

**ESTIMASI RISIKO KEGAGALAN DAN USULAN KEBIJAKAN
PERAWATAN PADA MESIN HURON DI PT.XYZ MENGGUNAKAN
METODE *RISK BASED MAINTENANCE*
*ESTIMATED RISK OF FAILURE AND PROPOSED MAINTENANCE
POLICY ON HURON MACHINES AT PT. XYZ USES RISK BASED
MAINTENANCE METHOD***

Fisyaful Amir¹, Judi Alhilman², Aji Pamoso³

^{1, 2, 3}Program S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
¹fisyafulamir@telkomuniversity.ac.id, ²judi.alhilman@telkomuniversity.ac.id,
³humamsiddiq@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam dunia perindustrian sekarang ini mesin dapat diibaratkan sebagai jantung dari proses produksi, dimana saat mesin mengalami kerusakan maka proses produksi dapat terhambat ataupun dapat berhenti total tergantung seberapa parah kerusakan yang dialami mesin. Maka dari itu perawatan dan pemeliharaan mesin sangat dibutuhkan demi tercapainya proses produksi yang lancar dan dapat meminimalkan gangguan dalam proses produksi. PT.XYZ merupakan perusahaan industri manufaktur yang bergerak dalam pembuatan produk alat berat militer dan komersil. Pada penelitian kali ini penulis memilih Mesin Huron sebagai objek karena Mesin tersebut digunakan untuk proses yang penting dan mempunyai tingkat kerusakan paling tinggi diantara mesin lainnya. Mesin Huron merupakan mesin yang berfungsi untuk melakukan proses produksi komponen-komponen yang berukuran kecil sampai menengah seperti part komponen kapal laut, excavator, dan lain-lain. Mesin ini adalah mesin frais yang dimiliki oleh PT.XYZ. Pada penelitian kali ini penulis memfokuskan pengolahan data ke 2 komponen kritis yaitu Relay KA 1 dan Limit Switch. Dari hasil pengolahan data yang dilakukan dengan metode *Risk Based Maintenance*, Mesin Bartek memiliki risiko sebesar Rp 235.744.047 (0,39%). Risiko tersebut melewati kriteria penerimaan perusahaan yaitu Rp 179.712.000 (0,30% pendapatan per tahun) maka dari itu diperlukannya Interval Perawatan. Interval Perawatan pada komponen Relay KA1 1578.98 jam dan Limit Switch 1878,79 jam.

Kata Kunci: *Maintenance, Failure Mode Effect and Analysis, Risk Based Maintenance.*

