

# TANTANGAN PENERAPAN FOTOVOLTAIK SEBAGAI SISTEM LISTRIK ON-SITE PADA BANGUNAN RAMAH LINGKUNGAN DI INDONESIA

Esterlita Hisamatsu<sup>1</sup>, Annisa<sup>1</sup>, Siswanti Zuraida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung, Cikarang Pusat, Indonesia  
E-mail: hisamatsuesterlita@gmail.com  
annisa@itsb.ac.id  
siswanti.zuraida@itsb.ac.id

## Informasi naskah:

Diterima  
2020  
Direvisi  
2020  
Disetujui terbit  
2020  
Diterbitkan  
2020

## Abstract

Seventh goal of the "Sustainable Development Goals (SDGs)" is clean and affordable energy to increase the proportion of renewable energy. Power plants in Indonesia are still dominated by non-renewable energy. Therefore, it is necessary to have renewable energy technologies such as photovoltaic that can be installed on-site in buildings as an alternative clean electricity supplier. Even though Indonesia has abundant sun energy, domestic photovoltaic development is relatively slow. This research aims to identify obstacles to the application of photovoltaic as an on-site electrical system in Indonesia according to the understanding of the three pillars of sustainability. The results of the questionnaire data will be tested using the one sample t-test method to identify the nature of environmental barriers, social barriers, and economic barriers that occur. The results of this study indicate that the constraints of photovoltaic as an on-site power plant are generally dominated by social and economic barriers. Meanwhile, environmental barriers are recessive. Overall, there are 1 environmental barrier variable, 7 social barrier variables, and 7 economic barrier variables.

**Keywords:** *Sustainable Development, On-Site Photovoltaic*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia bersama sekitar 192 negara lainnya secara resmi telah mengesahkan "Sustainable Development Goals (SDGs)" yang juga disebut "Tujuan Pembangunan Berkelanjutan" melalui sidang umum Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) di New York pada 25 September 2015. SDGs merupakan kumpulan dari 17 Tujuan Global dan 169 Target Global yang berlaku sejak tahun 2016 hingga 2030. Tujuan ketujuh SDGs adalah energi bersih dan terjangkau untuk meningkatkan proporsi energi terbarukan dalam pemakaian energi global [1]. Penerapan energi bersih dan terjangkau bertujuan untuk memenuhi kebutuhan energi publik sembari memenuhi nilai lingkungan berkelanjutan, sosial berkelanjutan, dan ekonomi berkelanjutan.

Dalam "Global Status Report for Buildings and Construction", PBB dan *International Energy Agency* menyimpulkan agar energi bersih sebaiknya dikembangkan pada sektor

bangunan khususnya dalam siklus operasional bangunan. Hal ini dikarenakan sektor bangunan merupakan penyumbang terbesar emisi global, yaitu sebesar 39% yang terdiri dari 28% operasional bangunan dan 11% material dan konstruksi bangunan [2]. Karena pembangkit listrik pusat di Indonesia masih didominasi oleh energi tidak terbarukan, diperlukan adanya teknologi energi terbarukan yang dapat dipasang langsung pada bangunan sebagai pemasok listrik bersih alternatif [3]. Diantaranya, teknologi panel surya fotovoltaik banyak digunakan sebagai teknologi pemasok listrik bersih alternatif pada bangunan global karena operasionalnya tidak menghasilkan emisi [4].

Indonesia memiliki potensi fotovoltaik yang besar. Hal ini dikarenakan lokasi geografis Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa sehingga radiasi matahari di Indonesia cenderung konstan dalam setahun. Iklim tropis di Meski begitu, perkembangan fotovoltaik di Indonesia masih tergolong lambat. Pada 13 September 2017, Gerakan Nasional Sejuta Surya Atap (GNSSA) dicetuskan oleh pemerintah untuk menunjang SDGs dengan meningkatkan pemakaian listrik bersih dari fotovoltaik. GNSSA menargetkan 1 Gigawatt (1000 Megawatt) kapasitas listrik fotovoltaik sebelum tahun 2020. Namun kapasitas listrik fotovoltaik yang diinstal pada tahun 2019 menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan target. Menurut IESR (2019) kapasitas listrik fotovoltaik terpasang hanya mencapai 1,66% dari target yaitu 16,66 Megawatt

