala sikap kerja yang berbahaya bagi para pekerja yaitu sebagai berikut:

1. Kategori 1: Sikap ini tidak ada masalah pada sistem *muskuloskeletal* (tidak berbahaya). Tidak perlu ada perbaikan.
2. Kategori 2: Sikap ini berbahaya pada sistem *musculoskeletal* (postur kerja mengakibatkan pengaruh ketegangan yang signifikan). Perlu perbaikan dimasa yang akan datang.
3. Kategori 3: Sikap ini berbahaya pada sistem *musculoskeletal* (postur kerja mengakibatkan pengaruh ketegangan yang sangat signifikan). Perlu perbaikan segera mungkin.
4. Kategori 4: Sikap ini sangat berbahaya pada sistem *musculoskeletal* (postur kerja ini mengakibatkan risiko yang jelas). Perlu perbaikan secara langsung/ saat ini juga.

Nordic Body Map merupakan *tools* berupa kuisisioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan atau kesakitan pada tubuh. Kuisisioner ini dikembangkan oleh Kourinka pada tahun 1987, selanjutnya pada tahun 1992 Dickinson memodifikasinya. Responden yang mengisi kuisisioner diminta untuk memberikan tanda ada tidaknya gangguan pada bagian area tubuh tersebut. *Nordic Body Map* ditujukan untuk mengetahui lebih detail bagian tubuh yang mengalami gangguan atau rasa sakit saat bekerja. [10].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis postur kerja operator area pengantongan menggunakan metode *Ovake Work Posture Analysis System (OWAS)*. Dapat dilihat pada Gambar 1.

a. Operator 1 Pengisian Pupuk.



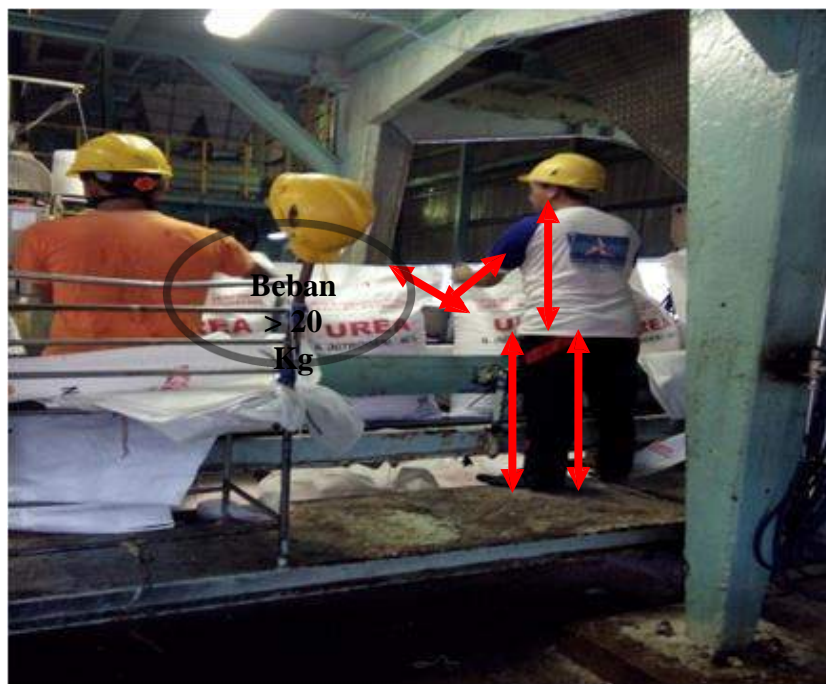
Gambar 1. Postur Kerja Operator 1 Pengisian Pupuk

Berdasarkan Gambar 1, untuk penilaian punggung diberi nilai 1 karena punggung dalam keadaan lurus. Untuk penilaian lengan diberi nilai 1 karena kedua lengan berada di bawah bahu. Untuk penilaian kaki diberi nilai 2 karena posisi berdiri dengan keadaan kedua kaki lurus. Kemudian untuk penilaian beban diberi nilai 1 karena berta beban kurang dari 10 Kg. Selanjutnya nilai-nilai yang sudah didapat kita masukkan ke dalam Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Penilaian OWAS Opeator 1 Pengantongan Pupuk

Back	Arms	1			2			3			4			5			6			7			Legs Use Of Force
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	3	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	3	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

b. Operator 2 Pelipatan *Inner* (bagian dalam kantong pupuk)



Gambar 2. Postur Kerja Operator 2 Pelipatan *Inner*

Berdasarkan Gambar 2, untuk penilaian punggung diberi nilai 1 karena punggung dalam keadaan lurus. Untuk penilaian lengan diberi nilai 1 karena kedua lengan berada di bawah bahu. Untuk penilaian kaki diberi nilai 2 karena posisi berdiri dengan keadaan kedua kaki lurus. Kemudian untuk penilaian beban diberi nilai 3 karena berat beban lebih dari 20 Kg. Selanjutnya nilai-nilai yang sudah didapat kita masukkan ke dalam Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Penilaian OWAS Operator 2 Pelipatan *Inner*

