

Perancangan *Standard Operating Procedure* (SOP) Pemeliharaan Sarana Proteksi Kebakaran pada Sekolah Dasar *Net Zero Carbon* (NZC)

Rivaldo Bimo Oktaviano Agustinus Putra^{1*}, Hans Dermawan²

^{1,2}Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Cerdas, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta 11470, Indonesia

²Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Standard Operating Procedure (SOP), Pemeliharaan, Proteksi Kebakaran, Sekolah Dasar, Net Zero Carbon (NZC), Manajemen Risiko, Keselamatan Kebakaran.

***Correspondence email:**

rivaldo.242020012@civitas.ukrida.ac.id;

hans.dermawan@ukrida.ac.id

Submitted: 03 Oktober 2025

Revised: 01 Februari 2026

Accepted: 04 Februari 2026

Published: 07 Februari 2026

ABSTRAK

Tingginya angka insiden kebakaran di sekolah dasar di Indonesia serta terbatasnya pedoman pemeliharaan sarana proteksi kebakaran menimbulkan risiko keselamatan yang signifikan, terutama pada sekolah berkonsep *Net Zero Carbon* (NZC) yang memiliki sistem fotovoltaik. Kondisi ini diperparah oleh belum adanya *Standard Operating Procedure* (SOP) pemeliharaan yang komprehensif dan terstruktur di sekolah-sekolah NZC. Penelitian ini bertujuan merancang SOP pemeliharaan sarana proteksi kebakaran yang sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan sekolah dasar NZC. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui kuesioner, yang kemudian dianalisis menggunakan metode *probability index and matrix* berbasis kerangka *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) edisi ke-6 untuk mengidentifikasi dan memeringkat risiko. Hasil penelitian menunjukkan terdapat lima risiko utama dengan tingkat risiko tinggi, yaitu ketiadaan SOP proteksi kebakaran (0,34), tidak adanya jadwal pemeriksaan berkala (0,28), tidak tersedianya catatan pemeliharaan (0,21), tidak rutinnya pemeriksaan panel surya (0,20), serta ketiadaan petugas pemeliharaan khusus (0,18). Temuan tersebut menjadi dasar penyusunan SOP pemeliharaan yang mencakup inspeksi harian, bulanan, dan periodik, termasuk integrasi pemeriksaan panel surya untuk mencegah potensi bahaya. Kesimpulannya, SOP yang dirancang mampu memberikan pedoman pemeliharaan yang preventif, terukur, dan akuntabel, serta berpotensi meningkatkan efektivitas sistem proteksi kebakaran pada Sekolah Dasar NZC secara berkelanjutan.

ABSTRACT

Keywords:

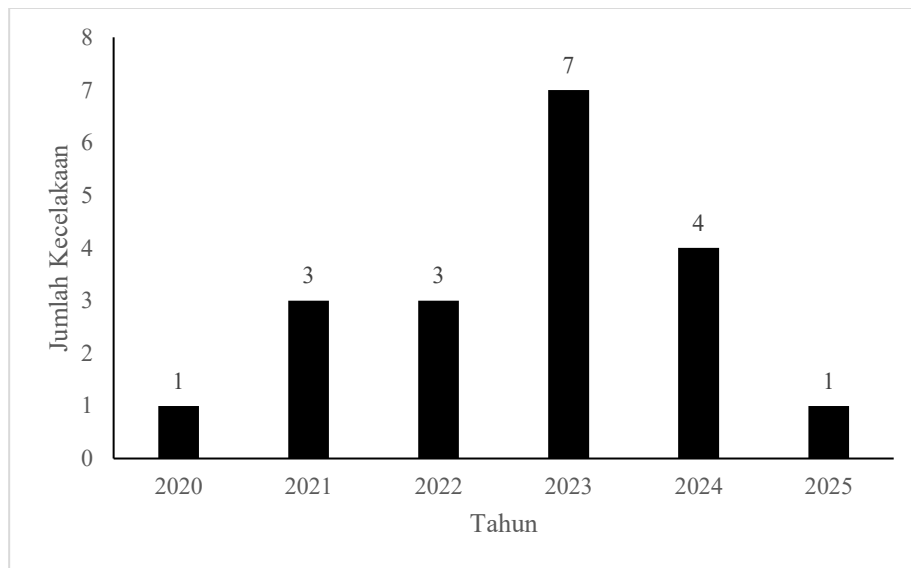
Standard Operating Procedure (SOP), Maintenance, Fire Protection, Elementary School, Net Zero Carbon (NZC), Risk Management, Fire Safety.