## 2. METODE

### 2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Metode deskriptif digunakan dengan tujuan untuk menjelaskan suatu situasi dengan menggunakan indikator-indikator variabel. Situasi pengamatan cenderung luas sehingga sulit untuk diteliti. Karena itu, instrumen penelitian disebarkan kepada responden, untuk mendapatkan variabel-variabel yang mungkin menghambat perkembangan fotovoltaik sebagai pembangkit listrik *on-site*. Variabel-variabel yang memungkinkan hambatan sebelumnya dicari melalui studi literatur.

### 2.2 Variabel Penelitian

Tabel 1. Variabel Hambatan Lingkungan

Variabel	Sub variabel	Deskripsi
Dampak manufaktur photovoltaik pada lingkungan	Komponen senyawa yang berbahaya untuk lingkungan	Indinium
		Galium
		Selenium
		Kadmium
		Telurium
		Timah
Dampak lingkungan terhadap photovoltaik	Fasilitas daur ulang photovoltaik	<i>Reduce, Reuse, Recycle</i>
	Kinerja photovoltaik	Intesitas radiasi matahari
		Temperatur solar panel
		Bayangan akibat bangunan dan pohon
Umur photovoltaik		Pergerakan awan
		Air hujan
		Korosif bila berada dekat pantai

Tabel 2. Variabel Hambatan Sosial

Variabel	Sub variabel	Deskripsi
Perkembangan teknologi dan Informasi terkait dalam negeri	Pengembangan perusahaan produsen dan penyedia jasa instalasi photovoltaik	
	Kekurangan informasi radiasi matahari yang tersedia dalam setiap wilayah	
Institusi dan administratif	Kekurangan tenaga ahli	
	Pengetahuan mengenai opsi teknologi photovoltaik yang secara internasional	
Public Acceptance	Kurangnya instansi yang kuat yang bertanggung jawab penuh dalam perkembangan photovoltaik di Indonesia	
	Koordinasi antara perencanaan photovoltaik dengan pembangkit listrik pusat.	
	Kerja sama departemen energi pemerintah dengan universitas dalam <i>research &amp; development</i> .	
	Tingkat pemahaman masyarakat akan insentif yang dikeluarkan pemerintah terkait photovoltaik.	
	kemudahan monitoring.	Net metering
	Kemudahan instalasi.	Menggunakan jasa instalasi
	Manfaat ekonomi untuk memperbaiki kualitas hidup	Produk photovoltaik mudah ditemukan
	Modal Awal	Perbandingan Biaya pengadaan photovoltaik dengan beli listrik dari pembangkit listrik pusat
		Jaminan kebutuhan listrik bangunan terpenuhi melalui pemakaian photovoltaik

Tabel 3. Variabel Hambatan Ekonomi

Variabel	Sub variabel	Deskripsi
Kondisi Ekonomi negara	Krisis finansial dalam negara menyebabkan perusahaan baru photovoltaik sulit berkembang	
Harga photovoltaik yang ekonomis	Harga jual photovoltaik yang terdapat di pasaran	biaya proses photovoltaik
	Efisiensi kerja photovoltaik	biaya semikonduktor sebagai material pembuatan photovoltaik
Kepercayaan institusi finansial terhadap industri photovoltaik	Penurunan harga pasar nasional	
	Insentif dari pemerintah	

## 2.3 Metode Analisis

### 2.3.1 Uji Relibilitas dan Validitas

Dalam penelitian ini digunakan metode cronbach's alpha untuk menguji reliabilitas instrumen penelitan, dan metode spearman untuk menguji validitas instrumen penelitian.

### 2.3.2 Uji Satu Sampel Wilcoxon

Uji wilcoxon satu sampel dilakukan dengan tujuan untuk membuktikan ada tidaknya hambatan terkait item-item pertanyaan dengan menghipotesiskan median populasi. Apabila median populasi diatas 3, maka dapat disimpulkan sedang terjadi hambatan pada dunia nyata. Namun apabila median populasi dibawah 3, maka disimpulkan sedang tidak terjadi hambatan pada dunia nyata.