Back	Arms	1			2			3			4			5			6			7			Legs
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Use Of Force
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	3	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	3	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
4	1	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

c. Operator 3 Penjahitan Kantong Pupuk



Gambar 3. Postur Kerja Operator 3 Penjahitan Kantong Pupuk

Berdasarkan Gambar 3, untuk penilaian punggung diberi nilai 1 karena punggung dalam keadaan lurus. Untuk penilaian lengan diberi nilai 1 karena kedua lengan berada di bawah bahu. Untuk penilaian kaki diberi nilai 1 karena posisi kaki dalam keadaan duduk. Kemudian untuk penilaian beban diberi nilai 3 karena berat beban lebih dari 20 Kg. Selanjutnya nilai-nilai yang sudah didapat kita masukkan ke dalam Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Penilaian OWAS Opeator 3 Penjahitan Kantong

Back	Arms	1			2			3			4			5			6			7			Legs	Use Of Force
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3		
3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4		
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	3	4		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	3	1		
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1		
4	3	2	3	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1			
	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4			
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4			
3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4				

d. Operator 4 Penyusunan Pupuk ke Palet



Gambar 4. Postur Kerja Operator 4 Penyusunan Pupuk ke Palet

Berdasarkan Gambar 4, untuk penilaian punggung diberi nilai 2 karena punggung dalam keadaan membungkuk kedepan. Untuk penilaian lengan diberi nilai 1 karena kedua lengan berada di bawah bahu. Untuk penilaian kaki diberi nilai 4 karena posisi berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut sedikit ditekuk. Kemudian untuk penilaian beban diberi nilai 3 karena berat beban lebih dari 20 Kg. Selanjutnya nilai-nilai yang sudah didapat kita masukkan ke dalam Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Penilaian OWAS Operator 4 Penyusunan Pupuk Ke Palet

Back	Arms	1			2			3			4			5			6			7			Legs Use Of Force
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	1	3	4		
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	3	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	3	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	1		
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4		

4. KESIMPULAN

1. Dari hasil analisis tingkat keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MsDs) atau gangguan otot menggunakan metode OWAS terhadap keempat operator *Manual Handling* area pengantongan menunjukkan bahwa operator 1, 2, dan 3 tidak begitu mengalami gangguan otot karena dari hasil penilaian didapatkan skor dengan nilai 1 yang artinya tidak perlu ada perbaikan. Pada operator 4 mengalami gangguan otot dan beberapa keluhan karena dari tabel penilaian didapatkan skor dengan nilai 3 yang artinya diperlukan perbaikan secepat atau sesegera mungkin.
2. Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) terhadap operator *Manual Handling* area pengantongan menimbulkan keluhan pada bagian tubuh dengan presentase keluhan terbanyak terdapat pada bagian siku kiri, siku kanan, dan betis kanan.
3. Bentuk-bentuk perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi atau mencegah keluhan *musculoskeletal disorders* pada operator *Manual Handling* area pengantongan dengan membuat perancangan fasilitas kerja dan perbaikan metode kerja. Sehingga dapat menurunkan tingkat terjadinya risiko *musculoskeletal disorders* pada operator saat beraktivitas.

5 SARAN

Dapat Menambahkan metode RULA, REBA dan QEC untuk lebih spesifik lagi terhadap penilaian postur kerja serta untuk mengetahui lebih tingkat keluhan yang dirasakan oleh operator

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Grandjean, E., 1993, *Fitting The Task to The Man. 4th ed*, Taylor & Francis Inc., London.
- [2] Osha, E., 2000, *The Study of Work US Department of Labor Occupational Safety and Health Administration*, Washington, DC.
- [3] Wijaya, A., 2008, *Analisis Postur Kerja dan Perancangan Alat Bantu untuk Aktifitas Manual Material Handling Industri Kecil*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [4] Pamula, A. R., (2012, *Analisis Postur Kerja pada Aktivitas Manual Material Handling dengan Menggunakan Metode Penilaian Ovako Work Analysis System (Owas) pada Pekerja Unit di PT. X Wilayah Semarang*, Faculty of Public Health.
- [5] Mattila, M., Karwowski, W., & Vilkki, M., 1993, Analysis of working postures in hammering tasks on building construction sites using the computerized OWAS method. *Applied ergonomics*, vol 24, no 6, hal 405-412.
- [6] Bastuti, S., & Zulziar, M., 2020, Analisis Postur Kerja dengan Metode OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) dan QEC (Quick Exposure Checklist) untuk Mengurangi Terjadinya Kelelahan Musculoskeletal Disorders di PT. Truva Pasifik, *JITMI Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol 2, no 2, hal 116-125.
- [7] Susihono, W., & Rubiati, E., 2013, Perbaikan Metode Kerja Berdasar Rapid Upper Limb Assessment (RULA) pada Perusahaan Konstruksi dan Fabrikasi, *Spektrum Industri*, vol 11, no 1.
- [8] Priyono, J., 2014, *Analisis Postur Kerja dan Redesign Peralatan Kerja Menggunakan Metode Quick Exposure Check (QEC) Pada Operator Kerajinan Pencetakan Gerabah, Studi Kasus: Home Industry Bapak Sutrisno, Wedhi, Bayat, Klaten*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [9] Bintang, A. N., & Dewi, S. K., 2017, Analisa postur kerja menggunakan metode owas dan rula, *Jurnal Teknik Industri*, vol 18, no 1, hal 43-54.
- [10] Karhu, O., Härkönen, R., Sorvali, P., & Vepsäläinen, P., 1981, Observing working postures in industry: Examples of OWAS application, *Applied ergonomics*, vol 12, no 1, hal 13-17.

