

Pengaruh Kebijakan, Regulasi, dan Anggaran Terhadap Perkembangan Kapasitas PLTS di Australia

Giusna Dipankara Kusnandar¹, I Nyoman Satya Kumara², I Wayan Sukerayasa³

[Submission: 11-05-2021, Accepted: 30-06-2021]

Abstract—Australia is one of the countries with the highest solar PV capacity in the world. The capacity of solar PV installed in Australia has reached 16,319 MW and 600 W per capita at the end of 2019, making Australia the country with the highest per-capita capacity in the world. The Australian Government has established policies, regulations, and budgets as commitments to support the achievement of the solar PV capacity. This paper reviews and analyzes policies, regulations, and funds in Australia from federal to state levels on the side of solar PV development. Analysis showed that policies and regulations supported by the suitability of the government budget have a consequential effect on increasing the capacity of solar PV to implement and realize renewable energy targets in Australia. Several policies aforementioned as Feed-in Tariff, RET, NESP, and budgets that focus on R&D have a significant impact on increasing the capacity of solar PV installed. Thus, realistic targets that are phased in, structured policy and regulatory support, budget compliance, and continuous education to the public are essential aspects that could be adopted in Indonesia to accelerate the realization of the national solar PV capacity target.

Keywords—Solar PV, Policy, RET, FiT, Budget

Intisari—Australia merupakan salah satu negara dengan kapasitas PLTS tertinggi di dunia. Kapasitas PLTS terpasang di Australia telah mencapai 16.319 MW dan 600 W per kapita pada akhir tahun 2019, menjadikan Australia sebagai negara dengan kapasitas per kapita tertinggi di dunia. Pemerintah Australia telah menetapkan kebijakan, regulasi, dan anggaran sebagai komitmen untuk mendukung pencapaian kapasitas PLTS. Makalah ini meninjau dan menganalisis kebijakan, peraturan, dan anggaran di Australia dari tingkat federal hingga negara bagian di sisi pengembangan PLTS. Analisis menunjukkan bahwa kebijakan dan regulasi yang didukung oleh kesesuaian anggaran pemerintah berdampak pada peningkatan kapasitas PLTS untuk melaksanakan dan merealisasikan target energi terbarukan di Australia. Beberapa kebijakan seperti *Feed-in Tariff*, RET, NESP, dan anggaran yang fokus pada litbang berdampak signifikan terhadap peningkatan kapasitas PLTS terpasang. Dengan demikian, target realistis yang dilakukan secara bertahap, kebijakan terstruktur dan dukungan regulasi, kepatuhan anggaran, dan edukasi berkelanjutan kepada publik merupakan aspek penting yang dapat diadopsi di Indonesia untuk mempercepat realisasi target kapasitas PLTS nasional.

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Br. Dinas Ababi, Ababi, Abang 80852 INDONESIA (telp: 085739295000; e-mail: dipankarakusnandar@student.unud.ac.id)

^{2,3}Dosen, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (telp: 0361-555225; fax: 0361-4321982; e-mail: satya.kumara@unud.ac.id)

Kata Kunci—PLTS, Kebijakan, RET, FiT, Anggaran

I. PENDAHULUAN

Commonwealth of Australia atau Persemakmuran Australia merupakan negara dengan luas daratan mencapai 7.682.300 km² dan merupakan negara dengan daratan terluas nomor 6 di dunia [1]. Australia memiliki dataran paling rendah dan kering jika dibandingkan dengan benua-benua lain [2], [3]. Sekitar 18% atau 1.371.000 km² dari seluruh wilayah daratan Australia merupakan gurun dan termasuk dalam 35% dari total wilayah yang menerima sedikit curah hujan [4]. Wilayah kering tersebut tersebar pada daerah barat laut Australia yang sangat datar dengan ketinggian rata-rata daratan 325 meter [5]. Zona iklim di Australia dibagi menjadi enam bagian berdasarkan temperatur dan kelembapan. Wilayah barat laut, utara, dan timur laut Australia merupakan wilayah yang mengalami iklim panas yang lembap. Semakin ke selatan, iklim semakin sejuk dan dingin dengan udara yang kering [6]. Begitu juga dengan insolasi di tiap wilayah Australia. Insolasi tertinggi dialami wilayah barat laut Australia yang notabene merupakan daerah kering dan gurun. Insolasi semakin rendah di wilayah bagian tenggara [7], [8].

