

Pengaruh Desain Fasad Terhadap Waktu Melalui Analisa Jarak Pandang dan Suhu Ketika Terjadi Kebakaran

Ghaisa Shahira Shafa¹, Debby Seftyarizki², Panji Anom Ramawangsa³

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

ghaitsashaaira@gmail.com

ABSTRACT

As a place of worship for Muslims and a place of study for other religions, mosques are buildings that really need to be considered in mitigating fire disasters. Apart from that, there is not much research that discusses fire safety in mosque buildings. So, this research was carried out in which the main focus of the research was on the fire safety of mosque buildings through scenario simulations of different facade shapes, namely in scenario 1 using the existing conditions with the first layer of the facade. Furthermore, in scenario 2, using the outermost facade layer according to the existing conditions and removing the first layer of the facade, namely the walls covering the inner area of the mosque, and scenario 3 uses the author's facade design in the form of calligraphy. The simulation was carried out using fire simulation software, namely PyroSim. In the scenario studied the heat release rate/area was 750 kW/m^2 which lasted for 300 seconds. In the scenario described, it shows that scenario 3 has a longer ASSET (Available Safe Egress Time), namely at visibility it takes $300 >$ seconds and at temperature 300 seconds. This facade has a more powerful air flow than the other two scenarios so that smoke and temperature can be minimized through this air flow.

Keywords: Fire; mMosque; fasade; pyroSim

ABSTRAK

Sebagai tempat ibadah umat muslim maupun tempat kajian agama lainnya, masjid merupakan bangunan yang sangat perlu diperhatikan dalam memitigasi bencana kebakaran. Selain itu, tidak banyak penelitian yang membahas mengenai keselamatan kebakaran pada bangunan masjid. Maka, dilakukannya penelitian ini yang dimana fokus utama penelitian terletak pada keselamatan kebakaran bangunan masjid melalui simulasi skenario dari bentuk fasad yang berbeda yaitu pada skenario 1 menggunakan keadaan eksisting dengan lapisan pertama fasad. Selanjutnya pada skenario 2 menggunakan lapisan fasad terluar sesuai kondisi eksisting dan menghilangkan lapisan pertama fasad yaitu dinding yang menutupi area dalam masjid, dan skenario 3 menggunakan desain fasad dari penulis berbentuk kaligrafi. Simulasi dilakukan menggunakan *software* simulasi kebakaran yaitu PyroSim. Dalam skenario yang diteliti laju pelepasan panas/area 750 kW/m^2 yang berlangsung selama 300 detik. Dalam skenario yang dianalisis menunjukkan bahwa skenario 3 memiliki ASET (*Available Safe Egress Time*) yang lebih lama yaitu pada jarak pandang memerlukan waktu $300 >$ detik dan pada suhu 300 detik. Fasad tersebut memiliki aliran udara yang lebih memumpuni ketimbang dari dua skenario lainnya sehingga asap ataupun suhu dapat diminimalisir melalui aliran udara tersebut.

Kata kunci: Kebakaran; Masjid; Fasad; PyroSim

PENDAHULUAN

Masjid adalah bangunan yang dikhususkan sebagai tempat berkumpulnya umat muslim untuk menunaikan ibadah seperti salat maupun kegiatan kajian agama lainnya (Hildayanti, 2022). Akan tetapi masjid juga memiliki peran penting dalam membangun karakter ataupun identitas kebudayaan pada umat muslim, identitas bahkan tidak hanya melekat dengan aspek non fisik saja melainkan pada aspek fisik seperti fasad salah satunya yang menjadi sebuah penanda atau *landmark* dari bangunan masjid (Satriandika et al., 2020). Masjid sendiri merupakan bangunan publik, maka dari itu pengguna masjid pun tidaklah sedikit. Dengan demikian, kemungkinan terjadinya kecelakaan dan desak-desakan bahkan kesulitan dalam mengevakuasi jika terjadi kebakaran lebih besar (Top & Toprakli, 2022).