Tabel 5. Hasil Uji Wilcoxon Satu Sampel

Faktor	Kode	Signifikansi	Median Populasi	Hipotesis Diterima	Kesimpulan
Isu Lingkungan	L1	0,808	2	Ho	tidak ada hambatan
	L2	0,763	2	Ho	tidak ada hambatan
	L3	0,21	2,5	Ho	tidak ada hambatan
	L5	0,169	4	Ho	ada hambatan
	L8	0,109	2	Ho	tidak ada hambatan
	L12	0,138	2	Ho	tidak ada hambatan
	L13	0,758	2,5	Ho	tidak ada hambatan
Isu Sosial	S1	0,101	4	Ho	ada hambatan
	S3	0,058	2,5	Ho	tidak ada hambatan
	S5	0,576	3,5	Ho	ada hambatan
	S6	0,54	2,5	Ho	tidak ada hambatan
	S7	0,213	3,2	Ho	ada hambatan
	S8	0,864	3,9	Ho	ada hambatan
	S9	0,425	3,9	Ho	ada hambatan
	S10	0,218	2,6	Ho	tidak ada hambatan
	S12	0,085	3,9	Ho	netral
	S13	0,383	3,9	Ho	ada hambatan
Isu Ekonomi	E4	0,124	2,5	Ho	ada hambatan
	E5	0,675	4	Ho	tidak ada hambatan
	E6	0,928	4	Ho	ada hambatan
	E7	0,156	3,9	Ho	ada hambatan
	E9	0,502	3,5	Ho	ada hambatan
	E10	0,125	3,9	Ho	ada hambatan
	E12	0,125	3,9	Ho	ada hambatan
	E13	0,808	4	Ho	ada hambatan

### 3. PEMBAHASAN DAN DISKUSI

#### 3.1 Perkembangan Teknologi dan Informasi Fotovoltaik



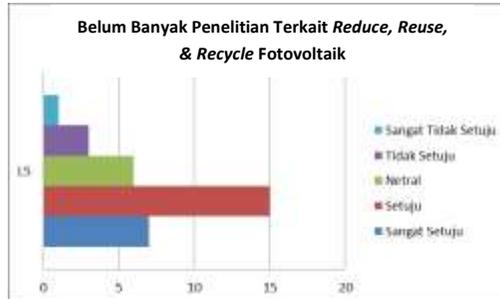
Gambar 1. Perkembangan Teknologi dan Informasi Fotovoltaik

IESR berpendapat bahwa perkembangan pembangkit listrik bertenaga surya di Indonesia relatif lambat dibandingkan dengan negara Asia lainnya [1]. Penerapan fotovoltaik dalam bentuk surya atap di Indonesia sendiri masih sangat terbatas. Masyarakat Indonesia belum memiliki akses yang merata pada informasi dan variasi teknologi surya atap. Informasi terkait surya atap, baik variasi teknologi, hingga kebijakan dan regulasi, dan informasi teknis, masih terbatas pada kalangan menengah ke atas.

#### 3.2 Penerapan 3R Dalam Manufaktur Fotovoltaik

Manufaktur fotovoltaik masih dalam proses perkembangan, sehingga Badan Standarisasi Nasional belum mengeluarkan SNI terkait penerapan 3R pada proses manufaktur fotovoltaik. Regulasi dan standar yang mengatur 3R perlu ditetapkan sebelum pemakaian fotovoltaik dalam negeri meningkat, karena tanpa pengelolaan yang baik fotovoltaik dapat kehilangan artinya sebagai teknologi terbarukan. Peneliti di *National*

