

## Evaluasi Pengelolaan, Pengawasan dan Pengendalian Sistem Proteksi Kebakaran pada Gedung di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

(Evaluation of Management, Supervision and Control on Building Fire Protection System at Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

MUH SOFYAN SAUGANI, FADILLAWATY SALEH, HAKAS PRAYUDA, LILIS TIYANI,  
BELLA LUTFIANI AL ZAKINA

### ABSTRAK

Sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung haruslah dikelola, supervisi dan control dengan baik untuk menghindari bencana yang membahayakan. Pemenuhan dan penyesuaian sistem proteksi kebakaran terhadap syarat dan ketentuan yang berlaku diperlukan untuk mengelola, memantau, dan mengendalikan sistem dengan baik. Gedung kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY) berpotensi mengalami kebakaran, karena terdapat material yang mudah terbakar dan komponen penyebab kebakaran, sehingga perlu dilakukan pengkajian terhadap sistem proteksi kebakaran yaitu pada pengelolaan, pengawasan, dan pengendalian sistem proteksi kebakaran di gedung. Penelitian ini dilakukan untuk menindaklanjuti hal tersebut. Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian pendekatan kuantitatif data penelitian diperoleh dari hasil penilaian gedung dan wawancara pemilik/pengelola gedung. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah tingkat keandalan pengelolaan, pengawasan, dan pengendalian sistem proteksi pada Gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 di UMY. Analisis yang dilakukan memberikan persentase masing-masing 59,52%, (E6 dan E7), 58,03% (Pascasarjana), dan 56,80% (F3) dalam hal pengelolaan dan tingkat keandalannya kurang, sedangkan dari segi pengawasan dan identifikasi masing-masing gedung mendapat persentase yang sama sebesar 69,07% dan tingkat reliabilitas cukup. Hasil ini dapat disimpulkan bahwa tingkat keandalan sistem proteksi kebakaran masih banyak yang berada dibawah 60% sehingga dikategorikan kurang baik.

**Kata kunci:** Bangunan Gedung, Sistem Proteksi Kebakaran, Manajemen, Supervisi dan Kontrol, Tingkat Keandalan.

### ABSTRACT

*Fire protection systems in buildings must be managed, supervised, and controlled properly to avoid the risk of disaster. Fulfillment and adjustment to the fire protection system against applicable terms and conditions is required to manage, monitor, and control the system properly. The campus building of Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY) has the potential to experience fire, because it there are combustible materials and fire-causing components, so it is necessary to do an assessment on fire protection system that is on the management, supervision, and control of fire protection system in the building. This research is done to follow up the matter. Research type used in this research is with quantitative approach, research data obtained from result of building assessment and interview owner/manager of building. The results obtained from this research are the level of reliability of management, supervision, and control of protection system in Building E6, E7, Postgraduates and F3 at UMY. The analysis performed gives the percentage respectively 59.52% (E6 and E7), 58.03% (Postgraduates), and 56.80% (F3) in terms of management and the reliability level is deficient, while in terms of supervision and identification of each building gets the same percentage of 69.07% and the reliability level is sufficient. Based on the results, it can be concluded that the level of reliability on fire protection management still below 60% or in poor condition.*

**Keywords:** Buildings, Fire protection system, Management, Supervision and control, Reliability level

## PENDAHULUAN

Pada dasarnya kebakaran pada bangunan gedung diakibatkan oleh hal-hal seperti, korsleting listrik, terbakarnya bahan-bahan atau material yang mudah terbakar, meledaknya tabung gas LPG, rokok, kecerobohan dalam menyalakan api, dan lain sebagainya. Jika melihat pada realita yang ada, menurut media berita sebagian besar kasus kebakaran gedung yang terjadi diakibatkan oleh korsleting listrik dan terbakarnya bahan-bahan atau material yang mudah terbakar yang ada dalam gedung serta kecerobohan dalam menyalakan api. Berdasarkan potensi-potensi penyebab kebakaran tersebut, dapat disimpulkan bahwa pada bangunan gedung yang sudah dibangun ataupun yang baru dibangun perlu adanya sistem proteksi kebakaran yang berfungsi untuk menghindari dan dapat menanggulangi bencana kebakaran yang terjadi.