Strategi Pengurangan Risiko Kerusakan Pada Komponen Kritis *Boiler* di Industri Pembangkit Listrik

Iing Pamungkas*¹, Heri Tri Irawan²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar
e-mail: *¹iingpamungkas@utu.ac.id

Abstrak

Artikel ini menggunakan pendekatan failure mode and effect analysis (FMEA) dalam merumuskan strategi pengurangan risiko kerusakan pada komponen kritis bagian boiler pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Nagan Raya. Boiler merupakan salah satu bagian penting dalam sistem produksi PLTU. Masalah di bagian boiler adalah frekuensi kerusakan yang relatif tinggi dibandingkan dengan bagian lain. Tujuan penelitian ini adalah mengusulkan strategi pengurangan risiko kerusakan pada komponen kritis boiler menggunakan pendekatan failure mode and effect analysis (FMEA). Usulan pengurangan risiko kerusakan akan memprioritaskan pada komponen kritis yang memiliki nilai risk priority number (RPN) tertinggi. Adapun strategi yang berhasil dirumuskan yaitu untuk komponen cyclone separator, melakukan pemeriksaan dan perawatan preventif secara berkala dan terjadwal khususnya pada return leg agar tidak terjadi penumpukan partikel padat pada sistem fluida. Untuk komponen primary air fan dan induced draft fan, harus melaksanakan standar operational procedure (SOP) pada saat mengoperasikan fan agar tidak mengalami vibrasi tinggi, serta secara rutin menyeimbangkan rotor yang terdapat pada fan. Sedangkan untuk komponen coal feeder, mengawasi aliran batubara dengan detail agar tidak menumpuk pada satu titik tertentu yang dapat menyebabkan kebocoran pada flange outlet.

Kata kunci - *Boiler*, Risiko Kerusakan, Failure Mode and Effect Analysis, Risk Priority Number

Abstract

This paper uses the failure mode approach and effect analysis (FMEA) in formulating a risk reduction strategy for damage to critical components of the boiler section of the Nagan Raya steam power plant. Boilers are an important part of the production system of steam power plants. The problem in the boiler section is the relatively high damage frequency compared to other parts. The aim of this study is to propose a risk reduction strategy for critical boiler components using a failure mode approach and effect analysis (FMEA). The proposed damage risk reduction will prioritize important components that have the highest risk priority number (RPN). The strategy that was successfully formulated was for the cyclone separator component, to carry out periodic and scheduled preventive checks and maintenance, especially on the return leg to prevent the accumulation of solid particles in the fluid system. Primary air fans and induced draft fan components, they must perform standard operational procedures (SOP) when operating the fan so that they do not experience high vibrations, and routinely balance the rotor contained in the fan. As for the coal feeder components, monitor the coal flow in detail so that it does not accumulate at one particular point, which can cause leakage at the outlet flanges.

Keywords - *Boiler, Failure Risk, Failure Mode and Effect Analysis, Risk Priority Number*

1. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan dunia saat ini masih bergantung dengan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Kapasitas produksi yang relatif besar dan harga bahan baku yang terjangkau menjadikan PLTU sebagai pembangkit listrik yang sangat populer digunakan sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat. Indonesia merupakan salah satu Negara yang mayoritas pembangkit listriknya masih menggunakan PLTU dan keberadaannya

tersebar merata diseluruh wilayah. PLTU Nagan Raya merupakan salah satu PLTU yang ada di Indonesia yang terletak di Provinsi Aceh dan milik PT. PLN (Persero) yang mayoritas sahamnya dikuasai oleh pemerintah Indonesia. PLTU Nagan Raya memiliki kapasitas pembangkit sebesar 2x110 megawatt.

