

Prototip Tenda Tiup untuk Isolasi Covid-19 dan Tanggap Bencana dengan Energi Mandiri Tenaga Surya

Hery Budiyanto ¹, Nurhamdoko Bonifacius ², Aries Boedi Setiawan ³

^{1,2} Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang.

³ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang.

Email korespondensi: hery.budiyanto@unmer.ac.id

Abstrak

Penelitian ini berangkat dari adanya masalah kekurangan ruang isolasi Covid-19 serta kesiapan menghadapi bencana yang saat ini banyak menggunakan tenda dengan sistem struktur dan teknologi konvensional sehingga tenda yang struktur tiup merupakan salah satu solusi tepat. Energi listrik untuk menggelembungkan tenda tiup dan peralatan darurat medis menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Tujuan penelitian adalah untuk mengembangkan Prototip Tenda Tiup untuk Isolasi Covid-19 dan Posko Klinik Kesehatan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan *action research* berupa pembuatan desain prototip tenda tiup dengan PLTS, uji coba Lapangan terhadap variabel: kekuatan bahan kain tarpaulin, kecepatan pembangunan dan pembongkaran, kenyamanan termal, dan efektivitas sistem PLTS. Hasil penelitian adalah: desain dan aplikasi prototip tenda tiup untuk isolasi pasien covid-19 dan tanggap bencana dengan ukuran 6x9 m2 untuk kapasitas 10 pasien, PLTS berupa solar panel berkekuatan 3.600 WP dan baterai VRLA 200 Ah 24 Volt dapat menyimpan daya sebesar 4.800 watt, mencukupi untuk kebutuhan pasien.

Kata-kunci: covid-19, tanggap bencana

Pengantar

Penelitian ini berangkat dari adanya masalah kekurangan ruangan untuk pasien isolasi covid-19 yang terjadi pada masa pandemi serta masalah penanganan penduduk yang sedang sakit dan fasilitas darurat medis yang selalu muncul pada daerah bencana. Pandemi covid-19 dan kejadian bencana yang sering terjadi di seluruh wilayah di Indonesia memerlukan kesiapan dan penanganan yang cepat dan efektif. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi mendorong penggiat iptek, mahasiswa, pakar industri, dan masyarakat umum untuk berinovasi untuk bergotong royong melindungi bangsa dari COVID-19 melalui pengusulan ide-ide/pemikiran, tidak terbatas, untuk pencegahan virus, pengendalian virus, manajemen pelayanan dan perawatan pasien. Badan Nasional Penanggulangan Bencana menerbitkan "Pedoman Teknis Penanggulangan Krisis Kesehatan akibat Bencana" (Roswati et al., 2007) dan Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 17 tahun 2009 tentang Pedoman Standarisasi Peralatan Penanggulangan Bencana, memberikan arahan bahwa kesiapan menghadapi bencana akan meminimalisir akibat-akibat yang

merugikan melalui tindakan pencegahan yang efektif, rehabilitasi dan pemulihan serta pengiriman bantuan dan pertolongan secara tepat waktu. Bantuan dan pertolongan antara lain dimaksudkan agar korban bencana yang jumlahnya cukup banyak segera dapat ditampung dalam bangunan yang layak huni dan nyaman, salah satu fasilitas penggulangan bencana adalah Posko Kesehatan Darurat Bencana.