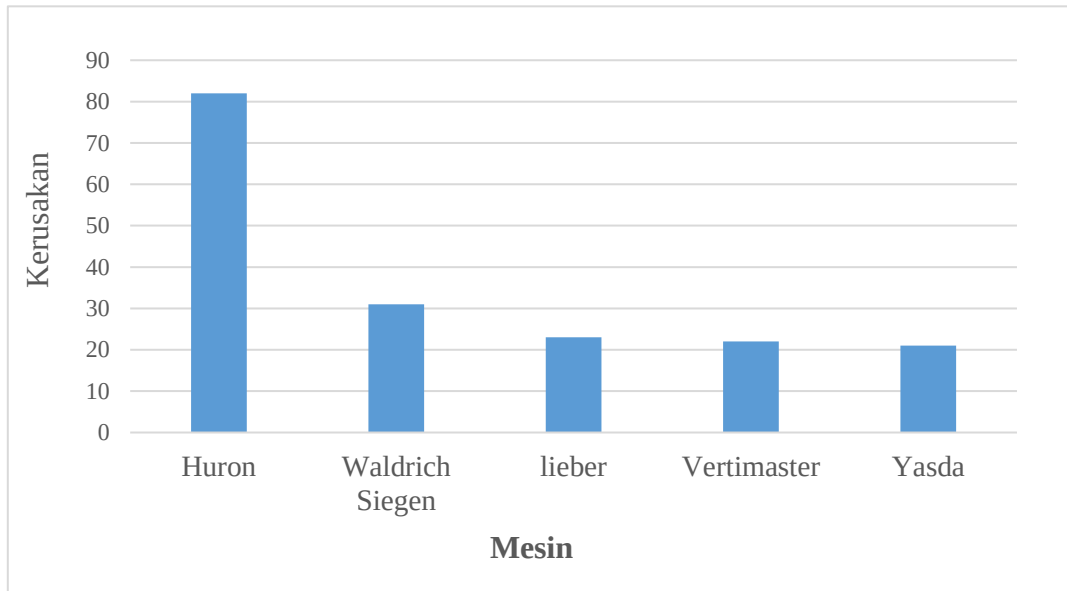
Abstract

In today's industrial world, the machine can be likened as the heart of the production process, where when the machine is damaged then the production process can be hampered or can stop completely depending on how severe the damage the machine suffers. Therefore, the maintenance and maintenance of the machine is needed in order to achieve a smooth production process and can minimize interference in the production process. Pt. XYZ is a manufacturing industry company engaged in the manufacture of military and commercial heavy equipment products. In this study, the authors chose the Huron Machine as an object because it is used for important processes and has the highest level of damage among other machines. Huron engine is an engine that serves to carry out the production process of small to medium-sized components such as marine component parts, excavators, and others. This machine is a frais machine owned by PT. Xyz. In this study, the authors focused data processing on 2 critical components namely Relay KA 1 and Limit Switch. From the results of data processing carried out by Risk Based Maintenance method, Bartek Machine has a risk of Rp 235,744,047 (0.39%). The risk passes the company's receiving criteria of Rp 179,712,000 (0.30% of revenue per year) hence the need for Maintenance Interval. Maintenance Interval on Relay KA1 components 1578.98 hours and Limit Switch 1878.79 hours.

Keywords: *Maintenance, Failure Mode Effect and Critical Analysis, Risk Based Maintenance.*

1. Pendahuluan

PT.XYZ merupakan perusahaan industri manufaktur yang bergerak dalam pembuatan produk alat berat militer dan komersil. PT.XYZ sendiri diketahui memiliki banyak mesin demi mendukung keperluan produksi dan memenuhi kebutuhan berbagai macam produk, maka dari itu PT.XYZ harus dapat menjaga mesin-mesin yang tersedia agar dapat berfungsi secara efisien dan sesuai dengan kebutuhan dan permintaan yang ada. Perawatan juga sangat diperlukan mengingat mesin-mesin yang terdapat di PT.XYZ



sudah berumur dan perlu dijaga dengan baik.

Gambar 1. 1 Frekuensi Kerusakan Mesin PT XYZ Tahun 2013-2018
(Sumber: PT XYZ, 2019)

Gambar 1 diatas menunjukkan frekuensi kerusakan mesin berdasarkan data kerusakan tahun 2013-2018. Berdasarkan gambar I.1 mesin Huron didapatkan bahwa Mesin Huron memiliki riwayat kerusakan yang paling tinggi, oleh karena itu penulis memilih Mesin Huron sebagai objek penelitian. Hal ini dikarenakan kurang adanya maintenance yang efektif untuk menanggulangi masalah tersebut, saat terjadi kerusakan pada mesin berdasarkan pengakuan dari PT XYZ hal yang dilakukan adalah dilakukannya perbaikan langsung oleh divisi maintenance tetapi jika tidak bisa akan memanggil teknisi dari perusahaan mesin tersebut. Saat ini PT XYZ sudah memiliki kegiatan perawatan mesin yang terdiri dari dua bagian, yaitu preventive maintenance dan corrective maintenance. Kegiatan preventive maintenance dilakukan berdasarkan waktu harian, bulanan maupun tahunan. Oleh karena itu, perlu suatu kebijakan perawatan mesin yang efektif dan optimasi penentuan interval waktu mesin dengan mempertimbangkan karakteristik kerusakan, parameter distribusi dan biaya perawatan. Salah satu metode untuk mengidentifikasi kerusakan mesin yaitu menggunakan metode *Risk Based Maintenance* (RBM). RBM adalah suatu proses untuk mengetahui nilai konsekuensi dan resiko ketika terjadi kerusakan pada mesin dan untuk menentukan perawatan yang efektif.