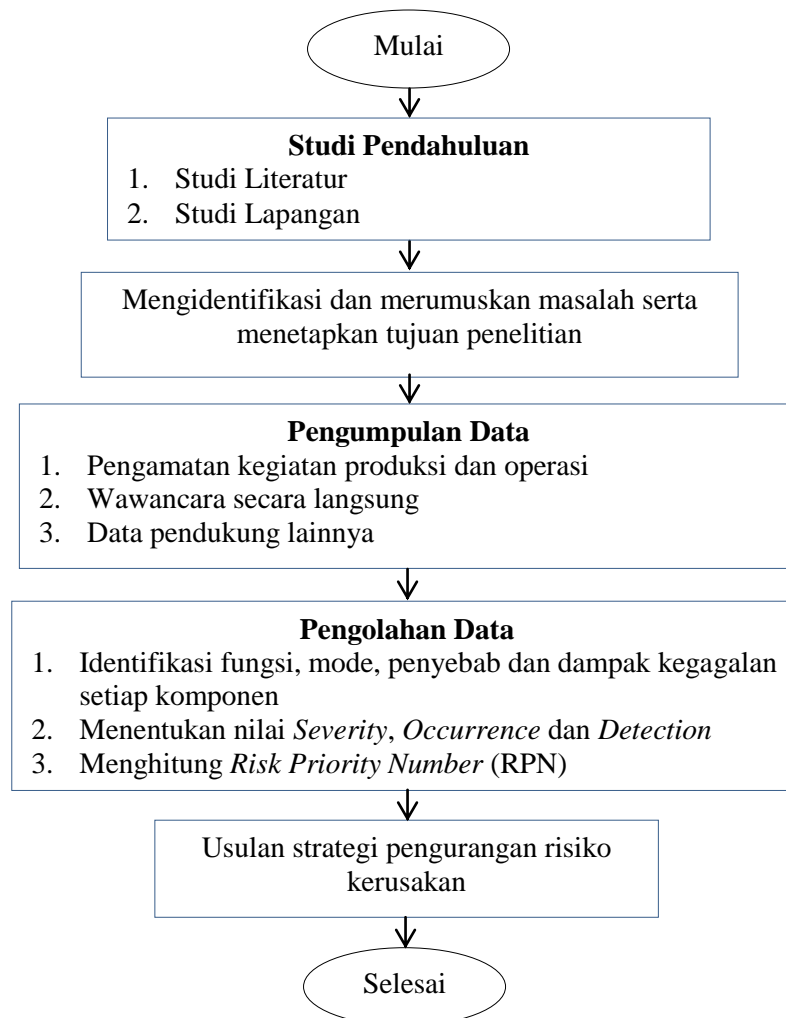
PLTU memiliki beberapa bagian penting dalam sistem produksinya, yaitu *boiler*, turbin, dan *generator*. *Boiler* merupakan salah satu bagian yang sering mengalami kerusakan pada PLTU Nagan Raya dibandingkan bagian lainnya. *Boiler* terdiri dari komponen-komponen pendukung dalam melakukan operasinya. Risiko akibat kerusakan khususnya pada komponen-komponen kritis bagian *boiler* saat ini belum pernah dilakukan dan belum diketahui secara pasti. Penilaian tingkat risiko pada bagian *boiler* di PLTU Nagan Raya pernah dilakukan, namun dilakukan secara umum atau tidak berdasarkan komponen kritis [1]. Maka dari itu, sangat dibutuhkan suatu usulan berupa strategi pengurangan risiko kerusakan khususnya pada komponen-komponen kritis bagian *boiler* agar dapat mengurangi risiko kerusakan di masa depan.

Failure mode and effect analysis (FMEA) merupakan salah satu pendekatan yang umum digunakan menganalisis risiko kerusakan yang berguna untuk mengetahui penyebab kerusakan dan menghasilkan pencegahan terjadinya kerusakan di masa depan. FMEA menilai secara kualitatif tingkat keparahan (*severity*), kejadian (*occurrence*) serta deteksi (*detection*) pada setiap kegiatan untuk proses operasi maupun peralatan atau komponen untuk suatu sistem tertentu. Ketiga komponen penilaian tersebut kemudian diberikan skor berdasarkan ketentuan baku dan komponen yang mendapatkan *risk priority number* (RPN) tertinggi akan diusulkan strategi pengurangan risiko kerusakannya. Adapun penelitian terdahulu mengaplikasikan model RPN yang terdapat pada FMEA untuk penelitiannya [2]. Selain itu, beberapa penelitian juga mengkombinasikan pendekatan FMEA dengan pendekatan lainnya seperti *fault tree analysis* (FTA), *Bayesian network* (BN) dan *probability impact matrix* (PIM) [3,4,5]

Adapun tujuan penelitian ini adalah mengusulkan strategi pengurangan risiko kerusakan pada komponen kritis *boiler* menggunakan pendekatan *failure mode and effect analysis* (FMEA).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada pembangkit listrik tenaga uap Nagan Raya yang terletak di Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh, Indonesia. Objek penelitian ini adalah komponen-komponen kritis bagian *boiler* karena bagian *boiler* merupakan bagian yang frekuensi kerusakannya tertinggi dibandingkan *generator* dan turbin. Prosedur penelitian menjelaskan langkah-langkah penelitian secara garis besar dan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini terbagi atas dua, yaitu data primer dan data sekunder, di mana uraiannya sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer dalam penelitian ini yaitu data berupa hasil wawancara secara langsung dengan pekerja atau karyawan khususnya yang bekerja pada bagian *boiler*. Hasil wawancara di *input* pada *worksheet* yang telah disediakan.

b. Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini yaitu berupa data perawatan masa lalu khususnya pada bagian *boiler*. Selain itu buku dan artikel/jurnal yang terkait dengan penelitian dibutuhkan untuk menunjang jalannya penelitian.