The high incidence of fire emergencies in Indonesian elementary schools and the limited availability of maintenance guidelines for fire protection systems pose significant safety risks, particularly in Net Zero Carbon (NZC) schools equipped with photovoltaic systems. This situation is exacerbated by the absence of a comprehensive and structured maintenance Standard Operating Procedure (SOP) in NZC elementary schools. This study aims to design an SOP for maintaining fire protection systems that is aligned with the operational characteristics and specific needs of NZC elementary schools. A descriptive quantitative approach was employed, with data collected through questionnaires and analyzed using the probability index and matrix method based on the PMBOK 6th edition risk management framework to identify and prioritize potential risks. The results indicate five dominant high-level risks, namely the absence of an SOP for fire protection (0.34), the lack of a regular inspection schedule (0.28), the absence of maintenance records (0.21), irregular inspection of solar panels (0.20), and the lack of dedicated maintenance personnel (0.18). These findings formed the basis for developing a maintenance SOP that includes daily, monthly, and periodic inspection procedures, integrating solar panel assessment to prevent fire-related hazards. In conclusion, the proposed SOP provides a preventive, measurable, and accountable framework for maintenance activities, and has the potential to enhance the effectiveness of fire protection systems in NZC elementary schools on a sustainable basis.

PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang kerap terjadi di Indonesia dan menimbulkan dampak signifikan terhadap keselamatan manusia serta kerugian material. Kasus kebakaran di fasilitas pendidikan, khususnya sekolah dasar, meningkat dalam beberapa tahun terakhir dan menimbulkan perhatian serius terhadap efektivitas sistem proteksi kebakaran (Sriagustini1 & Rosmiati, 2023). Berdasarkan data dalam bentuk grafik, pada tahun 2020–2025 tercatat setidaknya 27 insiden kebakaran sekolah di Indonesia, termasuk lima kasus di Jakarta, yang menunjukkan tingginya

kerentanan fasilitas pendidikan terhadap risiko kebakaran (detikNews, 2025). Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Kasus Kebakaran Sekolah di Indonesia Tahun 2020-2025

Sumber: (detikNews, 2025)

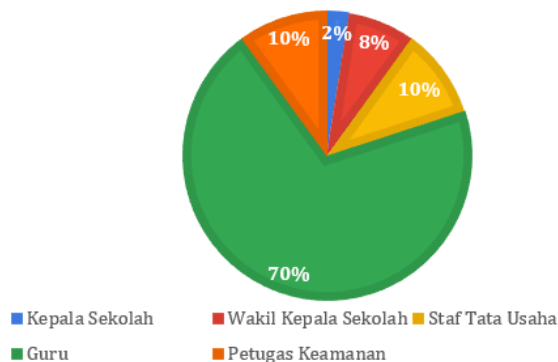
Di sisi lain, pemerintah Indonesia sedang mengembangkan inisiatif *Net zero carbon* (NZC) dalam sektor pendidikan untuk mendukung *Sustainable Development Goals* (SDG) 7 terkait transisi energi bersih (Santika et al., 2020). Sekolah dasar NZC didesain dengan sistem efisiensi energi tinggi, penggunaan panel surya, pencahayaan alami, dan pengelolaan limbah berkelanjutan. Namun, penerapan teknologi ini juga menimbulkan potensi risiko baru, seperti korsleting listrik dan kebakaran akibat sistem fotovoltaik yang tidak terpelihara dengan baik (Fang et al., 2025).

Berdasarkan hasil survei awal yang dilakukan di tiga sekolah dasar NZC bersertifikat *GreenShip* dari GBCI di Jakarta yaitu SDN Grogol Selatan 09, SDN Ragunan 08 dan SDN Duren Sawit 14, ditemukan bahwa tidak terdapat SOP yang mengatur pemeliharaan sarana proteksi kebakaran secara sistematis. Aktivitas pemeliharaan hanya dilakukan ketika terjadi kerusakan bersifat reaktif, bukan secara preventif dan terjadwal. Contohnya di SDN Grogol Selatan 09, sistem alarm kebakaran dinonaktifkan karena gangguan teknis dan detektor suhu tidak berfungsi.

Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun sudah terdapat peraturan umum, seperti Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 tentang persyaratan teknis sistem proteksi kebakaran (Menteri Pekerjaan Umum, 2018), implementasi di sekolah masih terbatas. Penerapan sistem proteksi kebakaran ini sangat penting karena keberadaannya dapat mengoptimalkan keselamatan akan bahaya kebakaran (Setiawan et al., 2020). Pedoman operasional berupa SOP diperlukan sebagai acuan untuk memastikan kegiatan pemeliharaan dilakukan secara efektif, berkelanjutan, dan sesuai standar keselamatan (Setiawan et al., 2020). Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan *Standard Operating Procedure* (SOP) pemeliharaan sarana proteksi kebakaran yang disesuaikan dengan konsep sekolah dasar berkonsep *Net zero carbon*.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk merancang *Standard Operating Procedure* (SOP) pemeliharaan sarana proteksi kebakaran pada sekolah dasar *Net zero carbon* (NZC). Data primer diperoleh melalui survei kuesioner yang disusun berdasarkan indikator proteksi kebakaran aktif, pasif, serta aspek manajemen pemeliharaan. Data sekunder diperoleh dari penelitian terdahulu. Data penelitian berfungsi sebagai dasar utama untuk menganalisis teori, menguji hipotesis, dan menghasilkan kesimpulan yang valid (Shreffler et al., 2023). Instrumen kuesioner disusun menggunakan skala *Likert* 1–5 dan telah melalui proses validasi isi oleh pakar untuk memastikan kesesuaian indikator dengan tujuan penelitian. Responden terdiri dari kepala sekolah, wakil kepala sekolah, staf tata usaha, guru, dan petugas keamanan dengan total 40 responden di tiga sekolah dasar NZC bersertifikat *GreenShip* dari *Green Building Council Indonesia* (GBCI). Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Jabatan Responden