2. Dasar Teori

2.1 Manajemen Perawatan

Definisi perawatan ialah memastikan suatu aset fisik (sistem/peralatan/komponen) agar terus berkerja sesuai apa yang pengguna inginkan (John Moubay, 1999). Definisi lain perawatan adalah aktivitas suatu komponen atau sistem yang rusak akan diperbaiki dalam kondisi tertentu dan pada periode tertentu (Ebeling, 1997).

2.2 Risk Based Maintenance (RBM)

RBM merupakan suatu metode kuantitatif hasil integrasi antara pendekatan reliabilitas dan strategi pendekatan risiko untuk mencapai jadwal *maintenance* yang optimal. RBM bertujuan untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan akibat kegagalan yang terjadi pada fasilitas operasi (Khan and Haddara, 2003). Nilai kuantitatif dari risiko merupakan dasar untuk memprioritaskan kegiatan *maintenance* dan inspeksi. *Risk Based Maintenance* (RBM) diturunkan kedalam tiga modul yaitu perkiraan risiko, evaluasi risiko, perencanaan *maintenance*.

2.3 Failure Modes Effect and Critically Analysis (FMEA)

FMEA merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen dan menganalisis pengaruh terhadap keandalan sistem tersebut (Kiran *et al.*, 2016). Dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan level sistem, item-item khusus yang kritis dapat dinilai dan tindakan-tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari mode kegagalan yang kritis. Komponen berbagai mode kegagalan berikut dampaknya pada sistem dituliskan pada sebuah *FMEA Worksheet*.

2.4 Maintenance Cost

Total biaya pemeliharaan merupakan jumlah biaya operasional dari masing-masing komponen, perbaikan biaya, dan biaya manajemen keseluruhan [11].

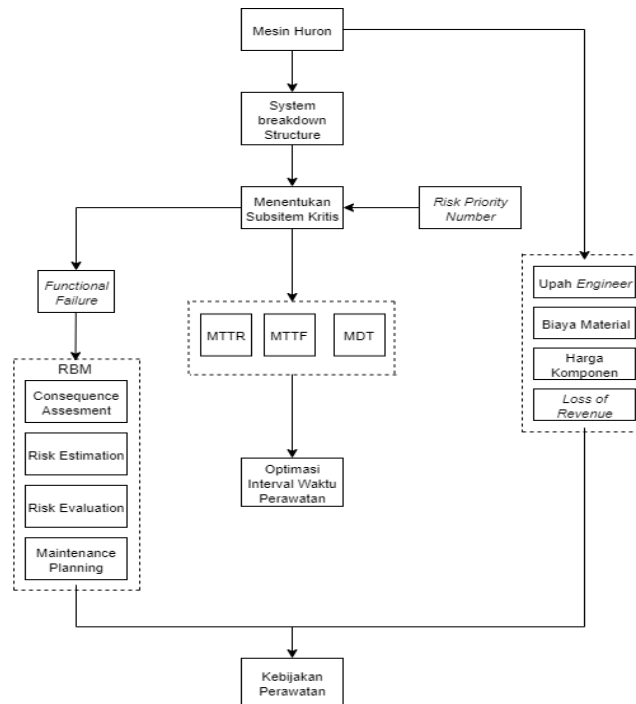
Adapun persamaan untuk menghitung biaya pemeliharaan sebagai berikut;

$$\text{Biaya pemeliharaan} = F_m \times C_m \quad (2.1)$$

Dimana, F_m = Frekuensi *Maintenance* dan C_m = *Cost Maintenance*

3. Metodologi Penelitian

Berikut merupakan metode konseptual penelitian:



Gambar 3. 1 Model Konseptual

Model konseptual, dapat dilihat bahwa sebelum ditentukan interval waktu perawatan mesin dengan metode *RiskBasedMaintenance* (RBM) akan dilakukan terlebih dahulu penentuan subsistem kritis Mesin Huron berdasarkan data-data historis kegagalan dengan menggunakan RPN. Berdasarkan pendefinisian *System Breakdown Structure* Mesin Huron maka akan dapat diidentifikasi subsistem dan komponen yang dimiliki oleh mesin tersebut, keterangan fungsi dari setiap komponen mesin, dan keterkaitan antara komponen. Dari data *downtime* didapat data waktu antar kegagalan (TTF), yaitu selisih waktu antara data *downtime* pertama dengan data *downtime* kedua. Guna melihat kecenderungan kegagalan subsistem dan komponen pada sistem Mesin Huron maka dilakukan analisis model kegagalan dengan menggunakan teori Uji distribusi Anderson-Darling. Dari Uji Anderson Darling diperoleh distribusi terpilih dari hasil TTF Mesin Huron yang didapatkan.