2.2. Metode Analisis

Metode analisis dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *failure mode and effect analysis* (FMEA). FMEA adalah suatu pendekatan yang berguna untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain proses atau pelayanan (*service*). Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing-masing moda kegagalan

berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*) dan tingkat deteksi (*detection*) [6]. Pada penelitian ini, FMEA akan mengidentifikasi fungsi, mode, penyebab dan dampak kegagalan setiap setiap komponen kritis *boiler*. Identifikasi tersebut dihimpun dari hasil wawancara pada ahlinya, dalam hal ini yaitu pekerja atau karyawan pada bagian *boiler*, khususnya bagian *maintenance*. Hasil wawancara yang di *input* pada *worksheet* yaitu berupa nilai beserta deskripsi penilaiannya. Penilaian yang dilakukan yaitu tingkat *severity* (keparahan dampak), *occurrence* (kejadian) dan *detection* (deteksi). Setiap penilaian memiliki potensi-potensi dan skala tertentu. Adapun penilaian *severity* dinilai pada skala 1 sampai 10 dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penilaian *Severity*

Tingkat Keparahannya	Tingkat Keparahannya Dampak	Peringkat
Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan tidak didahului oleh peringatan	10
Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan didahului oleh peringatan	9
Sangat tinggi	Produk tidak dapat dioperasikan	8
Tinggi	Produk dapat dioperasikan dengan tingkat kinerja yang banyak berkurang	7
Sedang	Produk dapat dioperasikan tetapi sebagian item tambahan (fungsi sekunder) tidak dapat berfungsi	6
Rendah	Produk dapat dioperasikan dengan tingkat kinerja yang sedikit berkurang	5
Sangat rendah	Cacat disadari oleh pelanggan (>75%)	4
Minor	Cacat disadari oleh pelanggan (50%)	3
Sangat minor	Cacat disadari oleh pelanggan (<25%)	2
Tidak ada	Tidak memiliki pengaruh	1

Untuk penilaian *occurrence* dinilai pada skala 1 sampai 10 dan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penilaian *Occurrence*

Probabilitas Kejadian Risiko	Deskripsi	Peringkat
Sangat Tinggi	Sering terjadi	10
Tinggi	Terjadi berulang	9
		8
		7
Sedang	Jarang terjadi	6
		5
		4
Rendah	Sangat kecil terjadi	3
		2
Sangat rendah	Hampir tidak pernah terjadi	1

Untuk penilaian *detection* dinilai pada skala 1 sampai 10 dan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penilaian *Detection*

Deteksi	Kemungkinan Deteksi	Peringkat
Hampir tidak mungkin	Pengontrol tidak dapat mendeteksi kegagalan	10
Sangat jarang	Sangat jauh kemungkinan pengontrol akan menemukan potensi kegagalan	9
Jarang	Jarang kemungkinan pengontrol akan menemukan potensi kegagalan	8
Sangat rendah	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sangat rendah	7
Rendah	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan rendah	6
Sedang	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sedang	5
Agak tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan agak tinggi	4
Tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan tinggi	3
Sangat tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi	2
Hampir pasti	Kegagalan dalam proses tidak dapat terjadi karena telah dicegah melalui desain solusi	1

Setelah diperoleh nilai pada setiap komponen penilaian, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *risk priority number* (RPN). Adapun persamaan untuk menghitung nilai RPN dapat dilihat pada persamaan 1 sebagai berikut.

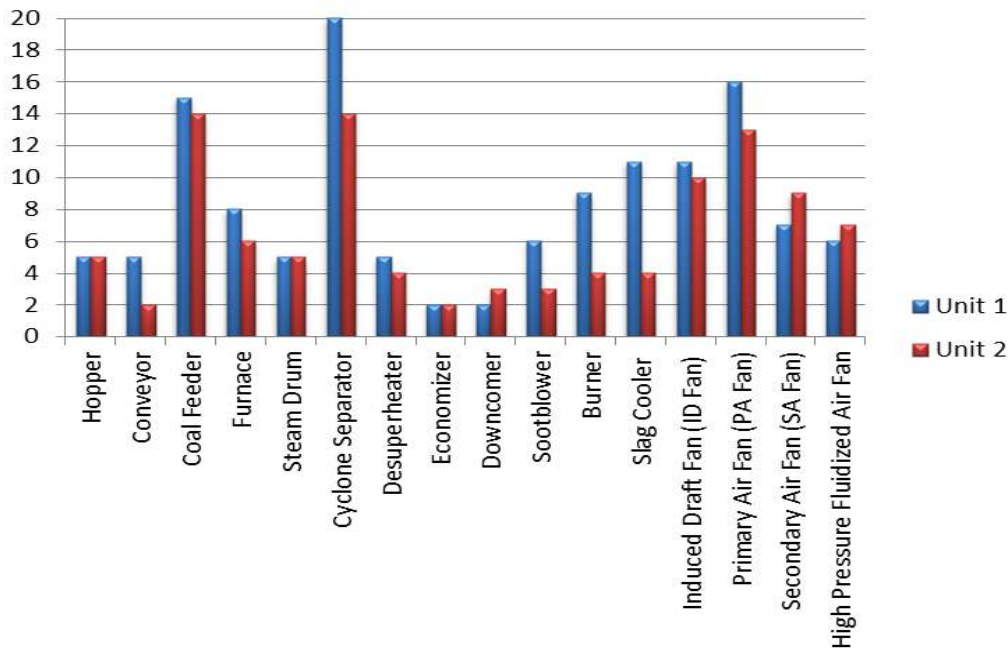
$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (1)$$

Komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi, kemudian akan dirumuskan strategi pengurangan risiko kerusakan agar meminimalisir terjadi kerusakan di masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Komponen Rusak *Boiler*

Komponen-komponen rusak pada bagian *boiler* menjadi objek pada penelitian ini. *Boiler* merupakan salah satu bagian penting dalam sistem produksi pada pembangkit listrik tenaga uap selain *turbine* dan *generator*. *Boiler* adalah alat yang menghasilkan uap panas bertekanan tinggi dari hasil proses pembakaran batubara. Uap panas tersebut kemudian digunakan untuk menggerakkan *turbine* sehingga terkonversi menjadi energi listrik. PLTU Nagan Raya memiliki dua unit pembangkit listrik dengan kapasitas terpasang 2x110 megawatt. Berdasarkan data masa lalu periode juni 2013 hingga agustus 2015, terdapat beberapa komponen *boiler* yang mengalami kerusakan relatif sering terjadi. Langkah selanjutnya, komponen-komponen *boiler* tersebut kemudian akan diidentifikasi mode kegagalan, penyebab dan dampak yang ditimbulkan akibat kerusakan yang terjadi. Adapun data frekuensi kerusakan komponen bagian *boiler* pada PLTU Nagan Raya yang telah dihimpun, dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Frekuensi Kerusakan Komponen Bagian Boiler

3.2. Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

3.2.1. Identifikasi Mode Kegagalan, Penyebab dan Dampak

Identifikasi mode kegagalan, penyebab dan dampak dilakukan melalui proses wawancara secara langsung. Identifikasi tersebut dilakukan pada komponen boiler yang sering mengalami kerusakan. Adapun hasil identifikasi mode kegagalan, penyebab dan dampak pada komponen boiler dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Identifikasi Mode Kegagalan, Penyebab dan Dampak pada Komponen Boiler

Komponen	Fungsi	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Dampak Kegagalan
<i>Hopper</i>	Penyimpanan batubara sebelum dipindahkan oleh conveyor	hambatan akibat abu hopper	Banyak abu menumpuk	<i>Hopper</i> macet
<i>Conveyor</i>	Memindahkan batubara yang berasal dari hopper	<i>Scraper conveyor</i> putus	Kelebihan kapasitas batubara	<i>Conveyor</i> macet atau tidak berfungsi
<i>Coal feeder</i>	Mengatur laju aliran batubara sesuai dengan kebutuhan	Kebocoran pada flange outlet	Penumpukkan batubara	<i>Coal feeder</i> tidak bisa beroperasi
<i>Furnace</i>	Tempat pembakaran bahan bakar dan batubara	<i>Furnance high pressure</i>	<i>Plugging element air heater</i>	<i>Unit trip</i>
<i>Steam drum</i>	Penampung air panas dan pembangkitan steam	Pipa level transmitter steam drum, pecahnya clading	Tingginya tekanan uap panas	<i>Unit trip</i>
<i>Cyclone separator</i>	Pemisah padatan material yang tidak terbakar dengan gas buang atau fly ash	<i>Manhole u-beem</i>	Tidak dilakukan visual check di dalam return leg	Menumpuknya partikel padat pada sistem fluida

Tabel 4. Identifikasi Mode Kegagalan, Penyebab dan Dampak pada Komponen *Boiler*

Komponen	Fungsi	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Dampak Kegagalan
<i>Desuperheater</i>	Menjaga suhu uap yang akan masuk ke dalam <i>turbine</i> sesuai dengan desain pada <i>turbine</i> .	<i>bypass valve</i> , <i>outlet valve</i> dan <i>control valve desuperheater</i>	Uap panas tidak sesuai	<i>Turbine</i> tidak bisa beroperasi
<i>Economizer</i>	ruangan pemanas yang digunakan untuk memanaskan air dari air yang terkondensasi dari sistem sebelumnya maupun air umpan baru.	Pipa <i>drain economizer</i> bocor	Tingginya tekanan uap panas	Kalor terbuang
<i>Downcomer</i>	Penghubung <i>steam drum</i> dengan bagian bawah <i>low header</i>	<i>Valve drain downcomer</i>	Tingginya tekanan uap panas	Kalor terbuang
<i>Sootblower</i>	Pembersih abu, debu dan kotoran menempel pada <i>tube</i> atau pipa <i>boiler</i>	<i>Sootblower C30</i>	Tidak dilakukan <i>visual check</i>	Menumpuknya kotoran di pipa
<i>Burner</i>	Mengubah energi kimia yang terdapat dalam bahan bakar, menjadi energi panas di dalam <i>furnace</i> melalui suatu reaksi kimia dalam nyala api.	<i>Burner trip</i>	<i>Loss of flame</i> , modul <i>flame</i> rusak, <i>flame scanner</i> kotor	<i>Derating</i>
<i>Slag cooler</i>	Mendinginkan kotoran yang panas	Kebocoran pada jalur pendingin <i>slag cooler</i>	Tingginya tekanan uap	<i>Slag</i> yang menumpuk
<i>Induced draft fan (ID fan)</i>	Mempertahankan <i>pressure</i> pada <i>furnace boiler</i>	Turbulensi udara pada <i>fan</i> , <i>unbalance rotor</i>	Pembukaan katup tidak sesuai SOP, adanya keausan pada <i>fan blade</i>	Vibrasi tinggi
<i>Primary air fan (PA fan)</i>	penghasil udara primer yang digunakan sebagai pengangkut serbuk batubara dari <i>pulverizer</i> menuju <i>burner</i>	Turbulensi udara pada <i>fan</i> , <i>unbalance rotor</i>	Pembukaan katup tidak sesuai SOP, adanya keausan pada <i>fan blade</i>	Vibrasi tinggi
<i>Secondary air fan (SA Fan)</i>	Memberikan tekanan positif pada <i>boiler</i> dan mengontrol udara serta oksigen	Turbulensi udara pada <i>fan</i> , <i>unbalance rotor</i>	Pembukaan katup tidak sesuai SOP, adanya keausan pada <i>fan blade</i>	Vibrasi tinggi
<i>High pressure fluidized air fan</i>	Mengalirkan udara untuk mengembalikan <i>bad material</i> dari <i>cyclone</i> agar kembali ke <i>furnace</i>	Turbulensi udara pada <i>fan</i> , <i>unbalance rotor</i>	Pembukaan katup tidak sesuai SOP, adanya keausan pada <i>fan blade</i>	Vibrasi tinggi