Beberapa kejadian bencana besar di Indonesia difasilitasi dengan posko kesehatan dengan menggunakan tenda atau bangunan darurat yang dibangun menggunakan struktur dan teknologi konvensional antara lain tenda dengan rangka terbuat dari baja yang memerlukan waktu lama serta biaya yang besar. Beberapa alternatif struktur bangunan tenda darurat, antara lain disampaikan oleh Bakowski berupa „mobil hospital“ (Bakowski, 2016) yaitu rumah sakit darurat menggunakan truk kontainer yang diubah suai menjadi rumah sakit. Durumunda menyatakan bahwa rumah sakit lapangan paling tidak berupa tempat dan tenda yang dapat menampung minimal 10 bed pasien, satu ruang operasi dan satu laboratorium klinik (Durumunda et al., 2017). Posko kesehatan isolasi covid-19 dan darurat bencana memerlukan struktur yang cepat bangun, antara lain menggunakan struktur tiup yang rangkanya digelembungkan udara (air inflated structure). Struktur ini merupakan struktur bangunan yang menggunakan bahan berupa kain, karet, atau yang dibuat secara khusus untuk dapat menahan cuaca sehingga dapat tahan untuk digunakan dalam waktu lebih dari 10 tahun. Selain itu bahan *Air Inflated Structure* harus handal dan kuat terhadap gaya uji tarik hingga melebihi 200 kg/cm², daya tahan material terhadap suhu lebih dari 70 derajat selsius, pemasangan dan pembongkaran cepat. Struktur tiup dapat digunakan pada area terbatas, bahan struktur ringan, mudah dipindah, dilipat maupun diangkut ke lokasi lain (Budiyanto et al., 2019).

Terkait dengan ruang isolasi covid-19 dan posko klinik kesehatan darurat bencana, maka ada beberapa artikel hasil penelitian yang menjadi acuan penelitian ini. *Pertama*, Keputusan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Kepmenkes HK.01.07-Menkes-230-2021 Tentang Pedoman Penyelenggaraan Rumah Sakit Lapangan/ Rumah Sakit Darurat pada Masa Pandemi Corona, bahwa pendirian rumah sakit lapangan/rumah sakit darurat COVID-19 diperuntukan bagi pasien COVID-19 (kasus konfirmasi) yang bergejala ringan-sedang dan pasien konfirmasi COVID-19 tidak bergejala yang tidak memiliki fasilitas isolasi mandiri yang memadai (Kementerian Kesehatan, 2021). *Kedua*, Penelitian dari Putra dan Roosandriantini dalam *Jurnal Arsitektur Dan Perencanaan (JUARA)*, 4(1), 49–61 menulis tentang perlunya tekanan udara negative dibandingkan ruangan sekitarnya. Dalam sebuah ruang isolasi Covid-19 pengaturan komposisi ruang menjadi hal yang sangat penting untuk mencegah adanya perpindahan sumber infeksi ke area lainnya. Resiko infeksi ini banyak ditransmisikan melalui udara tak terkecuali virus Covid-19. Pasien yang mengidap penyakit ini dapat menularkan virus melalui droplet yang bisa melayang di udara dan terhisap oleh sistem pernafasan manusia dan sentuhan partikel virus yang tidak terlihat karena berukuran <5 µm (Putra & Roosandriantini, 2021). *Ketiga*, Pillay menulis dalam *Guidelines for Quarantine and Isolation in Relation to Covid-19 Exposure and Infection*, bahwa ruang isolasi dimaksudkan sebagai ruang pemisah pasien Covid-19 dalam mencegah meluasnya infeksi yang kemungkinan terjadi terhadap petugas medis, pasien-pasien lain, dan anggota keluarganya sendiri baik di lingkungan rumah sakit ataupun tempat tinggal pasien tersebut (Pillay, 2020).

Terkait dengan posko klinik kesehatan, *Pertama*, Bakowski (Bakowski, 2016) dalam artikelnya *A Mobile Hospital - Its Advantages and Functional Limitations* menulis tentang posko darurat berupa posko kesehatan yang bergerak berupa gagasan klinik kesehatan tanggap bencana. Seluruh infrastruktur dipastikan agar berfungsi dengan baik, tetapi esensinya tetap sama sebagai gawat darurat yaitu tindakan langsung terhadap keadaan ancaman kesehatan atau kehidupan. Kriteria pendirian posko kesehatan darurat terletak pada solusi teknis yang terkait tidak hanya dengan masalah konstruksi unit rumah sakit darurat, tetapi untuk arsitektur seluler umumnya, antara lain pada aspek modularitas (kemampuan untuk mengemas fungsi ke dalam wadah kubik) dan mobilitas (dipahami sebagai kemudahan konstruksi untuk diangkut dari satu tempat ke tempat lain). *Kedua*, Bitterman dan Zimmer

