

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan, untuk menjawab **pertanyaan penelitian pertama** didapatkan kesimpulan bahwa penerapan panel surya pada fasad bangunan yang potensial berdasarkan letak geografis dan orientasi bangunan Nirvana Apartment yaitu pada fasad sisi barat, timur, dan utara bangunan. Dalam upaya memaksimalkan insolasi matahari yang dapat diterima, ditemukan bahwa bidang dengan kemiringan 90 derajat sejajar dengan sisi fasad mampu menerima akumulasi insolasi matahari secara total paling besar karena mampu menggunakan bidang permukaan yang lebih luas walaupun menerima insolasi lebih kecil per meter persegi dibandingkan bidang dengan kemiringan lainnya. Instalasi dengan metode tersebut juga dapat memberikan kesan panel surya yang lebih terintegrasi dengan bangunan.

Melalui pemasangan panel surya sejajar dengan fasad bangunan, ditemukan sisi barat dan timur secara umum memiliki durasi balik modal 15 hingga 16 tahun. Sisi utara secara umum memiliki durasi breakeven period 21 tahun sehingga masih fisibel namun berpotensi tidak menguntungkan. Sedangkan sisi selatan bangunan disimpulkan tidak potensial karena secara umum durasi *breakeven point* sisi selatan melebihi jangka waktu 25 tahun.

Melalui analisis lebih lanjut untuk menjawab **pertanyaan penelitian kedua**, ditemukan bahwa dinding luar *core lift* sisi barat dan timur merupakan bidang kosong pada dinding eksterior potensial untuk penerapan panel surya. Railing pada balkon setiap unit apartemen yang berada di setiap lantai juga dinilai potensial untuk penerapan panel surya karena lokasinya yang memanjang pada sisi terluar bangunan pada sisi utara, timur dan barat. Penerapan panel surya CdTe pada dinding luar *core lift* sisi barat dan timur memungkinkan nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan panel surya konvensional. Penggunaan teknologi *Thin-film Amorphous Silicon* (a-Si) semi transparan dapat menjadi pengganti kaca pada railing balkon eksisting.

Penerapan panel surya pada dinding core lift sisi barat dan timur serta railing kaca balkon pada Nirvana Apartment dalam jangka waktu satu tahun dapat menghasilkan listrik yang berkelanjutan dengan kuantitas sebesar 108.891 kWh, setara dengan penghematan

biaya listrik dalam satu tahun sebesar Rp. 157.314.827 (Seratus lima puluh tujuh juta tiga ratus empat belas ribu delapan ratus dua puluh tujuh ribu rupiah).

Untuk menjawab **pertanyaan penelitian ketiga**, ditemukan kuantitas listrik yang dapat dihasilkan panel surya yang terletak pada fasad hanya mampu memenuhi 5% dari porsi kebutuhan listrik unit keseluruhan apartment dalam satu tahun. Hal tersebut disebabkan oleh tingkat konsumsi listrik bangunan Nirvana Apartment sebagai bangunan hunian apartemen kelas atas diestimasikan memiliki tingkat konsumsi listrik yang tinggi per meter persegi. Luas bidang yang dapat digunakan untuk gagasan penerapan panel surya berdasarkan penelitian juga relatif kecil hanya sebesar 10,9% dari luas keseluruhan fasad. Hal tersebut disebabkan oleh desain fasad Nirvana Apartment yang didominasi balkon sehingga tidak mendukung penggunaan panel surya secara luas. Sedangkan dinding masif di sisi selatan tidak digunakan karena hanya dapat menerima insolasi matahari yang relatif rendah.

Penerapan panel surya terkhusus pada fasad Nirvana Apartment dinilai tidak sepenuhnya efektif karena hanya mampu memenuhi sebagian kecil kebutuhan listrik bangunan. Namun, kuantitas energi yang dapat dihasilkan masih terbilang cukup besar sehingga memungkinkan untuk diterapkan menjadi sumber energi alternatif yang terbarukan. Kuantitas energi listrik yang dihasilkan panel surya dapat dialihkan untuk memenuhi kebutuhan utilitas bangunan sebesar 73% penggunaan listrik elevator, 24% penggunaan listrik penerangan dan stop kontak, atau 7% penggunaan listrik pengkondisian ruangan.