Berdasarkan penentuan sub-sistem kritis maka selanjutnya dilakukan pengukuran kuantitatif. Pengukuran ini menggunakan metode *Risk-Based Maintenance* (RBM) dimana menghitung tingkat resiko dari kegagalan mesin. Analisis resiko ini mempertimbangkan kemungkinan kerugian yang akan ditanggung perusahaan meliputi faktor finansial dan kinerja sistem, analisis konsekuensi didapat dari skenario kerusakan dan *system performance loss*, setelah itu *Riskestimation* dilakukan dengan menghitung *risk factor* dengan melihat biaya perawatan serta distribusi kerusakan komponen kritis. *Risk estimation* dilakukan dengan cara membandingkan *risk factor* dengan *acceptance criteria*, kemudian *maintenance planning* dapat dilakukan dengan melihat hasil *risk evaluation* yang telah dilakukan dan akan menghasilkan estimasi durasi perawatan yang optimal, kemudian dilakukan optimalisasi interval waktu perawatan berdasarkan metode *Risk-Based Maintenance* untuk menghasilkan suatu kebijakan perawatan terhadap Mesin Huron.

4. Pembahasan

4.1 Penentuan Komponen Kritis

Untuk menentukan komponen kritis, dilakukan dengan menggunakan metode RPN dimana didapatkan output berupa nilai RPN yang akan menunjukkan tingkat prioritas komponen yang dianggap perlu perbaikan, sehingga menjadi petunjuk arah tingkat perbaikan. Adapun hasil dari perhitungan RPN dapat dilihat pada Lampiran 1

Tabel 4. 1 Hasil RPN

No	Equipment	RPN	Ranking
1	Relay KA1	224	1
2	Spindle	84	6
3	Limit Switch	168	2
4	Linear Scale	108	3
5	Bearing	96	5
6	PLCE 2.7	105	4
7	Monitor Pompa	30	7

Berdasarkan hasil RPN, terdapat 2 komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi dan termasuk kategori kritis yaitu Relay KA 1 dan Limit Switch.

4.2 Penentuan Nilai Mean Time To Failure

Perhitungan nilai MTTF dilakukan dengan beberapa tahap. Uji dilakukan dengan menggunakan uji Anderson-Darling pada software Minitab 18. Selanjutnya dilakukan penentuan parameter berdasarkan distribusi TTF yang mewakili dengan menggunakan software Avsim+. Adapun rumus yang digunakan pada perhitungan MTTF sebagai berikut;

$$MTTF = \gamma + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (4.1)$$

Adapun hasil dari perhitungan nilai MTTF sebagai berikut;

Tabel 4. 2 Distribusi Time To Failedan MTTF Komponen Kritis

Mean Time to Failure						
Komponen	Distribusi	Parameter		1+(1/β)	Γ	MTTF(Jam)
Relay KA1	Weibull	η	2494.79	2.43	1.27	3158
		β	0.7			
		γ	0			
Limit Switch	Weibull	η	2473.43	2.68	1.52	3758
		β	0.5956			
		γ	0			

4.3 Penentuan Nilai Mean Time To Repair

Perhitungan nilai MTTR dilakukan dengan menggunakan rumus 4.2 untuk distribusi weibull dan 4.3 untuk distribusi normal sebagai berikut;

$$MTTR = \eta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (4.3)$$

$$MTTR = \mu \quad (4.4)$$

Tabel 4. 3 Distribusi *Time To Repair* dan MTTR Komponen Kritis

Komponen	Distribusi	Parameter		$1+(1/\beta)$	Γ	MTTR(Jam)
Relay KA1	EKSPONENSIAL	μ	1,444			1,4
Limit Switch	WEIBULL	η	2,052	2,91	1,84	3,8
		β	0,524			