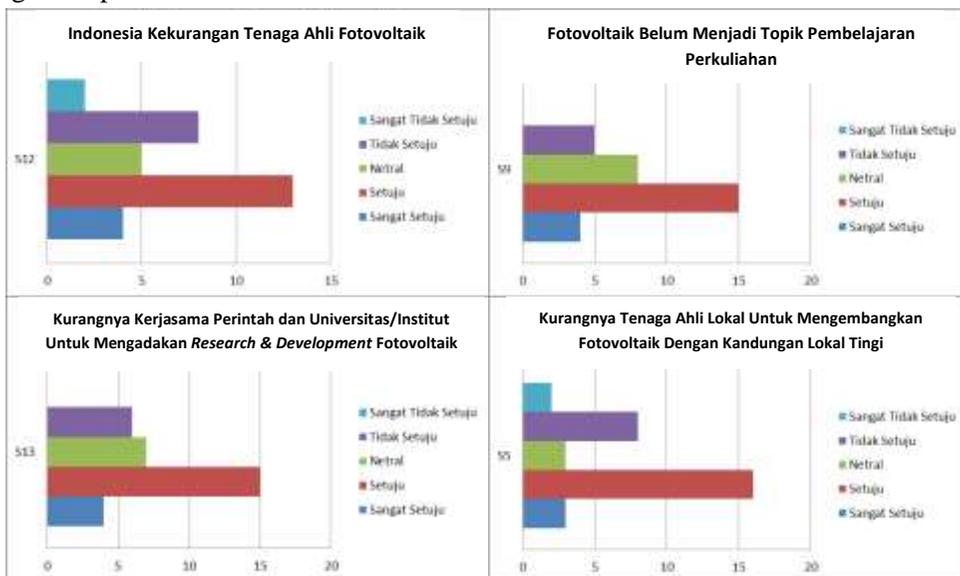
Renewable Energy Laboratory (NREL), Amerika Serikat, telah melakukan kajian manajemen akhir modul fotovoltaik. Melihat usaha pengembangan penelitian 3R fotovoltaik yang masih dikembangkan oleh negara maju, Indonesia sebagai negara berkembang belum memiliki akses informasi yang cukup untuk mengatur standar regulasi terkait 3R fotovoltaik [2].



Gambar 2. Penerapan 3R Dalam Manufaktur Fotovoltaik

### 3.3 Tenaga Ahli Fotovoltaik

Hasil kuesioner penelitian menunjukkan bahwa mayoritas responden telah setuju bahwa: “Indonesia kekurangan tenaga ahli fotovoltaik atap”. Dalam Studi kelayakan BPPT 2012, dibukanya Industri fotovoltaik di Indonesia dapat membuka lapangan kerja baru. Dengan kata lain, untuk mencapai target GNSSA (1000MW) dibutuhkan 35000 tenaga kerja. Karena itu pemerintah perlu mempersiapkan sumber daya manusia sebagai tenaga ahli yang terampil.



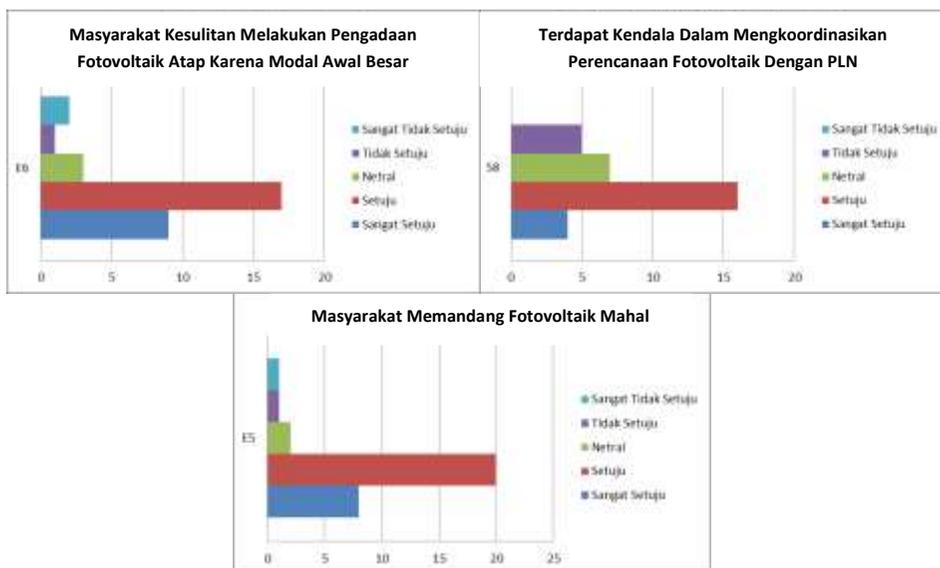
Gambar 3. Tenaga Ahli Fotovoltaik Di Indonesia