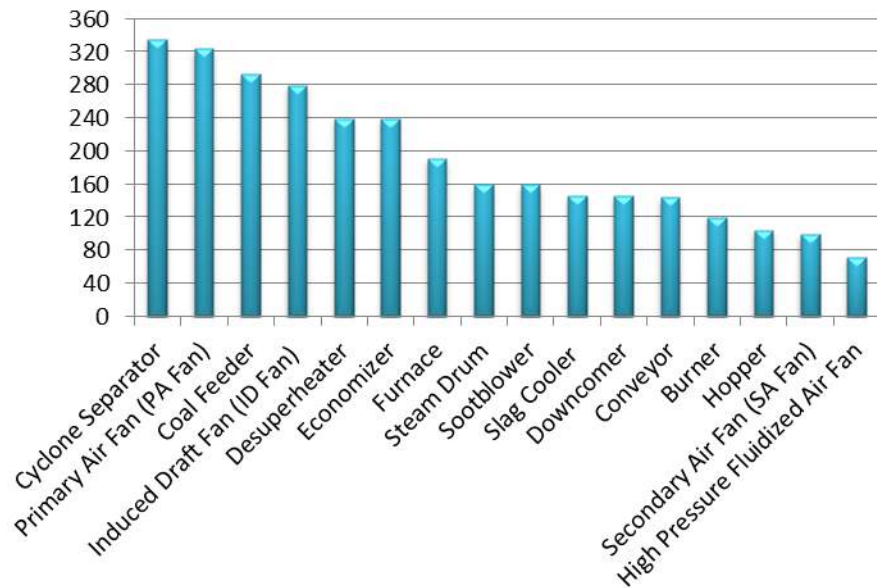
3.2.2. Penilaian *Risk Priority Number* (RPN)

Setelah dilakukan proses identifikasi mode kegagalan, penyebab dan dampak terjadinya kerusakan pada setiap komponen *boiler*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian *risk priority number* (RPN) untuk tingkat *severity*, *occurrence* dan *detection*. Penilaian dilakukan berdasarkan hasil wawancara secara langsung. Hasil penilaian RPN dari tertinggi hingga terendah berdasarkan tingkat *severity*, *occurrence* dan *detection* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. *Risk Priority Number* (RPN) Komponen *Boiler*

No	Komponen	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	RPN
1	<i>Cyclone separator</i>	8	7	6	336
2	<i>Primary air fan (PA fan)</i>	6	6	9	324
3	<i>Coal feeder</i>	7	6	7	294
4	<i>Induced draft fan (ID fan)</i>	5	7	8	280
5	<i>Desuperheater</i>	8	5	6	240
6	<i>Economizer</i>	8	6	5	240
7	<i>Furnace</i>	8	4	6	192
8	<i>Steam drum</i>	8	4	5	160
9	<i>Sootblower</i>	8	4	5	160
10	<i>Slag cooler</i>	7	3	7	147
11	<i>Downcomer</i>	7	3	7	147
12	<i>Conveyor</i>	8	3	6	144
13	<i>Burner</i>	6	4	5	120
14	<i>Hopper</i>	5	3	7	105
15	<i>Secondary air fan (SA fan)</i>	5	4	5	100
16	<i>High pressure fluidized air fan</i>	4	3	6	72

Berdasarkan perolehan nilai RPN pada setiap komponen *boiler*, telah diketahui urutan-urutan komponen yang memiliki risiko tertinggi hingga terendah, di mana komponen *cyclone separator* memiliki risiko kerusakan tertinggi dengan nilai RPN sebesar 336 dan *high pressure fluidized air fan* memiliki risiko kerusakan terendah dengan nilai RPN sebesar 72. Dari hasil penilaian RPN, komponen rusak bagian *boiler* yang akan diusulkan strategi pengurangan kerusakannya antara lain yaitu komponen *cyclone separator* (336), *primary air fan* (324), *coal feeder* (294), dan *induced draft fan* (280). Keempat komponen tersebut diusulkan karena memiliki kesenjangan risiko kerusakan yang relatif tinggi dibandingkan dengan komponen lainnya pada bagian *boiler* atau dapat disebut komponen kritis. Kesenjangan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Risk Priority Number (RPN) Komponen Boiler