(sumber: Data olahan, 2025)

Berdasarkan gambar 2 diketahui bahwa responden dominan adalah Guru yaitu sebesar 70%, Staf Tata Usaha dan Petugas Keamanan sama sama sebesar 10%, Wakil Kepala Sekolah sebesar 8% dan Kepala Sekolah sebesar 2%. Setelah data terkumpul, dilakukan uji validitas dan reliabilitas menggunakan analisis korelasi *Product Moment Pearson* untuk menilai keabsahan butir pertanyaan, serta uji *Cronbach's Alpha* untuk memastikan konsistensi internal antar item kuesioner.

Data hasil survei dianalisis menggunakan metode *probability indeks and matrix* sesuai kerangka kerja PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) edisi ke 6 (Project Management Institute, 2017). Analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi, menilai, dan memeringkat risiko kebakaran berdasarkan dua variabel utama: probabilitas (kemungkinan terjadinya) dan dampak terhadap sistem proteksi kebakaran. Masing-masing faktor risiko diberi skor gabungan berdasarkan tingkat probabilitas dan dampaknya, kemudian dikategorikan dalam matriks tingkat risiko untuk menentukan prioritas pengendalian. Hasil pemeringkatan risiko ini menjadi dasar perancangan SOP pemeliharaan, sehingga prosedur yang dihasilkan tidak hanya bersifat preventif, tetapi juga adaptif terhadap kondisi nyata sekolah dasar NZC di Indonesia.

HASIL

Instrumen kuesioner dalam penelitian ini terdiri dari 18 pernyataan yang dikembangkan berdasarkan indikator risiko dan dampak pada sistem proteksi kebakaran. 18 pernyataan ini diperoleh dari studi literatur dan validasi pakar.

Uji Validitas dan Reabilitas

Uji Validitas bertujuan untuk mengetahui sejauh mana suatu indeks dari tiap variabel dapat dipercaya dan diandalkan. Jika nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$, maka item pernyataan dalam angket dinyatakan valid. Pada penelitian ini didapatkan hasil uji validitas menggunakan korelasi *Product Moment Pearson* menunjukkan bahwa seluruh butir memiliki nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$, sehingga dinyatakan valid untuk digunakan dalam pengukuran tingkat risiko (Ghozali, 2018). Pengujian Uji Validitas menggunakan SPSS v23 dapat dilihat pada Gambar 3.

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	40	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	40	100.0

Gambar 3. Hasil Uji Validitas

(sumber : data olahan, 2025)

Berdasarkan Gambar 3 uji validitas menggunakan SPSS v23 dengan jumlah responden 40, diketahui bahwa pernyataan dalam angket dinyatakan valid. Uji reliabilitas merupakan metode yang digunakan untuk menilai sejauh mana suatu instrumen pengukuran mampu menghasilkan data yang konsisten dan stabil ketika diterapkan berulang kali pada kondisi yang serupa. Salah satu teknik yang umum digunakan dalam pengujian reliabilitas ini adalah metode *Cronbach's Alpha*. jika nilai *Cronbach's Alpha* $> 0,60$ maka *reliable*, jika nilai *Cronbach's Alpha* $< 0,60$ maka tidak *reliable* (Azizah, 2025). Pengujian Uji Reliabilitas menggunakan SPSS v23 dapat dilihat pada Gambar 4.

Cronbach's Alpha	N of Items
.954	36

Gambar 4. Hasil Uji Reliabilitas

(sumber : data olahan, 2025)

Berdasarkan Gambar 4 uji reliabilitas menggunakan SPSS v23, dimana terdapat 18 pernyataan yang dikembangkan berdasarkan indikator risiko dan dampak sehingga total pernyataan adalah 36, diketahui bahwa instrumen penelitian dinyatakan reliabel dikarenakan nilai *cronbach's alpha* yang didapat yaitu sebesar $0,954 > 0,06$.

Parameter Tingkat Risiko

Penilaian tingkat risiko (*risk level*) merupakan tahapan fundamental dalam proses manajemen risiko yang bertujuan menentukan prioritas penanganan terhadap suatu potensi bahaya (Irman & Sulaeman, 2024). Dalam berbagai pendekatan manajemen risiko, termasuk ISO 31000:2018, PMBOK 6th Edition (Project Management Institute, 2017), serta standar keselamatan seperti ISO 45001:2018 dan NFPA 551. Tingkat risiko dihitung berdasarkan dua parameter utama, yaitu probabilitas (*likelihood*) dan dampak (*impact/consequence*). Kedua parameter ini digunakan untuk mengukur tingkat urgensi risiko serta menentukan tindakan mitigasi yang diperlukan.