Melakukan mitigasi bencana adalah kegiatan yang penting, hal ini bertujuan untuk meminimalisir dampak dari bencana (Sutrisno et al., 2020). Menurut Pasal 6 ayat (4) dari Undang-Undang No. 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung menyatakan bahwa "Setiap bangunan gedung wajib memenuhi persyaratan keselamatan, kesehatan, dan lingkungan serta persyaratan teknis lain yang ditetapkan berdasarkan ketentuan peraturan-undangan." Hal ini menegaskan bahwa faktor keselamatan merupakan syarat yang harus dipenuhi oleh bangunan gedung. Bangunan sendiri pun dapat didefinisikan sebagai struktur untuk bertahan dengan siklus umur yang panjang lebih dari 60 tahun (Rathnayake et al., 2020). Beberapa riset telah dilakukan yang bertujuan untuk memahami keselamatan bencana kebakaran dengan memberikan wawasan berharga untuk penerapan di desain arsitektur (Sun et al., 2023). Ketahanan maupun kinerja suatu bangunan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya kebakaran (Top, 2023). Dengan runtuhnya bangunan, kerusakan properti, cedera, dan bahkan potensi korban jiwa merupakan konsekuensi dari peristiwa kebakaran (Rathnayake et al., 2020). Kepolisian Negara Republik Indonesia (Polri) melaporkan terdapat 5.336 kasus kebakaran di Indonesia sepanjang Mei 2018 hingga Juli 2023, dari jumlah tersebut 24.79% atau 1.323 kasus terjadi pada tahun 2023 hingga 19 Juli (Ridhwan Mustajab, n.d.). Penyebab utama dari kematian kebakaran salah satunya diakibatkan karena terlalu banyak menghirup asap, bahkan data statistik menunjukkan bahwa menghirup partikel asap menyebabkan 85% dari seluruh kematian terkait kebakaran (Yu et al., 2015).

Pada penelitian ini studi kasus yang digunakan yaitu masjid Muhammadiyah yang berlokasi di jalan Suprpto kota Bengkulu, yang dimana masjid tersebut terletak di kawasan padat penduduk. Selain itu, pemilihan masjid Muhammadiyah ini pun didasarkan dari bangunan masjid yang ada di lantai 2 bangunan dengan kondisi ventilasi eksisting yang minim. Oleh karena itu, perlunya dilakukan penelitian untuk meminimalisir keselamatan pengguna ketika terjadinya kebakaran melalui simulasi perbandingan dari bentuk fasad yang berbeda. Simulasi penelitian ini menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit yang berperan sebagai *software* untuk memodelkan ulang studi kasus dan Pyrosim yang digunakan untuk memfasilitasi persiapan maupun masukan untuk simulasi kebakaran serta menganalisis model ketika

terjadinya kebakaran. PyroSim adalah antarmuka grafis FDS, yang dikembangkan oleh National Institute of Standard and Technology (NIST) (Khandoker et al., 2018). Dari penjelasan sebelumnya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait pengaruh bentuk fasad yang berguna bagi pemangku kepentingan maupun memperluas cakupan penelitian dimasa depan.

METODE PENELITIAN

Beberapa variabel yang digunakan untuk mengevaluasi pengendalian asap yaitu berupa ukuran api maupun ukuran struktur arsitektur pada bangunan (Top, 2023). Idealnya dalam perancangan, ketinggian asap pada bangunan tidak berada pada kedalaman yang dibatasi (ketinggian pengguna) agar pengguna bangunan dapat mengevakuasi keselamatan dengan aman (Qin et al., 2006). Salah satu keselamatan kebakaran dalam suatu bangunan bergantung pada ASET (*Available Safe Egress Time*) dan RSET (*Required Safe Egress Time*), jika ($RSET > ASET$) maka hal tersebut dapat menyebabkan kerugian bahkan korban jiwa dan sebaliknya jika ($ASET > RSET$) maka hal ini dapat meminimalisir kerugian, korban jiwa bahkan dapat mengevakuasi pengguna gedung dengan selamat dan aman (Averill et al., 2005).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental melalui skenario kebakaran dengan *flowchart* sebagai Berikut:

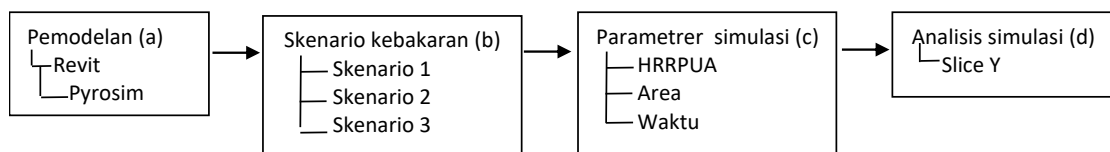


Diagram 1. *flowchart* Alur Metode Penelitian

a. Pemodelan



Gambar 1. Denah Masjid

Sumber: Hasil olah penulis dari Revit, 2024

Dari hasil *survey* yang dilakukan sebelumnya, masjid ini memiliki ukuran 17,5 x 24,5 m² dengan tinggi 3,5 m². Pemodelan masjid dilakukan di perangkat lunak

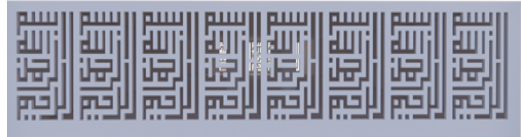
Autodesk Revit, hal ini dikarenakan pemodelan pada perangkat lunak Pyrosim masih terbatas. Untuk penyebab kebakaran yang memungkinkan terjadinya pembakaran, sabotase, dan sebab lainnya, maka posisi kebakaran ditentukan pada posisi sedikit ke tengah area sholat masjid (Top, 2023) dapat dilihat pada gambar 1.

b. Skenario kebakaran



Gambar 2. Fasad eksisting

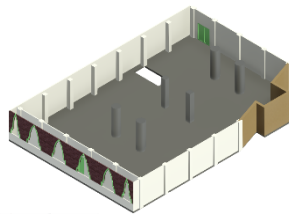
Sumber: Dokumentasi penulis, 2024



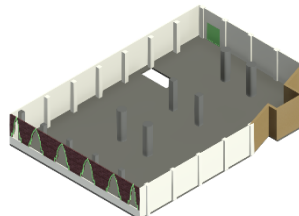
Gambar 3. Fasad kaligrafi

Sumber: desain dari penulis, 2024

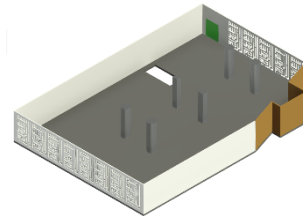
Pada kondisi eksisting, area fasad memiliki 2 lapisan fasad yang dapat dilihat pada gambar 2. Pada lapisan pertama dilapisi oleh dinding yang menutupi area dalam masjid dan pada lapisan kedua atau lapisan terluar terdapat fasad yang dilapisi oleh bata berwarna kuning dan memiliki lekukan sehingga membentuk rongga udara yang cukup besar. Sedangkan pada gambar 3 menunjukkan bentuk fasad yang didesain oleh penulis dengan bentuk kaligrafi. Pemilihan bentuk kaligrafi dikarenakan Kaligrafi fasad memiliki lubang ventilasi, yang merupakan bagian wajah bangunan untuk memenuhi kebutuhan kesehatan dan kenyamanan termal (Humairah & Mastutie, 2013).



Gambar 4. Skenario 1



Gambar 5. Skenario 2



Gambar 6. Skenario 3

Sumber: hasil olah penulis dari *revit*, 2024

- Skenario 1
Area dalam masjid dengan keadaan bukaan tertutup menggunakan fasad lapisan pertama sesuai keadaan eksisting.
- Skenario 2
Menghilangkan dinding fasad lapisan pertama dan simulasi menggunakan lapisan fasad terluar sebagai skenario ke 2
- Skenario 3
Menggunakan desain fasad dari penulis, dengan bentuk kaligrafi pada sisi bagian kanan dan kiri area masjid

c. Parameter simulasi

waktu keluar aman yang tersedia (ASET) dibutuhkan pengguna bangunan untuk mengevakuasi diri dari bangunan masjid dengan aman tanpa adanya bahaya

maupun cedera akibat kebakaran juga dihitung melalui skenario, dapat dilihat pada tabel 1.