Indonesia berada di dekat garis khatulistiwa sehingga matahari bergerak ke lintang utara selama bulan April – Oktober dan lintang selatan selama Oktober – April. Hal tersebut menyebabkan tidak ada sisi fasad bangunan yang secara konstan mendapatkan pencahayaan matahari langsung sepanjang hari dalam kurun waktu tahunan. Penerapan panel surya pada fasad bangunan di Indonesia belum banyak ditemukan karena penerapan panel surya terkhusus pada atap saja jauh lebih fisibel secara ekonomi dibandingkan pada fasad. Durasi *break even* panel surya pada fasad yang relatif panjang juga meningkatkan resiko jangka panjangnya sehingga diperlukan pula antisipasi serta *margin of error* yang lebih besar.

Konstruksi panel surya pada fasad juga memberikan beban yang besar kepada struktur sehingga baiknya perlu direncanakan dari sejak awal perencanaan bangunan dan diperhitungkan lebih lanjut. Kendala yang mempersulit pemasangan panel surya pada bangunan apartemen yaitu dari segi maintenance yang berpotensi mengobstruksi privasi

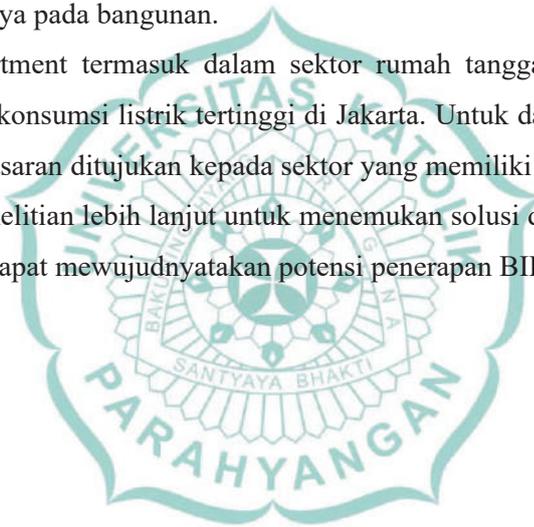
unit apartemen. Diperlukan perancangan sistem perkabelan dari sejak perencanaan agar tidak melewati ruang privat sehingga memudahkan proses maintenance atau penggantian jika diperlukan.

## 5.2. Saran

Upaya penerapan panel surya pada fasad dapat menjadi secara terintegrasi dapat memberikan solusi yang fisibel untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat. Penerapan BIPV pada bangunan baiknya direncanakan sejak awal perencanaan bangunan sehingga dapat diintegrasikan lebih jauh dengan perhitungan struktur serta organisasi ruang dalam bangunan.

Dibutuhkan insentif lebih lanjut dari pihak pemerintah untuk mendorong pengaplikasian panel surya pada bangunan sehingga lebih terbentuk adanya urgensi untuk menerapkan panel surya pada bangunan.

Bangunan apartment termasuk dalam sektor rumah tangga yang pada dasarnya memiliki sumbangsih konsumsi listrik tertinggi di Jakarta. Untuk dapat mengurangi emisi karbon secara tepat sasaran ditujukan kepada sektor yang memiliki tingkat konsumsi listrik tinggi, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan solusi dari kendala yang telah dijabarkan sehingga dapat mewujudkan potensi penerapan BIPV di Indonesia.



## DAFTAR PUSTAKA

### Buku

- Krippner, Roland. (2017). *Building-Integrated Solar Technology*. Grafisches Centrum Cuno, Germany.
- Lynch, Kevin. (1990). *The Image of The City*. ISBN 0 262 12004 6. Twentieth Primetime, United States of America.
- Akmal, Imelda. (2007). *Menata Apartemen*. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama. Indonesia.
- De Chiara, Joseph. (1980). *Time-Saver Standards for Building Types*. New York. McGraw-Hill, Inc. United States of America
- Paul, Samuel. (1967). *Apartments: Their Design and Development*. New York. Reinhold Pub. Co. United States of America
- Balai Besar Teknologi Konversi Energi (B2TKE– BPPT). (2020). *Benchmarking Specific Energy Consumption Di Bangunan Komersial*. Tangerang Selatan.