Probabilitas (*Likelihood*)

Probabilitas merupakan ukuran mengenai seberapa besar kemungkinan suatu peristiwa risiko akan terjadi dalam periode tertentu. Menurut (ISO 31000, 2018), probabilitas dapat didefinisikan sebagai “*the chance of something happening*”, yang dapat dievaluasi berdasarkan data historis, frekuensi kejadian, pengalaman operasional, atau analisis kecenderungan proses.

Dalam penelitian kebakaran atau pemeliharaan proteksi kebakaran, probabilitas biasanya dikategorikan menggunakan skala kuantitatif atau kualitatif, misalnya:

- Sangat Rendah – kejadian sangat jarang ($\leq 5\%$ kemungkinan)
- Rendah – kejadian jarang (5–15%)
- Sedang – kejadian terjadi kadang-kadang (15–40%)
- Tinggi – kejadian sering terjadi (40–70%)
- Sangat Tinggi – kejadian hampir pasti ($> 70\%$)

(Ghozali, 2019) menjelaskan bahwa probabilitas dapat dinilai melalui indeks atau skor numerik (1–5) atau melalui konversi data persentase menjadi nilai 0 – 1. Penggunaan pendekatan kuantitatif lebih disarankan dalam penelitian berbasis survei karena memungkinkan analisis komputasional dan penghitungan indeks risiko secara lebih objektif.

Dampak (*Impact/Consequence*)

Dampak merupakan parameter yang menggambarkan tingkat keparahan atau konsekuensi yang ditimbulkan apabila suatu risiko terjadi. Menurut (ISO 45001, 2018), dampak (*severity*) adalah ukuran efek yang ditimbulkan oleh suatu bahaya terhadap aset, manusia, operasional, atau lingkungan.

Dalam konteks proteksi kebakaran, dampak dapat meliputi:

- Kerusakan fisik pada fasilitas atau sarana prasarana
- Gangguan operasional sekolah
- Potensi bahaya terhadap keselamatan manusia
- Kerugian finansial atau kerusakan peralatan kritis
- Gangguan pada sistem energi seperti panel surya (khusus fasilitas NZC)

Kategori dampak umumnya meliputi:

- Minor* – tidak menimbulkan kerugian signifikan dan mudah diperbaiki
- Moderate* – menimbulkan gangguan ringan terhadap aktivitas operasional
- Major* – menimbulkan kerusakan menengah dan memerlukan perbaikan khusus
- Severe* – mengganggu fungsi sistem utama proteksi
- Catastrophic* – menimbulkan kerusakan besar atau membahayakan keselamatan pengguna

Menurut (Rahardjo & Prihanton, 2020), penilaian dampak harus mempertimbangkan aspek teknis bangunan, fungsi fasilitas, serta kemungkinan terjadinya peningkatan risiko sekunder seperti korsleting, arcing, atau kerusakan pada sistem panel surya di bangunan berkonsep *Net Zero Carbon* (NZC).

Penghitungan Tingkat Risiko (Risk Level = P × D)

Pendekatan matriks risiko merupakan metode yang paling umum digunakan untuk mengukur tingkat risiko. Menurut (Institute, 2017) menjelaskan bahwa risiko dapat dihitung dengan formula:

$$\text{Risk Level} = \text{Probability}(P) \times \text{Impact}(D)$$

Hasil perkalian tersebut dapat berupa skor kuantitatif yang kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori tertentu, misalnya:

- a) Risiko Rendah (*Low Risk*): 0,01 – 0,10
- b) Risiko Sedang (*Medium Risk*): 0,11 – 0,20
- c) Risiko Tinggi (*High Risk*): 0,21 – 0,40
- d) Risiko Sangat Tinggi (*Extreme Risk*): >0,40

Kategori tersebut dapat disesuaikan dengan standar penelitian atau SOP instansi setempat. Menurut (Assessments, 2007) bahwa penggunaan matriks risiko memungkinkan organisasi untuk memprioritaskan risiko yang bernilai tinggi sehingga tindakan mitigasi dapat dilakukan lebih cepat dan tepat sasaran.

Penggunaan Parameter Risiko dalam Sistem Proteksi Kebakaran

Dalam sistem proteksi kebakaran, parameter probabilitas dan dampak sangat penting digunakan untuk:

- a. Mengidentifikasi komponen kritis yang paling rentan (misal: panel surya, panel listrik, APAR, alarm kebakaran).
- b. Menentukan frekuensi inspeksi (harian, bulanan, periodik).
- c. Menyusun SOP pemeliharaan yang berbasis risiko (risk-based maintenance).
- d. Mengatur prioritas perbaikan komponen dengan nilai risiko tertinggi mendapat tindakan perbaikan segera melalui *Work Order* (WO).
- e. Menjamin akuntabilitas pelaksanaan pemeliharaan melalui logbook dan verifikasi internal.

Menurut (Setiawan et al., 2020) menegaskan bahwa pendekatan probability–impact sangat relevan untuk fasilitas pendidikan karena terjadinya kerusakan kecil pada sistem proteksi kebakaran dapat berdampak signifikan terhadap keselamatan penghuni sekolah.