Menurut media berita Tribun Jateng terdapat 15 kasus kebakaran bangunan gedung dari 150 kasus kebakaran di tahun 2014 hingga saat ini di Indonesia. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa gedung yang sudah memiliki sistem proteksi kebakaran masih memiliki potensi terjadi kebakaran, hal ini dikarenakan pemilik/pengelola gedung belum maksimal dalam melakukan pengelolaan, pengawasan, dan pengendalian terhadap sistem proteksi kebakaran yang telah diterapkan serta masih belum memenuhi persyaratan yang berlaku. Sehingga perlu dilakukan evaluasi berupa *assessment* terhadap sistem proteksi kebakaran pada bangunan gedung untuk mengetahui kekurangan dan tingkat keandalan yang dimiliki.

Penelitian terdahulu tentang *assessment* dan keselamatan kebakaran bangunan gedung kampus pernah dilakukan oleh Septiadi dkk. (2014) dengan hasil berupa pemenuhan persyaratan sistem proteksi kebakaran dan aspek-aspek pada gedung Universitas Sriwijaya Kampus Inderalaya masih banyak yang belum terpenuhi, Anggara (2015) dengan hasil berupa keandalan tapak, sarana penyelamatan, keandalan proteksi aktif dan pasif, serta keandalan keselamatan kebakaran pada gedung FISIP II Universitas Brawijaya, Malang termasuk dalam kategori baik (B), Turnip dkk. (2016) dengan hasil yang

menunjukkan bahwa Gedung UPT Perpustakaan Universitas Diponegoro Semarang termasuk dalam klasifikasi potensi bahaya kebakaran ringan.

Prabawati dkk. (2018) dengan hasil yang menunjukkan Gedung UKM Universitas Brawijaya tergolong gedung yang memiliki klasifikasi kebakaran kelas A, pada bangunan pusat perbelanjaan mal oleh Ornam (2015) dengan hasil yang menunjukkan bahwa kondisi bangunan pusat perbelanjaan Mal Mandonga Kendari termasuk dalam kategori tidak aman terhadap bahaya kebakaran khususnya bagi keselamatan jiwa penghuninya. Outinen dkk. (2012) dengan hasil batang atas rangka baja pusat perbelanjaan masih dalam suhu aman akibat dari sistem sprinkler ketika pengujian, akan tetapi berbeda dengan batang bawah rangka baja yang mengalami kenaikan suhu karena terletak di dekat pusat api kebakaran. pada bangunan rumah sakit oleh Arrazy dkk (2014) dengan hasil yang menunjukkan bahwa aspek-aspek proteksi kebakaran Gedung Rumah Sakit DR. Sobirin Kabupaten Musi Rawas seperti sistem manajemen sudah tersosialisasi dengan baik, identifikasi sumber bahaya kebakaran belum terdokumentasi dengan baik, upaya pencegahan dan pengendalian sudah terlaksana, alat pemadaman api kebakaran sudah terpelihara akan tetapi belum dilakukan pelatihan secara rutin, pembuatan SOP untuk pengelolaan sistem proteksi kebakaran sudah terlaksana, dan pelaporan untuk pengawasan sistem proteksi kebakaran belum terlaksana dengan baik.

Pada bangunan apartemen yang diteliti oleh Adiwidjaja (2012) dengan hasil berupa ketiga apartemen yaitu Metropolis, High Point, dan Puncak Permai secara keseluruhan kurang kelengkapan komponen pada aspek sistem proteksi pasif dan termasuk dalam kondisi kurang memadai pada sistem proteksi aktif pada bangunan gedung pemerintah oleh Roziana dkk (2015) dengan hasil yang menunjukkan bahwa kenadalan sistem proteksi kebakaran Bangunan Gedung Negara di Kota Mataram dominan dipengaruhi oleh penggunaan bahan, desain bangunan, sistem deteksi dan alarm kebakaran, dan Alat Pemadam Api Ringan (APAR), sedangkan hidran kebakaran dan *sprinkler* tidak berpengaruh secara signifikan, pada bangunan rumah susun oleh Sukawi dkk (2016) dengan hasil yang menunjukkan bahwa dari segi