Australia termasuk sebagai negara yang tidak padat penduduk. Pada akhir tahun 2014, jumlah penduduk Australia mencapai 23,6 juta orang [1], dan per tanggal 31 Maret 2020 penduduk Australia meningkat dan sudah mencapai 25.649.985 orang [9], dimana populasinya terfokus di wilayah timur dan tenggara. Hal tersebut menjadikan Australia sebagai salah satu negara dengan densitas populasi terendah di dunia, yaitu 3,34 orang per km². Meskipun demikian, Australia adalah salah satu negara maju dengan Produk Domestik Bruto atau *Gross Domestic Product* (GDP) tertinggi di dunia. GDP Australia mencapai nilai US\$ 1,392,680,590,000 atau Rp 19.359 T di tahun 2019 [10], [11]. Nilai tersebut sejalan dengan tingginya GDP per Kapita Australia yang mencapai nilai US\$ 54,907 atau sekitar Rp 763 Juta di tahun 2019. Tingginya Nilai GDP tersebut diperoleh akibat adanya hubungan sebab-akibat dua arah dengan konsumsi energi listrik. Hubungan berbanding lurus dua arah tersebut menyebabkan meningkatnya konsumsi listrik sejalan dengan tingginya nilai GDP [12]. Hal ini ditunjukkan dengan tingginya konsumsi listrik di Australia mencapai 192,4 TWh di tahun 2019 [13]. Pemerintah Australia memanfaatkan berbagai jenis pembangkit listrik dalam upaya memenuhi beban-beban listrik tersebut, salah satunya dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pemanfaatan PLTS mengalami peningkatan signifikan dalam kurun waktu tiga tahun terakhir sejak 2017 hingga 2019. Penggunaan PLTS skala kecil hingga skala besar pada tahun 2017 secara total membangkitkan daya sebesar 8,615 TWh atau 3,83% dari total energi terbangkitkan di Australia, 11,694 TWh



(5,2%) pada tahun 2018, dan mencapai 18.126 TWh (7,8%) pada tahun 2019 [14]–[16].

Proyek Pemerintah Australia dalam pemanfaatan dan peningkatan kapasitas PLTS di Australia yang diinisiasi pada April 2001 mulai meningkat pada pertengahan tahun 2007. Pada bulan Juni 2011 terjadi penambahan PLTS terpasang sangat cepat mencapai 68.868 unit dan menjadi pemasangan jumlah unit PLTS tertinggi dalam waktu satu bulan. Di tahun 2019 sendiri, sumbangsih pembangkitan daya PLTS tipe *Building Applied Photovoltaic* (BAPV) mencapai 2.233 MW dan PLTS skala utilitas sebesar 2.510 MW. Hal tersebut menghasilkan kapasitas PLTS terpasang kumulatif sebesar 16.319 MW pada akhir tahun 2019, menjadikan Australia sebagai negara dengan kapasitas pembangkitan daya PLTS per kapita tertinggi di dunia, yaitu 600 W per kapita [17]. Meningkatnya pemanfaatan PLTS berdampak langsung terhadap peningkatan peran PLTS sebagai pembangkit energi terbarukan yang mencapai angka 7,8% dari total pembangkitan energi listrik di Australia pada akhir tahun 2019 [16]. Pemanfaatan PLTS terinstalasi kumulatif di Australia terus meningkat dan mencapai 2,56 juta PLTS telah terpasang dan memiliki total pembangkitan daya sebesar 18.526 MW (18.526.066 kW) per tanggal 30 September 2020 [18].

Pencapaian Australia dalam pemanfaatan sumber energi terbarukan menggunakan PLTS merupakan dampak dari komitmen negara untuk berperan aktif dalam upaya melawan perubahan iklim yang sejalan dengan dukungan pemerintah federal dan negara bagian dengan menetapkan berbagai kebijakan dan regulasi. Salah satu kebijakan tersebut adalah *Mandatory Renewable Energy Target* (MRET). MRET, yang saat ini dikenal dengan *Renewable Energy Target* (RET) [19], merupakan skema *Clean Energy Regulator* yang dirancang untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di sektor kelistrikan dan mendorong pembangkitan listrik dari sumber yang berkelanjutan dan terbarukan [20].