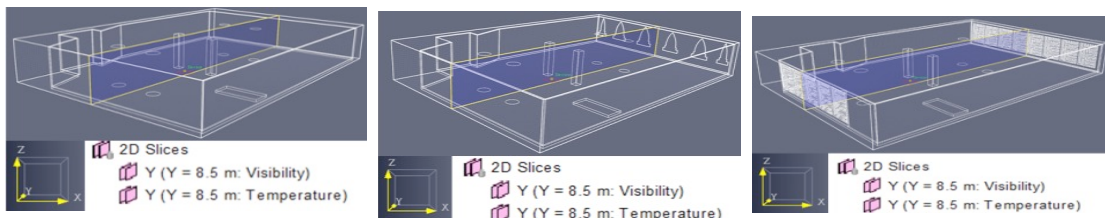
Tabel 1 .Parameter Skenario Simulasi

Skenario	Laju pelepasan panas/Area (HRRPUA)	Area	Waktu Simulasi (s)
Skenario 1	750 kW/m ²	1 m ²	300 s
Skenario 2	750 kW/m ²	1 m ²	300 s
Skenario 3	750 kW/m ²	1 m ²	300 s

Sumber: (Park, 2009; Top, 2023) dan Analisa dari penulis, 2024

Tabel 1 merincikan parameter skenario kebakaran, laju pelepasan panas/Area (HRRPUA), luas area kebakaran, dan waktu simulasi kebakaran. Berdasarkan NFPA 92B Laju Pelepasan Panas yang diperuntukkan untuk bangunan hotel, perkantoran serta bangunan industri lainnya berkisar 200-300 kW/m² (Park, 2009; Top, 2023). Dikarenakan tidak spesifik diperuntukkan untuk bangunan keagamaan ataupun masjid maka Laju Pelepasan Panas yang digunakan pada penelitian ini yaitu 750 kW/m² untuk memastikan bangunan aman (Top & Toprakli, 2022). Sedangkan pemilihan waktu simulasi didasarkan bahwa pada literatur sebelumnya yang menggunakan waktu simulasi selama 500 s menyatakan “jarak pandang yang disebabkan oleh asap menjadi bahaya dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan suhu ruang Ketika kebakaran” (Top, 2023). Maka dari itu penulis menggunakan waktu yang lebih singkat dari penelitian sebelumnya. Simulasi kebakaran ini pun dilakukan menggunakan perangkat lunak PyroSim.

d. Analisa Simulasi



Gambar 7. Slices sumbu Y skenario 1

Gambar 8. Slices sumbu Y skenario 2

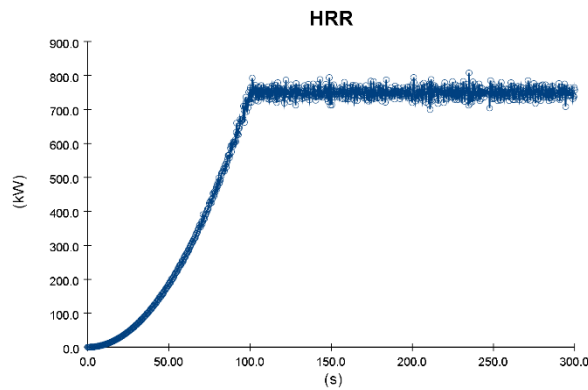
Gambar 9. Slices sumbu Y skenario 3

Sumber: Perangkat lunak *PyroSim*, 2024

Untuk nilai ambang batas jarak pandang ditetapkan sebesar 3 meter, hal ini dikarenakan apabila turun dari angka tersebut maka pengguna bangunan tidak dapat melanjutkan perjalanan dan untuk nilai abang batas pada suhu maksimal aman bagi pengguna menggunakan suhu diangka 60 °C (Diettes, 2019). Analisa hasil simulasi dapat dilihat dari *slices* Y. *Slices* Y tersebut terlihat seperti potongan dengan posisi terletak di tengah denah untuk melihat perkembangan kebakaran yang sedang berlangsung selama 300 s dan berfungsi sebagai sensor maupun detektor untuk perkembangan jarak pandang ataupun asap dan temperatur. Dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah menjalankan simulasi, dapat dilihat pada gambar 10 menunjukkan perkembangan laju pelepasan panas (HRR) yang berlangsung selama 300 detik dengan laju pelepasan panas per area (HRRPUA) sebesar 750kW/ m².