sistem proteksi pasif secara keseluruhan Gedung Rusunawa UNDIP telah memenuhi standar, pada bangunan pabrik oleh Kosha dkk (2016) dengan hasil yang menunjukkan bahwa Gedung Perusahaan PT. Charoen Pokphand Indonesia Plant Krian, Sidoarjo, Jawa Timur memiliki sistem proteksi kebakaran pasif yang tergolong sesuai dengan peraturan yang berlaku dan sebagian besar telah terlaksana.

Desain bangunan gedung dengan evaluasi keselamatan kebakaran pernah dilakukan oleh Park dkk. (2014) dengan hasil yang menunjukkan bahwa kinerja keselamatan kebakaran gedung saling berkaitan dengan proses desain bangunan, sehingga setiap proses desain gedung dapat disertai dengan evaluasi kinerja keselamatan kebakaran, dan studi literatur peraturan kebakaran berbasis kinerja pernah dilakukan oleh Hadjisophocleous dkk. (2015) dengan hasil berupa peraturan kebakaran bangunan berbasis kinerja lebih menguntungkan dibanding dengan peraturan kebakaran bangunan berbasis ketentuan, baik dari segi ekonomi, *fleksibilitas*, dan globalisasi. Dalam penelitian ini, evaluasi yang dilakukan berupa *assessment* terhadap pengelolaan, pengawasan dan pengendalian sistem proteksi kebakaran dilakukan dengan aspek penilaian yang mengacu pada persyaratan teknis Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.26 tahun 2008. Kegiatan evaluasi yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh pemahaman terkait dengan pelaksanaan pengelolaan, pengawasan dan pengendalian sistem proteksi kebakaran yang sesuai peraturan pemerintah/persyaratan yang berlaku, kemudian untuk menganalisis hasil evaluasi pengelolaan, pengawasan dan pengendalian

sistem proteksi kebakaran pada gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

#### METODE PENELITIAN

dengan jenis deskriptif kuantitatif, dengan pengumpulan data melalui kegiatan *assessment*/penilaian komponen sistem proteksi pada gedung dan wawancara dengan pihak pengelola/pemilik gedung atau sering disebut dengan pihak OBS (Otoritas Berwenang Setempat). Kegiatan *assessment* dilakukan dengan menilai secara menyeluruh terhadap sistem proteksi kebakaran pada gedung E6, E7, Pascasarja, dan F3, lalu mencatat penilaian yang dilakukan, sedangkan untuk wawancara dilakukan dengan menentukan narasumber (pihak OBS gedung) yang akan diwawancara, kemudian menilai dan mencatat jawaban yang didapat, setelah didapatkan data *assessment* gedung dan wawancara pihak OBS gedung maka dilakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh dengan melakukan penggolongan tingkat keandalan menurut Tabel 1.

Setelah tingkat keandalan diketahui secara otomatis akan diketahui juga nilai dari tingkat keandalan yang diperoleh, selanjutnya akan dilakukan pembobotan berdasarkan aspek penilaian yang telah ditentukan, kemudian langkah terakhir dilakukan kalkulasi dengan Persamaan 1 untuk mengetahui nilai kondisi.

$$\text{Nilai Kondisi} = (\text{Nilai Keandalan} \times \text{Nilai Bobot (\%)})/100 \quad (1)$$

TABEL 1. Nilai dan tingkat keandalan sistem proteksi kebakaran (PD-T-11-2005-C)