Tingkat Risiko

Analisis risiko dilakukan menggunakan metode *probability indeks and matrix* sesuai kerangka kerja PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) edisi ke 6 (Institute, 2017), dengan menghitung tingkat probabilitas (P) dan dampak (D) dari setiap risiko untuk mendapatkan nilai tingkat risiko (PxD). Hasil lengkap perhitungan tingkat risiko dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Risiko

Pernyataan	Probabilitas Risiko (P)	Dampak (D)	Risiko (P×D)	Tingkat Risiko
1	0,28	0,31	0,09	Sedang
2	0,32	0,35	0,11	Sedang
3	0,30	0,36	0,11	Sedang
4	0,63	0,45	0,28	Tinggi
5	0,57	0,37	0,21	Tinggi
6	0,53	0,34	0,18	Tinggi
7	0,46	0,43	0,20	Tinggi
8	0,40	0,39	0,15	Sedang
9	0,30	0,24	0,07	Sedang
10	0,29	0,24	0,07	Sedang
11	0,69	0,50	0,34	Tinggi
12	0,27	0,32	0,09	Sedang
13	0,34	0,30	0,10	Sedang
14	0,27	0,25	0,07	Sedang
15	0,25	0,25	0,06	Sedang
16	0,26	0,24	0,06	Sedang
17	0,35	0,33	0,11	Sedang
18	0,46	0,31	0,14	Sedang

(sumber : data olahan, 2025)

Berdasarkan hasil pengolahan data terhadap 18 pernyataan risiko, diperoleh nilai FxD dengan nilai tingkat risiko paling rendah sebesar 0,06 dan nilai tingkat risiko paling tinggi sebesar 0,34, yang diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu risiko sedang (0,06 – 0,14) dan risiko tinggi (0,18 – 0,72).

Tabel 2. Risiko Dominan

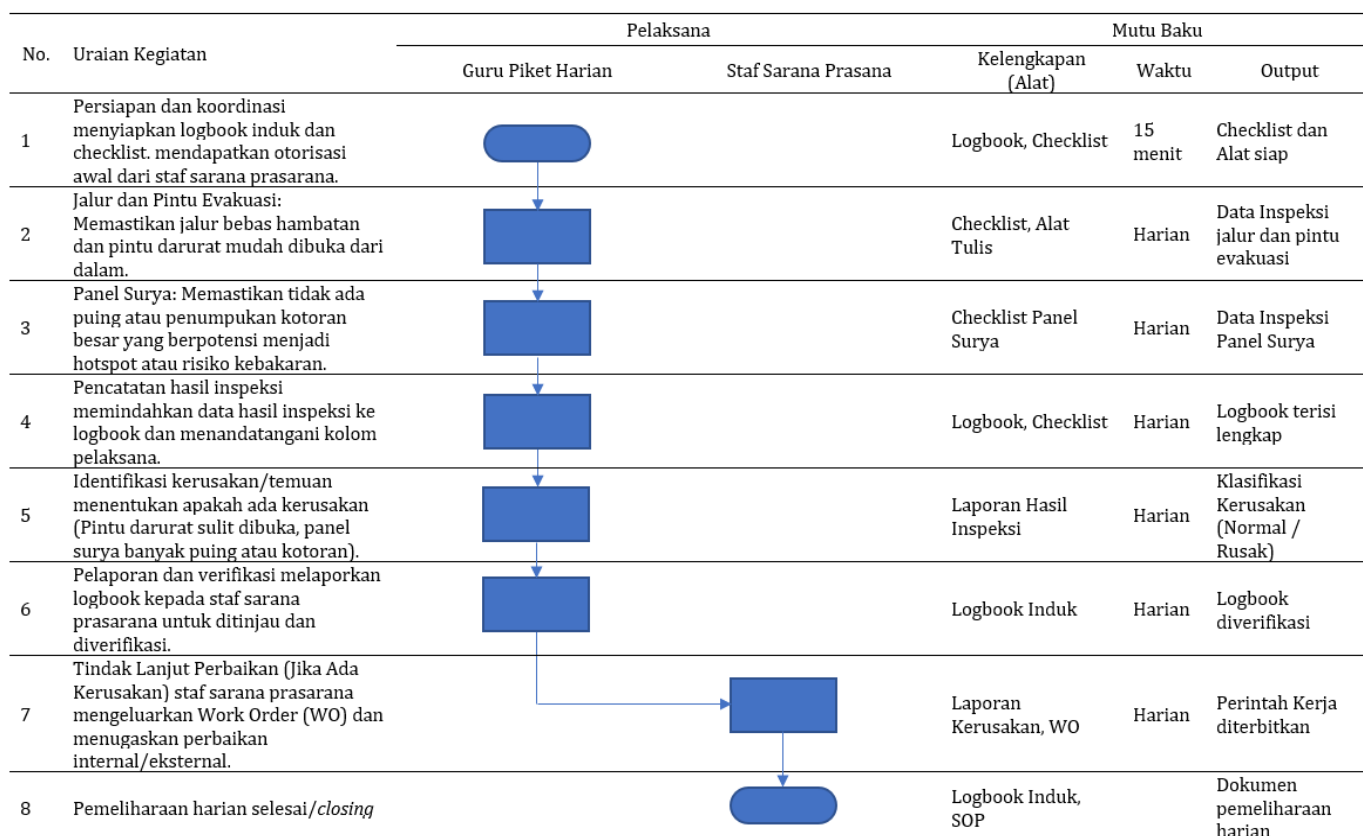
Pernyataan	Probabilitas Risiko (P)	Dampak (D)	Risiko (P×D)
11	0,66	0,51	0,34
4	0,61	0,46	0,28
5	0,56	0,38	0,21
7	0,45	0,45	0,20
6	0,53	0,34	0,18