### Jurnal

- Akash Kumar Shukla, K. Sudhakara, Prashant Baredar, R. Mamat. (2018). “BIPV based sustainable building in South Asian countries”, *Solar Energy*. Vol. 170, 1162-1170. DOI: 10.1016/j.solener.2018.06.026
- Rebecca Jing Yang & Patrick X.W. Zou. (2015). “Building integrated photovoltaics (BIPV): costs, benefits, risks, barriers and improvement strategy”. *J. of Construction Management*. Vol. 16 No.1, 39-53. DOI: 10.1080/15623599.2015.1117709
- Mutia Rosadi, Syamsul Amar B. (2019). “Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Listrik Di Indonesia.” *Ekonomi dan Pembangunan*. Vol 1, No. 2. 273-286. DOI: 10.24036/jkep.v1i2.6170
- Akash Kumar Shukla, K. Sudhakar, Prashant Baredar, R. Mamat. (2017). “BIPV in Southeast Asian countries – opportunities and challenges”, *Renewable Energy*. Vol 21. DOI: 10.1016/j.ref.2017.07.001
- Rababah, H.E.; Ghazali, A.; Mohd Isa, M.H. (2021). “Building Integrated Photovoltaic (BIPV) in Southeast Asian Countries: Review of Effects and Challenges”, *Sustainability*, Vol. 13, 12952. DOI: 10.3390/su132312952
- Jung Wook Lim, Myunghun Shin, Da Jung Lee, Seong Hyun Lee, Sun Jin Yun. (2014). “Highly transparent amorphous silicon solar cells fabricated using thin absorber and high-bandgap-energy n/i-interface layers”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, vol. 128, pp. 301-306. DOI: 10.1016/j.solmat.2014.05.041
- H. Maurus, M. Schmid, B. Bliersch, P. Lechner, and H. Schade. (2004). “PV For Buildings: Benefits and experiences with amorphous silicon in BIPV applications”. *Refocus*. Vol. 5, No. 6, 22-27. DOI: 10.1016/S1471-0846(04)00255-0
- Ignatio Benigno, Darminto. (2017). “Effect of Intrinsic Layer Energy Gap and Thicknesses Optimization on the Efficiency of p-i-n Amorphous Silicon Solar Cell”. *Science*. Vol. 2, No.3. eISSN: 2337-8530
- Mukul Kumar et al. (2022). “Analysing the Institutional building for Solar Radiation and Photovoltaic Energy using AutoDesk-Revit”. *J. Phys. Conf. Ser.* 2178 012024
- K. Sudhakar, T. Srivastava, Int. J. (2013). “Energy and exergy analysis of 36 W solar photovoltaic module”. *Ambient Energy*. Vol. 35. No. 1. 51-57. DOI: 10.1080/01430750.2013.770799

- Alaa A.F. Husain, Wan Zuha W. Hasan, Suhaidi Shafie, Mohd N. Hamidon, Shyam Sudhir Pandey. (2018). "A review of transparent solar photovoltaic technologies". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 94. 779-791. DOI: 10.1016/j.rser.2018.06.031
- K. L. Chopra, P. D. Paulson, and V. Dutta. (2004). "Thin-Film Solar Cells: An Overview". *Prog. Photovolt*. Vol. 12. 69-92. DOI: 10.1002/pip.541
- Emrah Biyik, et al. (2017). "A key review of building integrated photovoltaic (BIPV) systems". *Engineering Science and Technology*. Vol. 20 No. 3., 833-853. DOI: 10.1016/j.jestch.2017.01.009
- Aiman Setiawan, Eko Adhi Setiawan. (2017). "Optimization Of A Photovoltaic Power Plant In Indonesia With Proper Tilt Angle And Photovoltaic Type Using A System Advisor Model". *J. of Technology*. Vol 3. 539-548. DOI: 10.14716/ijtech.v8i3.8076
- Viviani, N., Wijaksono, S., & Mariana, Y. (2021). "Solar Radiation On Photovoltaics Panel Arranging Angles And Orientation". *Earth Environ. Sci*. Vol. 794. DOI: 10.1088/1755-1315/794/1/012230
- Alessandro Romeo and Elisa Artegiani. (2021). "CdTe-Based Thin Film Solar Cells: Past, Present and Future". *Energies*. Vol. 14 No. 6. DOI: 10.3390/en14061684
- Indra, Luhut. (2021). "Studi Mengenai Penghematan Energi Listrik di Area Umum Apartemen Eksekutif Menteng". *SADe Volume 1, no. 2*. e-ISSN 2776-4621

#### Internet

- Archdaily. 2009. Avana Apartments / Aboday Architects. Available at: <https://www.archdaily.com/30491/avana-apartments-aboday-architects> (6 Maret 2022)
- Databoks. 2021. Konsumsi Listrik Per Kapita Indonesia Capai 1.109 kWh pada Kuartal III 2021. Available at: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/12/10/konsumsi-listrik-per-kapita-indonesia-capai-1109-kwh-pada-kuartal-iii-2021> (9 Maret 2022)
- First Solar. 2022. First Solar Series 6. Available at: <https://www.firstsolar.com/Modules/Series-6> (11 April 2022)
- Onyx Solar. Resources. Available at: <https://www.onyx solar.com/all-you-need> (11 April 2022)