Kesesuaian	Nilai	Tingkat Keandalan
Sesuai syarat dan ketentuan	> 80 - 100	Baik (B)
Terpasang akan tetapi beberapa bagian kecil instalasi yang tidak sesuai dengan syarat dan ketentuan	60 – 80	Cukup (C)
Seluruhnya tidak sesuai dengan syarat dan ketentuan	< 60	Kurang (K)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Assessment*/penilaian gedung dan wawancara terhadap pihak OBS memperoleh hasil seperti yang ditunjukkan Tabel 2 dan Tabel 3. Terlihat bahwa *assessment*/penilaian terhadap pengelolaan sistem proteksi kebakaran terdiri dari 12 aspek pokok penilaian, dan untuk pengawasan dan pengendalian sistem proteksi kebakaran terdiri dari 4 aspek pokok penilaian. Skor penilaian terdiri dari skala 1-100 dengan *range* 1 sampai <60 memiliki kategori kurang, *range* 60 sampai 80 memiliki kategori cukup dan *range* >80-100 memiliki kategori baik. Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui skor penilaian/tingkat keandalan gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 terhadap aspek evakuasi, latihan kebakaran, laporan kebakaran dan darurat lain, serta pemberian tanda sistem proteksi kebakaran memperoleh skor <60% dengan kategori kurang hal ini disebabkan karena pihak pengelola gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 tidak pernah melakukan kegiatan berupa latihan kebakaran, simulasi, dan evakuasi penghuni. Pengelola juga tidak pernah melaporkan kejadian kebakaran

ataupun keadaan darurat lain kepada instansi pemadam kebakaran dan tidak mengikuti aturan dalam memasang tanda pada tangga terlindung dan jalur tengah.

Kemudian untuk bagian tanggung jawab pemilik/penghuni pada gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 memperoleh skor yang berada pada *range* 60-80 dengan kategori cukup, hal ini dikarenakan pihak pengelola gedung tidak mendokumentasikan pemeriksaan, pemeliharaan dan pengujian sistem proteksi kebakaran ke dalam bentuk dokumen laporan dengan rapi dan dengan poin-poin yang sesuai dengan ketentuan dan persyaratan.

Secara keseluruhan skor penilaian/tingkat keandalan gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 terhadap pengelolaan sistem proteksi kebakaran memperoleh skor masing-masing 59,51%, 59,51%, 58,03%, dan 56,80%, berdasarkan perolehan nilai tersebut terlihat bahwa pengelolaan sistem proteksi kebakaran pada keempat gedung tersebut termasuk dalam kategori kurang karena masing-masing gedung masuk dalam rentang < 60%.

TABEL 2. Hasil penelitian pengelolaan sistem proteksi kebakaran pada Gedung

No.	Aspek Penilaian	Skor Penilaian (%)			
		E6	E7	Pasca	F3
1	Tanggung jawab pemilik/penghuni gedung Penghunan	65	65	65	65
2	Pemeliharaan, pemeriksaan dan pengujian	87,5	87,5	87,5	87,5
3	Evakuasi bangunan gedung	82,5	82,5	82,5	77,5
4		0	0	0	0
5	Latihan kebakaran	0	0	0	0
6	Laporan kebakaran dan darurat lain	50	50	50	50
7	Perusakan terhadap peralatan keselamatan kebakaran	90	90	90	90
8	Perencanaan darurat	82	82	82	82
9	Merokok	85	85	85	85
10	Pemberian tanda sistem proteksi kebakaran	10,75	10,75	2,95	1,36
11	Bangunan gedung dan tempat kosong	90	90	90	77,5
12	Bahan-bahan mudah terbakar	71,44	71,44	61,44	65,73
Jumlah Penilaian Keseluruhan		714,19	714,19	696,39	681,59
Jumlah Penilaian Rata-rata		59,51	59,51	58,03	56,80

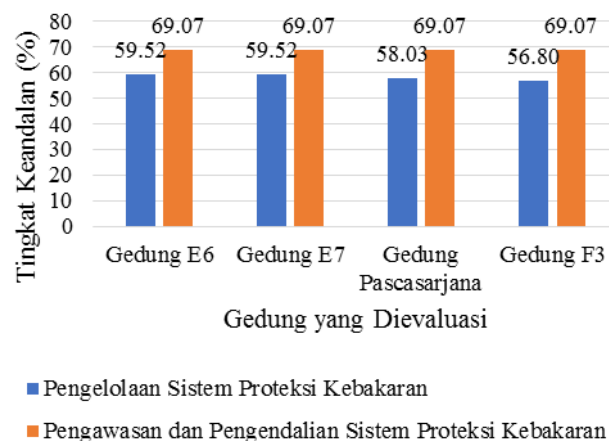
TABEL 3. Hasil penelitian pengawasan dan pengendalian sistem proteksi kebakaran pada gedung