(sumber : data olahan, 2025)

Berdasarkan tabel 2, lima tingkat risiko tingkat tinggi di mana Pernyataan 11 (SOP tidak tersedia atau tidak diperbarui) menempati peringkat tertinggi dengan nilai risiko 0,34 menjadikannya prioritas utama penanganan, diikuti oleh pernyataan 4 (tidak ada jadwal pemeriksaan & pemeliharaan berkala) dengan nilai risiko 0,28, pernyataan 5 (tidak ada catatan pemeliharaan) dengan nilai risiko 0,21, kemudian pernyataan 7 (panel surya tidak diperiksa rutin) dengan nilai risiko 0,20, pernyataan 6 (tidak ada petugas khusus pemeliharaan) dengan nilai risiko 0,18.

SOP Pemeliharaan Sarana Proteksi Kebakaran








Untuk memastikan keandalan fungsi seluruh sarana proteksi kebakaran (SPK) di Sekolah Dasar *Net zero carbon* serta memitigasi lima risiko tingkat tinggi yang telah teridentifikasi terutama yang berkaitan dengan ketiadaan jadwal, kurangnya petugas khusus, dan tidak rutin inspeksi pada Panel Surya maka dirancanglah sebuah Standar Operasional Prosedur Pemeliharaan yang bersifat wajib, terstruktur, dan berbasis akuntabilitas. Standar Operasional Prosedur Pemeliharaan dilakukan secara harian, bulanan dan periodik (triwulan/semesteran/tahunan). Prosedur ini secara spesifik mengintegrasikan pemeriksaan rutin pada komponen kritis SPK seperti APAR dan sistem deteksi, bersamaan dengan inspeksi mendalam terhadap komponen surya panel untuk mencegah potensi risiko arcing dan hotspot. Pelaksanaan SOP ini berada di bawah kendali Staf sarana prasarana dan divalidasi oleh Kepala Sekolah, menjamin bahwa setiap potensi kegagalan sistem proteksi ditangani secara proaktif.



Gambar 5. Alur Kerja SOP Pemeliharaan Sarana Proteksi Kebakaran Harian

(sumber : data olahan, 2025)

Dapat dilihat pada Gambar 5 alur kerja SOP pemeliharaan sarana proteksi kebakaran harian ini menggambarkan proses inspeksi cepat yang sebagian besar dilakukan oleh Guru Piket Harian untuk memastikan kesiapan sarana setiap hari. Proses diawali dengan Guru Piket menyiapkan logbook dan checklist, lalu melaksanakan inspeksi pada jalur dan pintu evakuasi untuk memastikan kebebasan hambatan dan fungsi buka/tutup, serta melakukan inspeksi visual pada Panel Surya dari potensi risiko kebakaran (Ramadhan et al., 2025). Setelah pencatatan hasil inspeksi ke logbook, Guru Piket mengidentifikasi kerusakan, melaporkan, dan memverifikasi logbook tersebut kepada Staf Sarana Prasarana. Jika teridentifikasi kerusakan, staf sarana prasarana bertindak lanjut dengan mengeluarkan *Work order* (WO) untuk perbaikan internal/eksternal, sebelum proses pemeliharaan harian ditutup.

No.	Uraian Kegiatan	Pelaksana		Mutu Baku		
		Staf Sarana Prasarana (Sarpras)	Kepala Sekolah	Kelengkapan (Alat)	Waktu	Output
1	Persiapan dan koordinasi menyiapkan logbook induk dan checklist. mendapatkan otorisasi awal dari Kepala Sekolah.			Logbook, Checklist	15 menit	Otorisasi inspeksi diterima
2	Inspeksi APAR: Memeriksa segel, pin, dan kondisi tabung. Memverifikasi tekanan pada manometer (harus berada di zona hijau). Mencatat tanggal expired.			Checklist, Alat Tulis	30 menit	Data Inspeksi APAR
3	Inspeksi Alarm & Detektor: Memeriksa fungsi lampu indikator (LED) pada semua detektor, membersihkan detektor dari debu dan kotoran, uji fungsi pada manual call point / break glass dan mencatat respons alarm.			Alat Uji Detektor, Kain Pembersih	60 menit	Data uji alarm
4	Inspeksi Komponen Panel Surya (Listrik): Pemeriksaan visual kabel, konektor, string, dan inverter dari tanda kerusakan, arcing, atau hotspot yang terlihat jelas.			Checklist Panel Surya	45 menit	Data inspeksi panel surya
5	Pencatatan & Pelaporan: Memindahkan data hasil inspeksi ke Logbook Induk, melakukan klasifikasi temuan (Normal / Rusak), dan menandatangani kolom pelaksana.			Logbook Induk, Checklist	15 menit	Klasifikasi Kerusakan (Normal / Rusak)
6	Verifikasi Logbook: Staf Sarpras menyerahkan Logbook Induk kepada Kepala Sekolah untuk ditinjau dan diverifikasi.			Logbook Induk	1 hari	Logbook diverifikasi
7	Pemeliharaan bulanan selesai/closing			Laporan Kerusakan, WO		Dokumen pemeliharaan bulanan