(Bitterman & Zimmer, 2018) dalam *Portable Health Care Facilities in Disaster and Rescue Zones: Characteristics and Portable Health Care Facilities in Disaster and Rescue Zones: Characteristics and Future Suggestions* menulis tentang Fasilitas perawatan kesehatan portabel di zona bencana yang diklasifikasikan ke dalam dua kategori: fasilitas perawatan kesehatan portabel permanen dan struktur portabel sementara. Fasilitas perawatan kesehatan portabel permanen adalah unit medis yang berfungsi independen yang dipindahkan atau diangkut secara utuh, atau per unit menuju zona bencana. Fasilitas ini mempunyai sumber listrik sendiri dan mempunyai alat bantu mobilitas *built-in*. Struktur portabel sementara diangkut sebagai elemen yang terpisah.

Terkait struktur pneumatik tiup. *Pertama*, Muhammad Iqbal dalam artikelnya Rumah Sakit Darurat Bencana dengan Struktur Pneumatik Tiup, menjelaskan bahwa Struktur membran pneumatik merupakan salah satu sistem struktur soft shell, dimana struktur dapat berdiri akibat perbedaan tekanan udara di dalam struktur pneumatik dengan tekanan udara di luar struktur. Struktur pneumatik memiliki ciri khas semua gaya yang terjadi pada membrannya berupa gaya tarik. Pada Pneumatik, gaya tarik terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara di dalam struktur pneumatik dengan tekanan udara diluar struktur ini (Iqbal et al., 2021). *Kedua*, Hery Budiyanto dalam berbagai artikel tentang penggunaan struktur tiup menyatakan bahwa Prinsip struktur pneumatik terletak pada selaput yang relatif tipis yang didukung oleh perbedaan tekanan. Dengan kata lain, tekanan dari ruang yang dilingkupi lebih tinggi daripada tekanan atmosfer. Perbedaan tekanan akan menyebabkan tarikan pada membran. Membran hanya bisa stabil apabila dalam keadaan tarik. Struktur berbahan kain yang digelembungkan udara termasuk dalam kategori struktur yang ditegangkan dan mempunyai kelebihan yang unik dalam penggunaannya dibandingkan struktur tradisional. Keunggulan ini meliputi desain ringan, cepat dan mudah dipasang, cepat diangkut dan volume pengepakan kecil. Sebagian besar penelitian dan pengembangan struktur yang digelembungkan dilakukan pada fungsi ruang angkasa, militer, komersial, kelautan dan rekreasi (Budiyanto, Hery; Winansih, Erna; Setiawan, Aries Boedi; Iqbal, 2019; Budiyanto, 2008; Budiyanto et al., 2019)

Terkait dengan Pembangkit listrik tenaga surya. *Pertama*, Widayana, G. (2012). Dalam artikel *Pemanfaatan Energi Surya* menyatakan bahwa energy surya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik secara efisien (Widayana, 2012). *Kedua*, Purwanto dalam *Solar Cell (Photovoltaic/PV) Solusi Menuju Pulau Mandiri Listrik* menyatakan bahwa komponen utama suatu Sistem Energi Surya Fotovoltaik adalah sel fotovoltaik yang mengubah penyinaran/radiasi matahari menjadi listrik secara langsung (direct conversion) yang ditangkap oleh *Solar Array*, diperlukan *Balance of System* (BOS) meliputi *charge controller* dan *inverter*, unit penyimpan energi (*battery*) dan peralatan penunjang lain (Purwanto, 2020).

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana merancang dan membuat prototip posko kesehatan darurat berdasarkan kebutuhan fasilitas kesehatan untuk isolasi covid-19 dan posko kesehatan di kawasan bencana? Sedangkan tujuan penelitian adalah untuk membantu proses isolasi pasien covid-19 dan penanganan kesehatan bagi korban bencana. Sebuah posko Kesehatan harus memenuhi kebutuhan fasilitas kesehatan yang cepat bangun, portable, aman dan nyaman bagi pasien dan tenaga medis.