No.	Aspek Penilaian	Skor Penilaian (%)			
		E6	E7	Pasca	F3
1	Pengendalian dan pengawasan tahap perencanaan	88,33	88,33	88,33	88,33
2	Pengawasan dan pengendalian tahap pelaksanaan	61,68	61,68	61,68	61,68
3	Pengawasan dan pengendalian tahap pemanfaatan dan pemeliharaan	67,5	67,5	67,5	67,5
4	Jaminan keandalan sistem dan pengujian api	58,75	58,75	58,75	58,75
Jumlah Penilaian Keseluruhan		276,26	276,26	276,26	276,26
Jumlah Penilaian Rata-rata		69,07	69,07	69,07	69,07

Penilaian/tingkat keandalan terhadap kriteria pengawasan dan pengendalian berdasarkan Tabel 3 masing-masing mendapatkan skor yang sama besar yaitu 69,07%, hal ini dikarenakan pengawasan dan pengendalian yang dilakukan oleh OBS Gedung UMY terhadap sistem proteksi kebakaran pada Gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 termasuk dalam kategori cukup, sehingga perlu dilakukan perbaikan dan melengkapi peralatan dan komponen-komponen yang masih kurang terkait dengan pengawasan dan pengendalian

sistem proteksi kebakaran untuk membuat tingkat keandalan meningkat menjadi tergolong baik.

Hasil dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan informasi pada grafik, terlihat jelas bahwa skor tingkat keandalan untuk pengelolaan, pengawasan dan pengendalian sistem proteksi kebakaran pada Gedung E6 dan E7 sama besar yaitu 59,52% (pengelolaan) dan 69,07% (pengawasan dan pengendalian).



GAMBAR 1. Hasil manajemen sistem proteksi kebakaran

Pada Gambar 1 juga menginformasikan bahwa tingkat pengawasan dan pengendalian sistem proteksi kebakaran pada gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 lebih baik dari pengelolaan sistem proteksinya, hal ini disebabkan karena terdapat beberapa poin yang ada dalam aspek penilaian kriteria pengelolaan yang tidak terpenuhi, belum terlaksana dan tidak sesuai dengan persyaratan yang berlaku yaitu aspek evakuasi, latihan kebakaran, laporan kebakaran dan darurat lain, serta pemberian tanda sistem proteksi.

### KESIMPULAN

Kegiatan penelitian berupa *assessment* pada gedung dan wawancara dengan pemilik/pengelola gedung (pihak OBS gedung) dalam rangka evaluasi pengelolaan, pengawasan dan pengendalian sistem proteksi pada bangunan Gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 di Kampus Terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, diperoleh kesimpulan melalui kegiatan pengelolaan sistem proteksi kebakaran yang sesuai dengan Peraturan Pemerintah terdiri dari beberapa aspek penting yang harus dipenuhi yaitu tanggung jawab pemilik/penghuni gedung, penghunian, pemeliharaan, pemeriksaan dan pengujian, evakuasi bangunan gedung, latihan kebakaran, laporan kebakaran dan darurat lain, kerusakan terhadap peralatan keselamatan kebakaran, perencanaan darurat, merokok, pemberian tanda sistem proteksi kebakaran, bangunan gedung dan tempat kosong, dan bahan-bahan mudah terbakar. Sedangkan untuk kegiatan pengawasan dan pengendalian sistem proteksi kebakaran pada gedung yaitu pengendalian dan pengawasan tahap perencanaan, pelaksanaan, pemanfaatan dan pemeliharaan, serta jaminan keandalan sistem dan pengujian api. Berdasarkan analisis hasil evaluasi yang dilakukan, diperoleh rata-rata skor persentase keandalan pengelolaan sistem proteksi kebakaran diantaranya 59,52% (Gedung E6 dan E7), 58,03% (Gedung Pascasarjana), dan 56,80% (Gedung F3). Sedangkan untuk perolehan rata-rata skor persentase keandalan pengawasan dan pengendalian sistem proteksi kebakaran yaitu masing-masing sama besar 69,07% (Gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3). Dari segi pengelolaan dapat dilihat bahwa Gedung E6, E7, Pascasarjana, dan F3 masing-masing memiliki tingkat keandalan yang tergolong

kurang (K). Kemudian dari segi pengawasan dan pengelolaan sistem proteksi kebakaran, Gedung E6, E7, Pascasarjana dan F3 memiliki skor persentase tingkat keandalan yang sama besar yang termasuk dalam kategori cukup (C).