Namun, hasil jawaban kuesioner kode S5 menunjukkan bahwa 59% responden menyetujui pernyataan Indonesia masih kekurangan tenaga ahli lokal untuk menciptakan fotovoltaik dengan kandungan lokal tinggi. Hal ini disebabkan oleh dua hal, yaitu:

“fotovoltaik belum menjadi topik pembelajaran perkuliahan”, dan “pemerintah belum banyak mengadakan kerjasama dengan universitas/institut untuk mengadakan *research & development* di bidang fotovoltaik”. Menanggapi hal tersebut, Indonesia memerlukan adanya riset nasional pengembangan dana dan pendidikan yang cukup untuk industri fotovoltaik. Hal ini perlu dipersiapkan secara matang oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi [3].

### 3.4 Pengadaan Fotovoltaik Atap

Salah satu tantangan fotovoltaik berkembang di Indonesia adalah biaya produksi PLTS yang masih tinggi [4]. Penggunaan fotovoltaik saat ini baru dapat diterapkan untuk pasar hunian kelas atas karena biaya konstruksi dan biaya pokok yang mahal [5]. Baterai memiliki peran yang krusial dalam penerapan sistem listrik *off-grid*. Namun harga baterai 3 kali lipat lebih mahal daripada panel surya [6]. Sehingga masyarakat berpaling kepada sistem listrik *on-grid* yang mengandalkan asupan listrik dari PLN sebagai ganti baterai. Namun, hasil dari kuesioner kode S8 menyatakan bahwa 66% responden menyetujui bahwa koordinasi perencanaan fotovoltaik dengan PLN terkendala. Peraturan Menteri Nomor 49 Tahun 2018 menyebabkan pemasangan fotovoltaik dalam skala kecil (1-2 fotovoltaik) menjadi sulit karena vendor kecil tidak diizinkan melakukan pemasangan fotovoltaik dengan sistem listrik *on-grid*. Hal ini menimbulkan hambatan bagi masyarakat dengan kemampuan finansial rendah untuk melakukan pengadaan fotovoltaik atap.



Gambar 4. Pengadaan Fotovoltaik Atap Di Indonesia

### 3.5 Penyebab Mahalnya Fotovoltaik Dalam Negeri

Harga fotovoltaik di Indonesia menjadi lebih mahal dibandingkan fotovoltaik impor karena Industri panel surya di Indonesia umumnya masih berupa rakitan. Pabrik fotovoltaik di Indonesia yang masih perlu mengimpor material maupun mesin dari luar negeri.

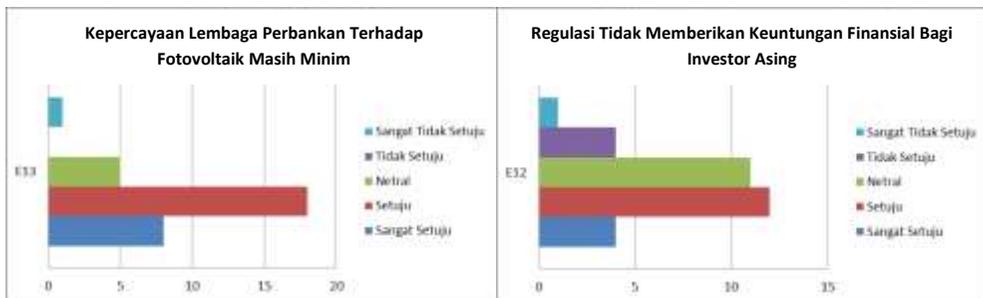
Pembelian cenderung dilakukan dengan skala kecil sehingga harganya menjadi lebih mahal [7].