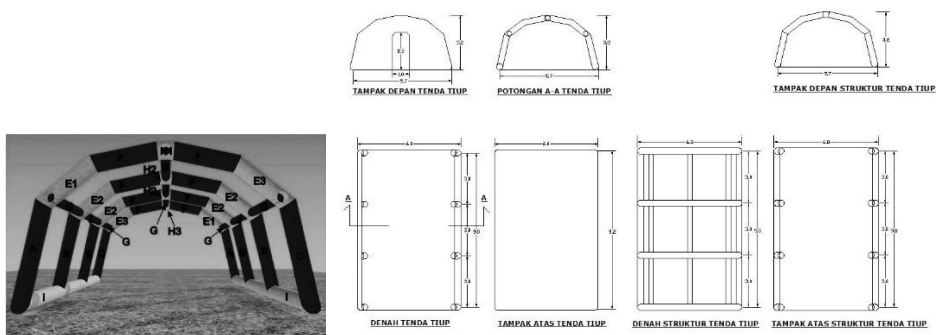
Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan *action research* (Siyoto & Sodik, 2015) dengan pendekatan *mix-method* kualitatif dan kuantitatif berupa pembuatan prototip dan uji coba Lapangan, yaitu: 1). pengujian kecepatan pembangunan dan pembongkaran tenda tiup bahan membran kain tarpaulin lapis PVC. 2). pengujian bahan dan efektivitas sistem catu daya fotovoltaik tenaga surya. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Lapangan Parkir Unmer Malang Proses pengembangan desain,

perbaikan desain prototip, pelatihan dan penyusunan pedoman penggunaan tenda posko kesehatan *air inflated* dilakukan di Lab Desain Prodi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.

Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi yaitu interaksi dengan obyek berupa sebuah tenda tiup berukuran 6x9 m², 1 (satu) unit PLTS terdiri dari 4 buah panel surya *monocrystalline* masing masing 540 WP menuju solar charge controller MPPT 60A, 2 (dua) buah battery VRLA 200 Ah dan pengubah arus (Inverter) 3.000 Watt. Desain Model Tenda Tiup Untuk Isolasi Covid-19 atau Darurat Bencana dengan Energi Mandiri Fotovoltaik telah selesai dibuat pada 6 Juni 2022, sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Berdasarkan desain tersebut maka dilakukan pembuatan tenda tiup yang dilakukan di Yogyakarta. Pengumpulan data dilaksanakan selama 3 (tiga) hari yaitu tanggal 9-11 September 2022 terhadap Prototip tenda tiup dengan PLTS di lapangan parkir Universitas Merdeka Malang.



Gambar 1. Desain Prototip Tenda Tiup Untuk Isolasi Covid-19 atau Darurat Bencana



Gambar 2. Pemasangan Tenda Tiup dan PLTS

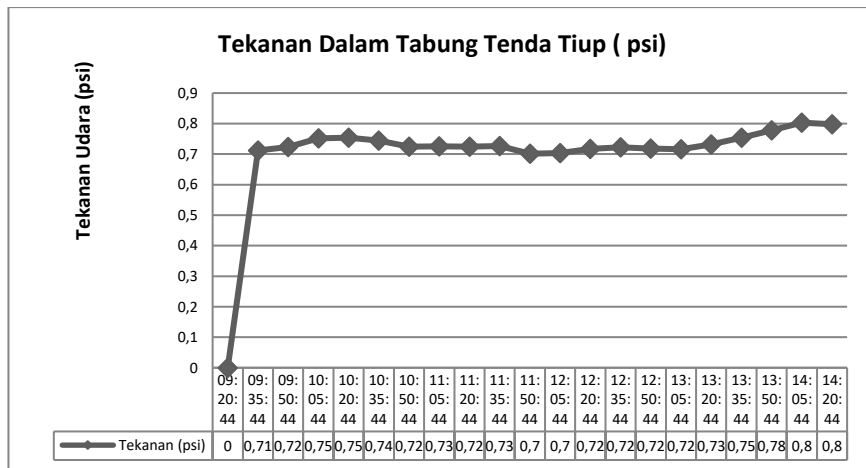
Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Metode analisis data kualitatif digunakan untuk mengungkap observasi proses desain prototip tenda tiup dan PLTS serta proses pemasangan dan pembongkaran tenda tiup dan PLTS. Sedangkan metode analisis data kuantitatif digunakan untuk mendapatkan angka tekanan udara dalam tabung tenda tiup, temperature didalam dan diluar tenda tiup, kekuatan kain tarpaulin sebagai bahan tenda tiup serta kekuatan arus dan voltase PLTS.