### DAFTAR PUSTAKA

- Adiwidjaja, R., (2012). Studi Tingkat Keandalan Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Apartemen (Studi Kasus Apartemen di Surabaya). *Journal of Architecture and Built Environment*, 39, 15-22.
- Anggara, D. V., (2015). Evaluasi Keandalan Keselamatan Kebakaran pada Gedung Fisip II Universitas Brawijaya, Malang. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1, 723-730.
- Arrazy, S., Sunarsih, E. dan Rahmiwati, A., (2014). Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Kebakaran di Rumah Sakit DR. Sobirin Kabupaten Musi Rawas Tahun 2013. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 5, 103-111.
- Badan Litbang Pekerjaan Umum, (2005), *Pemeriksaan Keselamatan Kebakaran Bangunan Gedung*, Jakarta.
- Hadjisophocleous, G. V., Benichou, N. dan Tamim, A. S., (2015). Literature Review of Performance-Based Fire Codes and Design Environment. *Journal of Fire Protection Engineering*, 9, 12-40.
- Kosha, R. V. M. dan Paskarini, I., 2017. Evaluasi Sistem Pencegahan Kebakaran Di PT. Charoen Pokphand Indonesia Plant Krian, Sidoarjo, Jawa Timur. *JPH RECODE*, 1, 30-38.
- Media Tribun, 2018, *Kebakaran*, Tribun Jateng, dilihat 26 Maret 2018, <<http://jateng.tribunnews.com/tag/kebakaran>>.
- Ornam, K., 2015. Penerapan Sistem Keselamatan Jiwa Terhadap Bahaya Kebakaran pada Perancangan Pusat Perbelanjaan Mal Mandongan Kendari. *Unity Jurnal Arsitektur*, 1, 87-95.
- Outinen, J., Samec, J. dan Sokol, Z., 2012. Research on Fire Protection Methods

and a Case Study “Futurum”. *Procedia Engineering*, 40, 339-344.

Park, H., Meacham, B. J., Dembsey, N. A. dan Goulthorpe, M., 2014. Integration of Fire Safety and Building Design. *Building Research & Information*, 42, 696-709.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, (2008), *Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*, Jakarta.

Prabawati, A. R. P. dan Sufianto, H., (2018). Sistem Proteksi Kebakaran pada Gedung UKM Universitas Brawijaya Malang. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur*, 6, 1-11.

Roziana, B. H. I., Murtiadi, S. dan Akmaluddin., (2015). Melakukan Penelitian Tentang Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keandalan Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Negara di Kota Mataram. *Jurnal Teknisia*, 20, 1-11.

Septiadi, H., Sunarsih, E. dan Camelia, A., (2014). Analisis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan di Universitas Sriwiaya Kampus Inderalaya Tahun 2013. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 5, 49-56.

Sukawi., Hardiman, G., Aini, N. dan Amany, Z., (2016). Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Rumah Susun (Studi Kasus : Rusunawa UNDIP). *MODUL*, 16, 35-42.

Turnip, B. V. D., Kurniawan, B. dan Suroto., (2016). Implementasi Sistem Penanggulangan Kebakaran di UPT Perpustakaan Universitas Diponegoro Semarang Tahun 2016. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4, 303-312.

---

PENULIS:

Muh Sofyan Saugani

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Fadillawaty Saleh

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Email: fadillawaty@umy.ac.id

Hakas Prayuda

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Email: hakasprayuda@umy.ac.id

Lilis Tiyani

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Politeknik Negeri Jakarta.