Gambar 5. Penyebab Mahalnya Harga Fotovoltaik Dalam Negeri

### 3.6 Peran Lembaga Keuangan

IEEEFA merilis kajian terkait berbagai tantangan pengembangan listrik tenaga surya di Indonesia. Kebijakan yang berlaku di Indonesia menyulitkan peminat dan investor listrik tenaga surya. Bahkan, kebijakan dibuat terkesan agar tak bisa terimplementasi karena menyulitkan investor melihat manfaat finansial dari pemasangan sistem listrik surya atap [8]. Kurangnya dukungan investor asing membuat masyarakat beralih kepada lembaga perbankan. Saat ini baru satu lembaga perbankan, yaitu BPRS Lantabur Tebuireng di Jawa Timur, yang memberikan kredit bagi pembelian alat listrik surya atap. Pemberian kredit dapat menurunkan pengeluaran pengadaan pada tahap awal [9].



Gambar 6. Peran Lembaga Keuangan

### 3.7 Krisis Ekonomi Negara

Krisis global yang diakibatkan oleh pandemi covid-19, telah mempengaruhi Indonesia. Perkembangan fotovoltaik atap mengalami pelemahan ekonomi. Harga unit PLTS atap naik sekitar 15%-20%. Berdasarkan survei yang diadakan oleh IESR terhadap perusahaan yang bergerak di sektor *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC) PLTS, permintaan PLTS atap pada skala rumah tangga pada Maret-April tahun 2020 telah mengalami kontraksi hingga 50%-100%. Sedangkan segmen komersial dan industri mengalami kontraksi 50%-70% [10].



Gambar 7. Krisis Ekonomi Negara

### 3.8 Instansi Pengembang Fotovoltaik Dalam Negeri

Kuesioner penelitian menunjukkan bahwa mayoritas responden tidak menyetujui akan pernyataan bahwa: “Sudah Terdapat instansi yang bertanggung jawab penuh dalam mengembangkan fotovoltaik di Indonesia”. Karena itu, diperlukan adanya perjanjian kerjasama antara pemerintah dengan asosiasi pengembang fotovoltaik. Perjanjian kerjasama bertujuan untuk memberikan tanggung jawab penuh kepada asosiasi sehingga memperkuat peran asosiasi dalam mengembangkan panel surya di Indonesia.



Gambar 8. Instansi Pengembang Fotovoltaik Dalam Negeri

## 4. KESIMPULAN

Seluruh kesimpulan telah diuji secara statistik dengan tingkat kepercayaan 95%. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa;

1. Variabel yang menyebabkan hambatan lingkungan adalah belum banyaknya penelitian terkait *reduce, reuse, recycle* (3R) dalam manufaktur fotovoltaik di Indonesia.
2. Berikut adalah variabel-variabel yang menyebabkan hambatan sosial:
  - ◆ Lemahnya perkembangan teknologi dan informasi fotovoltaik.
  - ◆ Kekurangan tenaga ahli yang menyebabkan kandungan lokal fotovoltaik yang terjual dalam negeri rendah.
  - ◆ Fotovoltaik tidak menjadi materi pembelajaran dalam perkuliahan.
  - ◆ Kurangnya kerjasama pemerintah dengan Universitas/Institut untuk mengadakan *research & development* fotovoltaik.
  - ◆ Terdapat kendala dalam mengkoordinasikan perencanaan fotovoltaik dengan PLN.

- ◆ Belum terdapat asosiasi yang bertanggung jawab penuh dalam mengembangkan fotovoltaik
3. Berikut adalah variabel-variabel yang menyebabkan hambatan ekonomi:
- ◆ Perusahaan fotovoltaik di Indonesia masih berupa assembling dan masih perlu melakukan impor dari luar negeri.
  - ◆ Masyarakat memandang fotovoltaik mahal karena memerlukan modal awal yang besar.
  - ◆ Regulasi belum memberikan keuntungan finansial bagi investor asing.
  - ◆ Kepercayaan lembaga perbankan terhadap fotovoltaik masih minim.
  - ◆ Pandemi Covid-19 menyebabkan perusahaan fotovoltaik baru sulit berkembang

## **5. SARAN**

Dalam penelitian ini persebaran kuesioner belum dapat dilakukan dengan leluasa karena ketentuan peraturan pandemi Covid-19 yang menyebabkan beberapa lokasi tujuan persebaran kuesioner tidak dapat dikunjungi. Karena itu akses persebaran kuesioner menjadi terhambat. Selama proses persebaran kuesioner, peneliti memiliki akses yang lebih mudah kepada beberapa perusahaan fotovoltaik dalam negeri ternama. Karena itu, hasil kuesioner ini masih bersifat bias meskipun sudah ada upaya untuk mengontrol error. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar kuesioner disebar kembali kepada pemerintah, pengguna, PLN, dan badan yang bergerak dalam penelitian dan pengembangan energi terbarukan lainnya.