Hasil Analisis dan Pembahasan

Kecepatan Proses

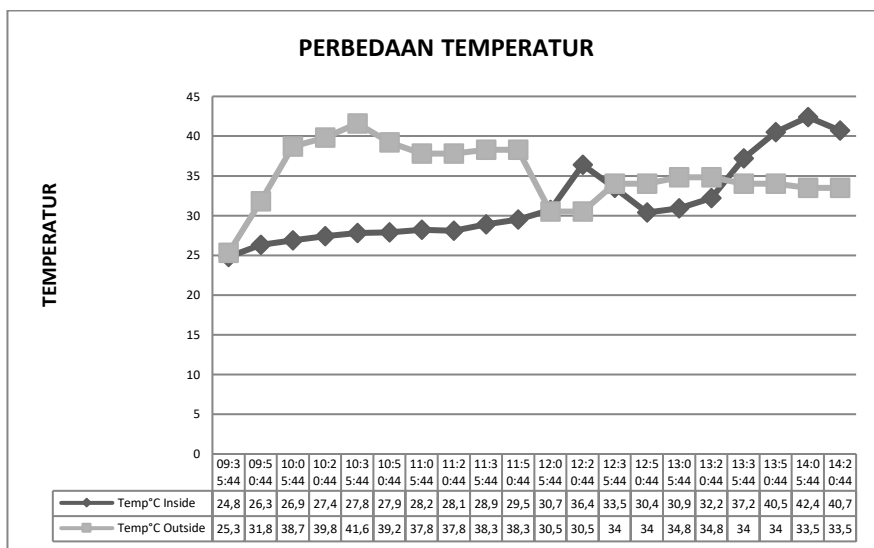
Proses pemasangan tenda tiup membutuhkan waktu 45 menit (gambar 4), sedangkan proses pemasangan rangkaian sumber energi listrik berupa 4 panel fotovoltaik ditempatkan pada 4 braket portabel membutuhkan waktu 20 menit (gambar 3).



Gambar 3. Grafik Tekanan Dalam Tabung Tenda Tiup

Tekanan udara minimum yang diperlukan untuk pemasangan tabung membran tiup adalah 0,7 psi, tekanan ini dicapai dalam waktu 25 menit dari awal gelembung. Tekanan udara dalam tabung tiup dapat berkurang dan meningkat sesuai dengan kenaikan dengan suhu luar.

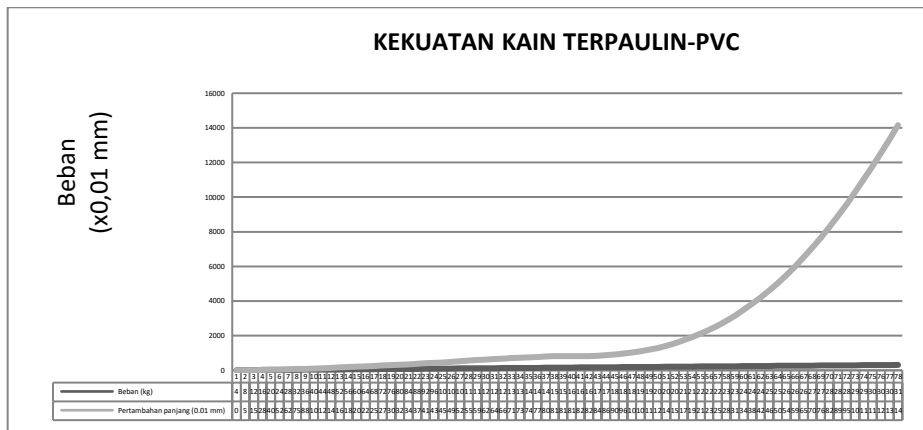
Kondisi termal di dalam dan di luar Tenda Tiup



Gambar 4. Grafik Kondisi Termal di dalam dan di luar Tenda Tiup

Pada pagi hari antara jam 09.05 hingga 12.05 suhu udara di dalam tenda tiup lebih rendah dibandingkan di luar. Terdapat perbedaan temperatur dalam dan luar antara -4.9°C hingga 3.8°C.