3.3. Usulan Strategi Pengurangan Risiko Kerusakan

Setelah diketahui komponen kritis bagian boiler berdasarkan penilaian *risk priority number* (RPN) pada setiap komponen rusak boiler, langkah selanjutnya akan diusulkan rumusan strategi pengurangan risiko kerusakan komponen kritis pada bagian boiler. Strategi pengurangan risiko kerusakan akan memanfaatkan sumber daya yang ada dengan menganalisa mode kegagalan, penyebab dan dampak yang telah dilakukan sebelumnya, dan diharapkan efektif dalam mengurangi kerusakan secara tidak terprediksi di masa depan. Adapun usulan strategi pengurangan risiko kerusakan komponen kritis pada bagian boiler, dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Usulan Strategi Pengurangan Risiko Kerusakan Komponen Kritis Bagian Boiler

No	Komponen Kritis Boiler	RPN	Strategi Pengurangan Kerusakan
1	<i>Cyclone separator</i>	336	1. Melakukan pemeriksaan dan perawatan preventif secara berkala dan terjadwal khususnya pada <i>return leg</i> agar tidak terjadi penumpukan partikel padat pada sistem fluida.
2	<i>Primary air fan (PA fan)</i>	324	1. Harus melaksanakan <i>standar operational procedure</i> (SOP) pada saat mengoperasikan <i>primary air fan</i> agar tidak mengalami vibrasi tinggi. 2. Secara rutin menyeimbangkan rotor yang terdapat pada fan
3	<i>Coal feeder</i>	294	1. Mengawasi aliran batubara dengan detail agar tidak menumpuk pada satu titik tertentu yang dapat menyebabkan kebocoran pada <i>flange outlet</i> .
4	<i>Induced draft fan (ID fan)</i>	280	1. Harus melaksanakan <i>standar operational procedure</i> (SOP) pada saat mengoperasikan <i>induced draft fan</i> agar tidak mengalami vibrasi tinggi. 2. Secara rutin menyeimbangkan rotor yang terdapat pada fan

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian diperoleh dalam usaha mengurangi risiko kerusakan pada komponen kritis bagian *boiler*, ada beberapa usulan strategi yang dapat diterapkan perusahaan, antara lain:

1. Untuk komponen *cyclone separator*, melakukan pemeriksaan dan perawatan preventif secara berkala dan terjadwal khususnya pada *return leg* agar tidak terjadi penumpukan partikel padat pada sistem fluida.
2. Untuk Komponen *primary air fan* dan *induced draft fan*, harus melaksanakan *standar operational procedure (SOP)* pada saat mengoperasikan *fan* agar tidak mengalami vibrasi tinggi, serta secara rutin menyeimbangkan rotor yang terdapat pada *fan*.
3. Untuk *coal feeder*, mengawasi aliran batubara dengan detail agar tidak menumpuk pada satu titik tertentu yang dapat menyebabkan kebocoran pada *flange outlet*.

5. SARAN

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan mengembangkan atau mengkombinasikan metode *failure mode and effect analysis (FMEA)* dengan metode analisis risiko lainnya yang telah ada, seperti dengan metode *fault tree analysis (FTA)*, *root cause analysis (RCA)*, *logic tree analysis (LTA)*, *probability impact matrix (PIM)* dan lainnya. Kombinasi tersebut diharapkan mengoptimalkan hasil yang diperoleh sehingga dapat diaplikasikan pada perusahaan dan efektif dalam pengurangan risiko kerusakan kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pamungkas, I., 2019, Penentuan Tingkat Risiko dan Keandalan pada *Boiler* di Industri Pembangkit Listrik Nagan Raya, *ETD Unsyiah*.
- [2] Kim, K. O., Zuo, M. J., 2018, General Model for the Risk Priority Number in Failure Mode and Effects Analysis, *Reliability Engineering System Safety*, vol 169, hal 321-329.
- [3] Whiteley, M., Dunnett, S., Jackson, L., 2016, Failure Mode and Effect Analysis and Fault Tree Analysis of Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells, *International Journal Hydrogen Energy*, vol 41, hal 1187-1202.
- [4] Rastayesh, S., Bahrebar, S., Blaabjerg, F., Zhou, D., Wang, H., Sørensen, J. D., 2020, A System Engineering Approach Using FMEA and Bayesian Network for Risk Analysis- A Case Study, *Sustainability*, vol 12, no 1, hal 77-94.
- [5] Pamungkas, I., Irawan, H. T., Arkanullah, L., Dirhamsyah, M., Iqbal, M., 2019, Penentuan Tingkat Risiko pada Proses Produksi Garam Tradisional di Desa Ie Leubeu Kabupaten Pidie, *Jurnal Optimalisasi*, vol 5, no 2, hal 107-120.
- [6] Stamatis, D. H., 1995, *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA From Theory to Execution*, ASQC Quality Press, Milwaukee.