4.4 Perhitungan Risk Based Maintenance (RBM)

Dengan menggunakan metode *Risk-Based Maintenance* (RBM) menghasilkan risiko akibat kerusakan dan kriteria penerimaan risiko. RBM menggunakan beberapa parameter seperti MTTR, MTTF dalam penentuan interval perawatan. Ada tiga tahap penentuan interval perawatan optimal, yaitu penyusunan skenario, evaluasi risiko, dan perancangan perawatan. Perhitungan risiko diperoleh dengan persamaan berikut [7]:

Risk = Probability of Failure X System Performance Loss

System Performance Loss = Loss Production + (Mean Time To Repair X Engineer Cost) + Material Cost + Harga Komponen.

Tabel 4.4 System Performance Loss

No	Components	Downtime	MTTR	Loss of Revenue	Engineer Cost	Material Cost	Component Price	System Performance Loss	Q(T)	Risk
1	Relay KA1	5.91	1.44	Rp 24,000,000	Rp 4,200,000	Rp 946,500	Rp 1,650,000	Rp 150,458,826	0.5718049	Rp 86,033,100
2	Limit Switch	10.69	3.78	Rp 24,000,000	Rp 4,200,000	Rp 946,500	Rp 2,300,000	Rp 275,551,209	0.5433144	Rp 149,710,948
Total										Rp 235,744,047

1. Analisis Evaluasi Risiko

Tahap awal dalam evaluasi risiko adalah menentukan kriteria penerimaan. Dalam menentukan kriteria penerimaan dilakukan dengan cara wawancara dengan pihak perusahaan. Hal yang didapat kriteria penerimaan sebesar 0,30% dari pendapatan perusahaan Rp 179.712.000, tahap kedua membandingkan dengan kriteria. Pada tahap ini, risiko yang telah didapatkan akan dibandingkan dengan kriteria risiko yang telah ditentukan. Jika risiko melebihi kriteria penerimaan maka dilakukan perencanaan perawatan interval waktu perawatan.

Tabel 4.5 Kriteria Penerimaan

1 year period (Hour)	Hourly Rate	Machine capacity for 1 year	Total risk	%	Acceptance criteria (%)	Acceptance criteria
2496	Rp 24,000,000.00	Rp 59,904,000,000.00	Rp 235,744,047	0.39%	0.30%	Rp 179,712,000

2. Penentuan Interval Waktu Perawatan

Tahap perhitungan waktu interval perawatan yaitu dengan menentukan selang waktu perbaikan berdasarkan *failure mode* masing-masing kerusakan sesuai dengan *preventive task selection* yang telah ditentukan.

1. *Scheduled On-condition Tasks* Perhitungan interval waktu perawatan untuk *scheduled on-condition task* adalah setengah dari P-F Interval. Dimana P-F adalah nilai MTTF.
2. *Scheduled Restoration Tasks* dan *Scheduled Discard Tasks*. Perhitungan interval waktu perawatan ini menggunakan parameter MTTF dan MTTR yang selanjutnya dilakukan perhitungan biaya perbaikan atau penggantian akibat rusaknya komponen dengan rumus sebagai berikut;

$$\text{Interval maintenance time} = \gamma + \eta \times \left(\frac{C_m}{C_f \times (\beta - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (4.5)$$

$$C_m = C_w + \text{biaya preventive maintenance} + C_o \quad (4.6)$$

Tabel 4.6 Interval Waktu Perawatan

4	Komponen Kritis	Consequence Evaluation					H1 S1	H2 S2	H3 S3	Maintenance Task	Interval Waktu Perawatan (Jam)	Interval Waktu Perawatan (Bulan)	
		Functional Failure	Failure Effect	H	S	E	O	O	O2 N2				O3 N3
n	Relay KA1	Axis X Y Z tidak bergerak	Proses pembubutan terhambat	N	Y	N	Y	Y			Scheduled on Restoration	1578.98	7
t u a	Limit Switch	Saklar tidak mengubah posisi kontak	sistem pada mesin tidak berfungsi	N	N	N	Y	Y			Scheduled on Restoration	1878.79	8

nBiayaPemeliharaan

Biaya maintenance didapatkan melalui perkalian C_m atau cost maintenance dengan F_m atau $\text{frekuensi maintenance}$.