Gambar 6. Alur Kerja SOP Pemeliharaan Sarana Proteksi Kebakaran Bulanan (sumber : data olahan, 2025)

Dapat dilihat pada Gambar 6 alur kerja SOP pemeliharaan sarana proteksi kebakaran bulanan ini menggambarkan proses inspeksi mendalam dan fungsional yang dilakukan oleh Staf Sarana Prasarana (Sarpras) dengan pengawasan oleh Kepala Sekolah. Proses dimulai dengan Staf Sarpras menyiapkan logbook dan mendapatkan otorisasi awal dari Kepala Sekolah, kemudian dilanjutkan dengan melaksanakan inspeksi vital bulanan, yaitu pemeriksaan tekanan dan masa berlaku APAR, pengujian fungsi pada sistem alarm kebakaran (termasuk detektor dan manual *call point*), serta pemeriksaan visual komponen Panel Surya (kabel dan inverter) dari kerusakan listrik. Setelah semua data hasil inspeksi dicatat dan diklasifikasikan ke dalam Logbook Induk, Staf Sarpras wajib menyerahkan *Logbook* tersebut kepada Kepala Sekolah untuk ditinjau dan diverifikasi, yang menandai penutupan siklus pemeliharaan bulanan.

No.	Uraian Kegiatan	Pelaksana			Mutu Baku	
		Staf Sarana Prasarana	Pihak Ketiga Tersertifikasi	Kepala Sekolah	Waktu	Output
1	Tindak lanjut kerusakan: Jika ada temuan kerusakan (Bulanan), Staf Sarpras mengajukan permohonan Work Order (WO) kepada Kepala Sekolah. Kepala Sekolah menyetujui WO untuk perbaikan oleh pihak ketiga tersertifikasi.				1-2 hari	Perintah WO diterbitkan
2	Pengujian fungsi menyeluruh APAR: Melakukan pengisian ulang (refill) atau servis jika masa berlaku telah habis, atau saat tekanan menunjukkan penurunan.				1 hari	Kartu status Apar diperbarui
3	Pengujian sistem alarm kebakaran menyeluruh: Pengujian fungsional menyeluruh pada FACP (Fire Alarm Control Panel) dan uji asap/suhu pada sampel detektor.				1 hari	Laporan uji kinerja FACP
4	Pengujian kinerja panel surya: Melakukan pengujian kinerja, thermal imaging untuk mendeteksi hotspot yang tidak terlihat, serta inspeksi mendalam pada isolasi dan grounding.				1 hari	Laporan hasil kinerja panel surya
5	Audit kepatuhan tahunan: Kepala Sekolah meninjau kepatuhan Staf Sarpras terhadap jadwal dan keterisian Logbook sebagai bagian dari Audit Kepatuhan Sekolah.				1 hari	Evaluasi kepatuhan triwulan/semesteran/tahunan
7	Pemeliharaan periodik (triwulan/semesteran/tahunan) selesai/closing					Dokumen pemeliharaan

Gambar 7. Alur Kerja SOP Pemeliharaan Sarana Proteksi Kebakaran Periodik

(sumber : data olahan, 2025)

Dapat dilihat pada Gambar 7 alur kerja SOP pemeliharaan sarana proteksi kebakaran periodik (triwulan/semesteran/tahunan) menggambarkan proses penanganan perbaikan dan pengujian sistem secara menyeluruh yang melibatkan Staf Sarana Prasarana, Pihak Ketiga Tersertifikasi, dan Kepala Sekolah. Proses diawali dengan Staf Sarpras mengajukan permohonan *Work order* (WO) berdasarkan temuan bulanan, yang kemudian disetujui oleh Kepala Sekolah (langkah 1). Setelah persetujuan, Pihak Ketiga Tersertifikasi mengambil alih untuk melaksanakan serangkaian pengujian dan servis mendalam, meliputi pengujian fungsional menyeluruh pada APAR (*refill*/servis), sistem alarm kebakaran (uji FACP dan detektor), dan panel surya (pengukuran kinerja, thermal imaging, dan inspeksi *grounding*). Proses ini diakhiri dengan Kepala Sekolah meninjau kepatuhan dan *Logbook* Staf Sarpras sebagai bagian dari audit tahunan, yang kemudian menutup siklus pemeliharaan periodik.