Uji kekuatan kain terpaulin tabung tenda tiup.



Gambar 5. Grafik Kondisi Termal di dalam dan di luar Tenda Tiup

Kekuatan maksimum membran terpal dilapisi pvc dengan ketebalan 0,5 mm dicapai pada beban 312 kg untuk luas permukaan 1 cm².

Uji Energi fotovoltaik

Hasil pengujian 4 panel surya *monocrystallin*, masing-masing 540 wp adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Pengujian Arus dan Voltase dari Solar Panel Fotovoltaik

Waktu	Sinar (lux)	Cuaca	Arus Panel Surya	Voltase Panel Surya
09.00	73,000	Terang	13.2 A	34.2 V
11.00	56,800	Terang	11.6 A	31.8 V
13.00	60,700	Terang	12.8 A	33,1 V
15.00	37,500	Mendung	6.8 A	25,2 V

Saat cuaca cerah, 4 panel surya dengan kekuatan masing-masing 540 WP dapat menghasilkan minimal 11,6 Ampere 31,8 Volt, sedangkan saat cuaca mendung arus turun menjadi 6,8 Amper 25,2 Volt. Energi listrik yang tersimpan dalam 2 buah baterai masing-masing 200 Ah 12 V pada cuaca cerah dalam waktu 15 menit sudah *full charged* dapat menyimpan daya sebesar $200 \times 24 = 4.800$ Watt yang sudah dapat digunakan untuk mensuplai kebutuhan listrik untuk keperluan pasien pada tenda tiup.

Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dihasilkan desain prototip tenda tiup untuk isolasi pasien covid-19 dan tanggap bencana dengan ukuran 6x9 m² untuk kapasitas 10 pasien. Pemasangan tenda tiup dapat dilakukan dalam waktu 45 menit setelah disiapkan dasar tenda tiup sedang pembongkaran memerlukan waktu 30 menit sehingga sangat cepat bila dibandingkan dengan penggunaan tenda konvensional. Untuk mendirikan tenda tiup diperlukan tekanan udara minimal 0,7 Psi yang dapat dicapai dalam waktu 25 menit. Terdapat perbedaan temperatur dalam dan luar tenda tiup yaitu antara -4.9°C hingga 3.8°C.

Kekuatan maksimum membran terpal dilapisi pvc dengan ketebalan 0,5 mm dicapai pada beban 312 kg untuk luas permukaan 1 cm². PLTS dengan solar panel dengan kekuatan 3.600 WP dan baterai 200 Ah dapat menyimpan daya sebesar 4.800 watt untuk keperluan kelistrikan pasien di dalam tenda tiup. Pada bagian kesimpulan dituliskan temuan penelitian secara ringkas, tanpa tambahan interpretasi baru lagi. Kekurangan dari penelitian ini antara lain: 1) Belum adanya alat pompa udara yang sekaligus sebagai pengontrol tekanan udara, 2) Kapasitas tenda tiup sebesar 10 pasien memerlukan pengembangan untuk menaikkan kapasitas minimal 20 pasien, 3) Belum adanya pengatur suhu (air conditioning) di dalam tenda tiup sehingga ketika tenda diletakkan pada kawasan bencana yang cuacanya panas maka suhu di dalam tenda terasa panas. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah: 1) Memperbesar kapasitas tenda tiup, 2) Monitoring tekanan udara pada tabung tenda tiup dengan pompa yang otomatis bekerja pada tekanan yang kurang dari standar minimal dan berhenti pada tekanan maksimum, 3) Meneliti suhu dalam tenda tiup dengan tambahan pengatur suhu (air conditioning).