Gambar 10, Laju Pelepasan Panas (HRR) Ketika Simulasi

Sumber: *PyroSim*, 2024

Pada penelitian ini, untuk nilai ambang batas suhu maksimal aman bagi pengguna bangunan menggunakan suhu diangka 60 °C dan untuk jarak pandang dipilih angka 3 meter hal ini dikarenakan apabila turun dari angka tersebut maka pengguna bangunan tidak dapat melanjutkan perjalanan (Diettes, 2019).

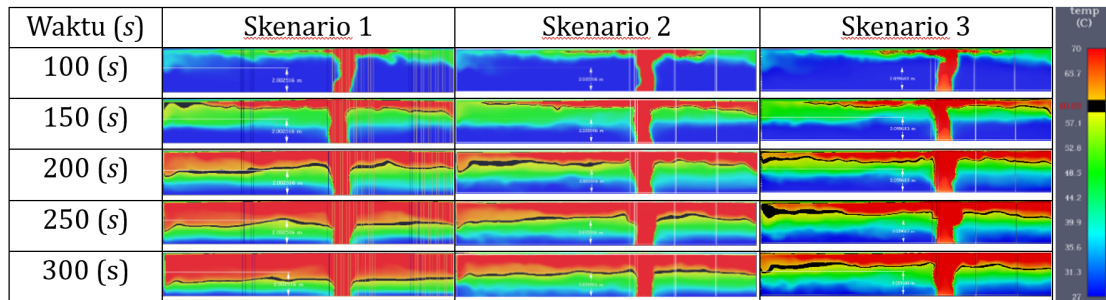
Tabel 2. Simulasi Jarak Pandang Pada

Waktu (s)	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
100 (s)			
150 (s)			
200 (s)			
250 (s)			
300 (s)			

Sumber: Hasil olah penulis dari *PyroSim*, 2024

Saat memeriksa jarak pandang pada area yang disimulasikan melalui *slices Y*, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2, diamati bahwa skenario 1 di detik ke 250 jarak pandang mencapai 3 m berada pada kedalaman yang dibatasi (ketinggian pengguna), sedangkan pada skenario 2 jarak pandang mencapai nilai ambang batas di detik ke 300, dan pada skenario 3 di detik 300 juga mencapai nilai ambang batas akan tetapi tidak sebanyak pada skenario 2. Situasi ini menimbulkan risiko yang signifikan bagi individu yang berupaya melakukan evakuasi dengan aman, karena jarak pandang turun di bawah 3 m menghadirkan potensi bahaya (TOP, 2023).

Tabel 3. Simulasi suhu



Sumber: Hasil olah penulis dari *PyroSim*, 2024

Ketika analisis suhu pada bidang proyeksi diperiksa pada tabel 3, diamati bahwa suhu ketika di waktu 200 detik pada skenario 1 mencapai suhu 60°C pada kedalaman yang dibatasi (ketinggian pengguna), sedangkan pada skenario 2 di detik ke-250, dan pada skenario 3 di detik 300. Selain itu, terlihat suhu yang melewati nilai ambang batas 60°C pada skenario 1 pada kedalaman yang dibatasi (ketinggian pengguna), sehingga menimbulkan risiko terhadap keselamatan pengguna masjid (Top & Toprakli, 2022).

Tabel 4. ASET (waktu keluar yang aman)

Faktor risiko	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Jarak pandang	250 detik	300 detik	300> detik
Suhu	200 detik	250 detik	300 detik