## **6. UCAPAN TERIMA KASIH**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Seluruh Keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan materil dan ikut mendoakan selalu.
- 2) Bapak Leo Bambang Budi Prasetyo, S.T., M.T. selaku ketua program studi Teknik Sipil Institut Teknologi dan Sains Bandung.
- 3) Ibu Annisa, S.T., M.T. dan Ibu Siswanti Zuraida S. Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing.
- 4) Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi dan Sains Bandung.
- 5) Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil Institut Teknologi dan Sains Bandung.

## **7. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] E. P. Wicaksono, "Pengembangan Listrik Tenaga Surya RI Jauh Tertinggal dari Vietnam - Bisnis Liputan6.com," Jul. 30, 2019. <https://www.liputan6.com/bisnis/read/4025361/pengembangan-listrik-tenaga-surya-ri-jauh-tertinggal-dari-vietnam> (accessed Feb. 12, 2021).
- [2] Anonymous, "Usai Masa Pakai, Ilmuwan Pikirkan Strategi Daur Ulang Panel...," Jul. 18, 2020. <https://teknو.sindonews.com/read/105078/123/usai-masa-pakai-ilmuwan->

- pikirkan-strategi-daur-ulang-panel-surya-1595034437?showpage=all (accessed Feb. 12, 2021).
- [3] D. Syahni, "Pengembangan Listrik Tenaga Surya Masih Terkendala, Mengapa? : Mongabay.co.id," *Mongabay*, Nov. 29, 2016. <https://www.mongabay.co.id/2016/11/29/pengembangan-listrik-tenaga-surya-masih-terkendala-mengapa/> (accessed Feb. 12, 2021).
  - [4] P. B. Siregar, "Pengembangan Energi Surya Berjalan Lambat," Jul. 17, 2018. <https://www.wartaekonomi.co.id/read187674/pengembangan-energi-surya-berjalan-lambat.html> (accessed Feb. 12, 2021).
  - [5] P. Salsabila, "Mengapa Panel Surya Masih Sulit Digunakan pada Hunian? - Ekonomi Bisnis.com." <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190904/47/1144369/mengapa-panel-surya-masih-sulit-digunakan-pada-hunian> (accessed Feb. 12, 2021).
  - [6] Anonymous, "Ini Alasan Pembangkit Listrik Matahari Sulit Berkembang di RI," Feb. 22, 2013. <https://finance.detik.com/energi/d-2177424/ini-alasan-pembangkit-listrik-matahari-sulit-berkembang-di-ri> (accessed Feb. 12, 2021).
  - [7] T. Hamdani, "Harga Panel Surya di RI Lebih Mahal Dibanding China," Jul. 28, 2020. <https://finance.detik.com/energi/d-5110980/harga-panel-surya-di-ri-lebih-mahal-dibanding-china> (accessed Feb. 12, 2021).
  - [8] D. Syahni, "Kajian: Regulasi Belum Ramah Pengembangan Pembangkit Surya : Mongabay.co.id," *Mongabay*, Mar. 17, 2019. <https://www.mongabay.co.id/2019/03/17/kajian-regulasi-belum-ramah-pengembangan-pembangkit-surya/> (accessed Feb. 12, 2021).
  - [9] G. Intan, "Rendah, Minat Masyarakat Indonesia Gunakan Listrik Surya Atap," Oktober 2018. <https://www.voaindonesia.com/a/rendah-minat-masyarakat-indonesia-gunakan-listrik-surya-atap/4607746.html> (accessed Feb. 12, 2021).
  - [10] Hidayat, "Terpapar dampak corona, pengembangan pembangkit listrik surya menjadi suram," Apr. 21, 2020. <https://industri.kontan.co.id/news/terpapar-dampak-corona-pengembangan-pembangkit-listrik-surya-menjadi-suram> (accessed Feb. 12, 2021).