Adapun perhitungan biaya aktual pemeliharaan perusahaan dan biaya usulan pemeliharaan dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut

Tabel 4. 7BiayaAktualdanUsulanPemeliharaan

Komponen Kritis	Functional Failure	Maintenance Task	Interval Waktu Perawatan (Jam)	Interval Waktu Perawatan (Bulan)	yang mengerjakan	Biaya Aktual	Biaya Usulan
Relay KA1	1. Axis X Y Z tidak bergerak	Scheduled on Restoration	1578.98	6.75	Maintenance Crew	Rp 55,042,615	Rp 18,347,538
Limit Switch	2. Saklar tidak mengubah posisi kontak	Scheduled on Restoration	1878.79	8.03	Maintenance Crew	Rp 55,042,615	Rp 13,760,654
Total						Rp 110,085,231	Rp 32,108,192

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penyebab terjadinya kerusakan mesin barten telah didefinisikan pada penjelasan di risk priority number, hasil yang didapatkan adalah telah terpilih 2 subsistem kritis yaitu Relay KA1 dan Limit Switch. Subsistem yang telah terpilih akan menjadi acuan terhadap perhitungan risk based maintenance untuk mengetahui nilai risiko yang akan diterima oleh PT XYZ.
2. Berdasarkan perhitungan risiko mesin huron, perhitungan konsekuensi dari risiko yang ditimbulkan akibat kerusakan subsistem kritis mesin barten dilakukan menggunakan metode risk based maintenance (RBM). Dengan menggunakan metode tersebut diperoleh risiko perusahaan sebesar Rp 235.744.047.
3. Interval perawatan pada setiap subsistem atau komponen, yaitu komponen Relay KA1 memiliki interval perawatan selama 1578,98 jam, komponen Limit Switch memiliki interval perawatan selama 1878,79 jam. Total biaya perawatan untuk mesin huron didapatkan setelah ditentukan interval waktu perawatan yang optimal.

Reference

- [1] J. Cullum, J. Binns, M. Lonsdale, R. Abbassi, and V. Garaniya, "Risk-Based Maintenance Scheduling with application to naval vessels and ships," *Ocean Eng.*, vol. 148, no. October 2017, pp. 476–485, 2018.
- [2] W. L. Rankin and B. Johnson, "Maintenance," in *Handbook of Human Factors in Air Transportation Systems*, 2017.
- [3] F. T. D. Atmaji, "Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di PT KSM, Yogyakarta," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, 2015.
- [4] L. Sikos and J. Klemes, "Reliability, availability and maintenance optimisation of heat exchanger networks," *Appl. Therm. Eng.*, 2010.
- [5] P. D. Function, "Using the Non-Premixed Combustion Model," *Combustion*, 2006.
- [6] S. Stanley, "MTBF, MTTR, MTTF & FIT. Explanation of terms," *Ann. ICRP*, 2011.
- [7] C. L. Pritchard and C. L. Pritchard, "Work Breakdown Structure," in *The Project Management Drill Book*, 2019.
- [8] S. Kiran, K. P. Prajeeth Kumar, B. Sreejith, and M. Muralidharan, "Reliability Evaluation and Risk Based Maintenance in a Process Plant," *Procedia Technol.*, vol. 24, pp. 576–583, 2016.
- [9] F. I. Khan and M. M. Haddara, "Risk-based maintenance (RBM): A quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning," *J. Loss Prev. Process Ind.*, 2003.
- [10] R. Abbassi, J. Bhandari, F. Khan, V. Garaniya, and S. Chai, "Developing a quantitative risk-based methodology for maintenance scheduling using Bayesian network," *Chem. Eng. Trans.*, vol. 48, pp. 235–240, 2016.
- [11] R. M. C. Ratnayake and K. Antosz, "Development of a Risk Matrix and Extending the Risk-based Maintenance Analysis with Fuzzy Logic," *Procedia Eng.*, vol. 182, no. 1877, pp. 602–610, 2017.