Sumber: (Park, 2009; Top, 2023) dan Analisa dari penulis

Dari temuan dan penjelasan hasil sebelumnya dapat dilihat pada tabel 8 atas pada simulasi skenario 3 penelitian memiliki ASET yang lebih lama dibandingkan dengan 2 skenario lainnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulannya, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keamanan kebakaran pada desain masjid dengan fasad yang berbeda. Dari tiga skenario kebakaran berbeda yang dipertimbangkan dalam simulasi kebakaran, dengan pelepasan panas per area (HRRPUA) sebesar 750 kw/m². Penelitian ini menganalisis jarak pandang dan distribusi suhu dengan fasad masjid yang berbeda menggunakan perangkat lunak *PyroSim* selama 300 detik sejak awal kebakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario 3 dapat memperpanjang ASET agar pengguna bangunan masjid dapat mengungsi dari bangunan dengan aman jika terjadi kebakaran. Dengan adanya desain fasad pada bangunan, maka aliran asap tidak hanya dapat keluar dari pintu saja melainkan dapat keluar dari sela-sela fasad yang ada. Secara khusus, penerapan jenis fasad terbukti memperluas ASET secara signifikan, sehingga menyediakan lingkungan evakuasi yang lebih aman jika terjadi kebakaran. Hasilnya, lubang ventilasi dapat ditempatkan pada dinding dengan ornamen kaligrafi

untuk memenuhi kebutuhan kesehatan dan kenyamanan termal (Humairah & Mastutie, 2013).

Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk meningkatkan waktu simulasi dan skenario di masjid serta mengkaji pengaruh bukaan ventilasi terhadap waktu evakuasi. Selain itu untuk penelitian selanjutnya juga dapat menyelidiki dampak sirkulasi udara dari fasad yang digunakan pada bangunan. Hal ini akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang bagaimana desain arsitektur dapat mempengaruhi keselamatan dalam situasi kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Averill, J. D., Mileti, D. S., Peacock, R. D., Kuligowski, E. D., Groner, N., Proulx, G., Reneke, P. A., & Nelson, H. E. (2005). Federal building and fire safety investigation of the World Trade Center Disaster: Occupant behavior, egress, and emergency communications. In *NIST NCSTAR 1-7*.
- Diettes, S. P. (2019). Evaluation of Strategies for the Integration of Building Information Modelling (BIM) with Simulation of Fires in Enclosures. In *LUTVDG/TVBB*.
- Humairah, S., & Mastutie, F. (2013). Tipologi fasad bangunan masjid di indonesia. *Media Matrasain, 10*(2).
- Humairah, S., & Mastutie, F. (2013). Tipologi fasad bangunan masjid di indonesia. *Media Matrasain, 10*(2).
- Khandoker, M. A. R., Mou, R. J., Muntaha, M. A., & Rahman, M. A. (2018). Numerical simulation of fire in a multistoried ready-made garments factory using PyroSim. *AIP Conference Proceedings, 1980*. <https://doi.org/10.1063/1.5044362>
- Park, B. (2009). *Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces 2009 Edition*.
- Qin, T. X., Guo, Y. C., Chan, C. K., & Lin, W. Y. (2006). Numerical investigation of smoke exhaust mechanism in a gymnasium under fire scenarios. *Building and Environment, 41*(9). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.009>
- Rathnayake, R. M. D. I. M., Sridarran, P., & Abeynayake, M. D. T. E. (2020). Factors contributing to building fire incidents: A review. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 0*(March).
- Ridhwan Mustajab. (n.d.). Kasus Kebakaran di Indonesia Cetak Rekor pada Juni 2023. *DataIndonesia.Id*. <https://dataindonesia.id/varia/detail/kasus-kebakaran-di-indonesia-cetak-rekor-pada-juni-2023>
- Sun, Y., Fu, Z., Song, Y., & Xia, J. (2023). Cross-Sectional Behavior of Aluminum Alloy

Channel Section Stub Columns after Exposure to Fire. *Journal of Structural Engineering*, 149(7). <https://doi.org/10.1061/jsendh.steng-12383>

Top, S. M. (2023). The effect of domed and hip roof coverings on mosque design in case of fire. *Journal of Engineering Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.08.011>

TOP, S. M. (2023). The effect of domed and hip roof coverings on mosque design in case of fire. *Journal of Engineering Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.08.011>

Top, S. M., & Toprakli, A. Y. (2022). Analysis of the open or closed conditions of drum windows effect on visibility and temperature propagation with fire dynamics simulation in domed mosque design. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 37(4). <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.943656>

Yu, Y., Chu, Y. Y., Zhang, Q. X., & Liang, D. (2015). Numerical study on smoke exhaust in large-scale underground public buildings. *Proceedings - 7th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, ICICTA 2014*. <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2014.104>