SIMPULAN

Pemeliharaan sarana proteksi kebakaran pada Sekolah Dasar berkonsep *Net Zero Carbon* (NZC) masih menghadapi berbagai kelemahan mendasar yang berpotensi meningkatkan risiko kebakaran. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *probability index and matrix* sesuai kerangka PMBOK edisi ke-6, teridentifikasi lima risiko tingkat tinggi yang menjadi prioritas penanganan, yaitu ketiadaan SOP pemeliharaan sistem proteksi kebakaran (0,34), tidak adanya jadwal pemeriksaan berkala (0,28), tidak tersedianya catatan pemeliharaan (0,21), tidak rutinnya inspeksi panel surya (0,20), serta tidak adanya petugas khusus pemeliharaan (0,18). Kelima risiko tersebut menunjukkan bahwa sistem manajemen pemeliharaan di sekolah NZC belum berjalan secara preventif, terstruktur, dan akuntabel.

Penelitian ini berhasil merancang suatu *Standard Operating Procedure* (SOP) pemeliharaan sarana proteksi kebakaran yang terintegrasi dengan kebutuhan operasional sekolah NZC. SOP yang disusun mencakup alur kerja pemeliharaan harian, bulanan, dan periodik, serta mengatur mekanisme pelaporan, pencatatan logbook, verifikasi oleh Kepala Sekolah, dan penerbitan *Work Order* (WO) untuk tindakan perbaikan. Integrasi pemeriksaan panel surya ke dalam SOP menjadi salah satu kontribusi penting penelitian ini, mengingat teknologi NZC dapat memunculkan potensi risiko baru seperti arcng, hotspot, dan korsleting listrik.

Secara keseluruhan, rancangan SOP pemeliharaan yang dihasilkan dalam penelitian ini memberikan model operasional yang lebih jelas, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan. Implementasinya diharapkan mampu

memperkuat sistem keselamatan kebakaran di Sekolah Dasar NZC melalui pendekatan pemeliharaan yang bersifat preventif dan berkelanjutan, sekaligus menjadi rujukan bagi sekolah lain yang sedang bertransisi menuju bangunan rendah karbon. Penelitian ini juga membuka peluang kajian lanjutan terkait efektivitas implementasi SOP dalam jangka panjang maupun pengembangan sistem audit berbasis digital untuk pemeliharaan sarana proteksi kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Assessments, F. R. (2007). *Nfpa 551 Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments (2016 Edition)*.
- detikNews. (2025). Berita dan Informasi Sekolah terbakar Terkini dan Terbaru Hari ini - detikcom. *DetikNews*. <https://www.detik.com/tag/sekolah-terbakar/?sortBy=time&page=2>
- Fang, P., Zhao, L., Song, G., Dong, J., Zhao, J., & Wang, Z. (2025). Fire Safety Assessment of Building-Integrated Photovoltaics (BIPVs). *Fire*, 8(2), 1–12. <https://doi.org/10.3390/fire8020052>
- Ghozali, I. (2019). *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 23*. Badan Penerbit UNDIP.
- Institute, P. M. (2017). *Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK®Guide)--Sixth Edition*. Project Management Institute. <https://books.google.co.id/books?id=Rzc2DwAAQBAJ>
- Irman, D., & Sulaeman, A. (2024). Analisis Manajemen Risiko Pada Proyek Konstruksi Rehabilitasi Daerah Irigasi Bungal Kota Sungai Penuh. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(2), 690. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i2.587>
- ISO 31000. (2018). ISO 31000:2018 Risk management—Guidelines. In *International Organization for Standardization* (Vol. 2018).
- ISO 45001. (2018). ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use. In *International Organization for Standardization*.
- Menteri Pekerjaan Umum. (2018). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26 / PRT / M / 2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan Lingkungan. *Pub. L. No, 1*.
- Rahardjo, H., & Prihanton, M. (2020). The most critical issues and challenges of fire safety for building sustainability in Jakarta. *Journal of Building Engineering*, 29, 101133. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2019.101133>
- Ramadhan, F. I., Purnomo, A., & Khanza, M. (2025). Penerapan BIM dalam Simulasi Evakuasi pada Desain Tangga Evakuasi Gedung Baru PMI Jakarta. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2).
- Santika, W. G., Urmee, T., Simsek, Y., Bahri, P. A., & Anisuzzaman, M. (2020). An assessment of energy policy impacts on achieving Sustainable Development Goal 7 in Indonesia. *Energy for Sustainable Development*, 59, 33–48. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.08.011>
- Setiawan, T., Zulfiar, M. H., & Harsoyo, Y. A. (2020). Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Rusunawa Tuksono Sentolo Kabupaten Kulon Progo. In *Jurnal Teknik Sipil*.
- Shreffler, J., Testing, H. M. R. H., & Values, P. (2023). *Confidence Intervals, and Significance*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557421/>
- Sriagustini1, I., & Rosmiati, T. (2023). Edukasi Masyarakat Tentang Pencegahan Kebakaran Dengan Metode Permainan Pesan Berantai Dan Susun Kalimat. *Community Development Journal*, 4(2), 2603–2611.