Daftar Pustaka

- Bakowski, J. (2016). A Mobile Hospital - Its Advantages and Functional Limitations. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 6(4), 746–754. <https://doi.org/10.2495/SAFE-V6-N4-746-754>
- Bitterman, N., & Zimmer, Y. (2018). Portable Health Care Facilities in Disaster and Rescue Zones : Characteristics and Portable Health Care Facilities in Disaster and Rescue Zones : Characteristics and Future Suggestions. *Journal of the National Association of EMS Physicians and the World Association for Emergency and Disaster Medicine*, July. <https://doi.org/10.1017/S1049023X18000560>
- Budiyanto, Hery; Winansih, Erna; Setiawan, Aries Boedi; Iqbal, M. (2019). Atap Panggung Struktur Tiup Energi Mandiri sebagai Sarana Pameran Produk UKM. *Seminar Nasional Sistem Informasi (Senasif) 2019*, 1–8. <https://seminar.unmer.ac.id/index.php/senasif/2019/paper/view/437>
- Budiyanto, H. (2008). Struktur Bangunan Tenda Pneumatik Sistem Knock Down Sebagai Tempat Penampungan Sementara Untuk Korban Bencana. In P. S. ITS (Ed.), *Seminar Nasional Pascasarjana VIII – ITS* (Issue 2008/08/13). Pasca Sarjana ITS.
- Budiyanto, H., Winansih, E., Budi Setiawan, A., & Iqbal, M. (2019). Penerapan Struktur Pneumatik Berupa Atap Panggung Tiup dengan Energi Fotovoltaik. *MINTAKAT*, 20(2), 71–82. <https://doi.org/https://doi.org/10.26905/mj.v20i2.3795>
- Durumunda, A., Tahliyesi, H., & Hastanesinin, S. (2017). Evacuation of Hospitals during Disaster , Establishment of a Field Hospital , and Communication. *Eurasian Journal of Medicine*, 49(2), 137–141. <https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2017.16102>
- Iqbal, M., Budiyanto, H., & Bonifacius, N. (2021). Rumah Sakit Darurat Bencana dengan Struktur Pneumatik Tiup. *MINTAKAT: Jurnal Arsitektur*, 22(2), 65–75. <https://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jam/article/view/5372/pdf>

- Kementerian Kesehatan. (2021). *Kepmenkes HK.01.07-Menkes-230-2021 Tentang Pedoman Penyelenggaraan Rumah Sakit Lapangan/ Rumah Sakit Darurat pada Masa Pandemi Corona Virus Disease 2019 (Covid-19)* (pp. 1–46).
- Pillay, T. (2020). *Guidelines for Quarantine and Isolation in Relation to Covid-19 Exposure and Infection*. Department of Health, Republic of South Africa.
<https://www.knowledgehub.org.za/elibrary/guidelines-quarantine-and-isolation-relation-covid-19-exposure-and-infection>
- Purwanto, I. (2020). Solar Cell (Photovoltaic/PV) Solusi Menuju Pulau Mandiri Listrik. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 5(2), 117–126.
- Putra, H. A., & Roosandriantini, J. (2021). Ruang Perawatan Isolasi Sebagai Bentuk Ruang Pemisah Pasien. *Jurnal Arsitektur Dan Perencanaan (JUARA)*, 4(1), 49–61.
- Roswati, E., Khadijah, S., & Widyastuti, P. (2007). *Pedoman Teknis Penanggulangan Krisis Kesehatan akibat Bencana* (E. Roswati, S. Khadijah, & P. Widyastuti (eds.)). Departemen Kesehatan RI.
- Siyoto, S., & Sodik, M. A. (2015). *Buku Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif* (Hardani (ed.); 1st ed., Issue April). CV. Pustaka Ilmu Group Yogyakarta.
- Widayana, G. (2012). PEMANFAATAN ENERGI SURYA. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 9(1). <https://doi.org/10.23887/jptk.v9i1.2876>
- Yahya, A. O., & Lubis, D. P. (2017). Efektivitas Pameran sebagai Media Komunikasi Pemasaran Dewan Kerajinan Nasional Daerah Kota Bogor. *Jurnal Sains Komunikasi Dan Pengembangan Masyarakat [JSKPM]*, 1(3), 183. <https://doi.org/10.29244/jskpm.1.2.183-194>