Makalah ini melakukan tinjauan dan analisis terhadap kebijakan, regulasi, dan penetapan anggaran di Australia dari tingkat federal hingga tingkat negara-negara bagian dalam mendukung perkembangan PLTS. Makalah ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai kebijakan, regulasi, dan investasi Australia untuk mendukung perkembangan PLTS. Diharapkan makalah ini mampu memberikan gambaran dan informasi mengenai kebijakan dan regulasi PLTS yang dapat diimplementasikan di Indonesia dalam upaya mendukung realisasi kapasitas PLTS 6.500 MW pada tahun 2025 [21], [22].

II. SISTEM KELISTRIKAN AUSTRALIA

A. Pemerintahan Federal Australia

Australia merupakan negara dengan sistem pemerintahan campuran, yaitu demokrasi perwakilan, monarki konstitusional, dan federasi negara bagian. Australia menganut bentuk pemerintahan federal secara independen dengan bersatunya enam koloni Inggris pada tanggal 1 Januari 1901 dan membentuk Pemerintah Persemakmuran Australia (disebut juga Pemerintahan Federal atau Pemerintahan Pesemakmuran) sebagai pusat pemerintahan [23], [24]. Australia dibagi menjadi enam negara bagian, yaitu: New South Wales, Tasmania, Victoria, Queensland, South Australia, dan Western Australia;

dan dua teritori dengan pemerintahan sendiri, yaitu: Australia Capital Territory dan Northern Territory [23], [25].

B. Sistem Kelistrikan di Australia

Australia memiliki enam sistem interkoneksi yang berbeda [26], yaitu *National Electricity Market* (NEM) di sisi timur, *Wholesale Electricity Market* (WEM) di sisi barat daya, *North West Interconnected System* (NWIS), dan tiga sistem kelistrikan terpisah di Northern Territory. Australian Energy Market Operator (AEMO), yang dibentuk oleh Dewan Pemerintah Australia (COAG) pada 1 Juli 2009, bertanggung jawab menjadi operator serta melakukan mengoordinir NEM dan WEM [27]–[29]. Total energi listrik terbangkitkan di Australia mencapai 265 TWh pada tahun 2019. Angka ini mencakup semua pembangkit listrik, termasuk pembangkit terpusat dan pembangkit tersebar oleh bisnis hingga rumah tangga. Bahan bakar fosil, terkhususnya batubara (56%), mendominasi pangsa pasar energi di Australia sebesar 79% dari total pembangkit listrik pada 2019. Sisanya disuplai oleh energi terbarukan sebesar 21%, dimana hal tersebut menunjukkan peningkatan sebesar 2% sejak 2018 [30].

C. Target Pemanfaatan Energi Terbarukan Australia

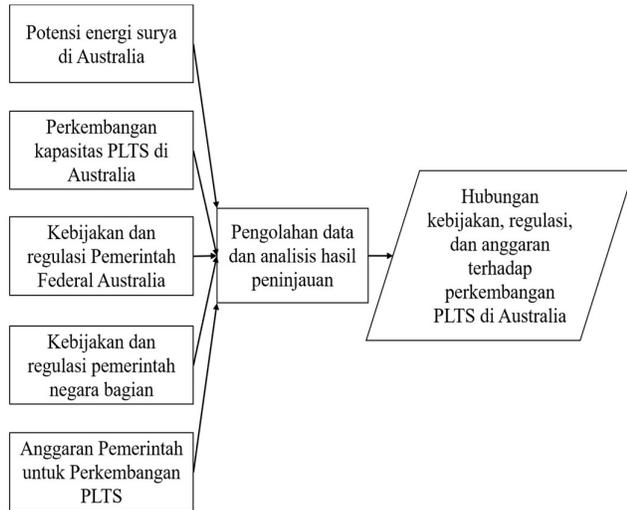
Sebagai salah satu negara yang menandatangani Protokol Kyoto pada 29 April 1998 dan Perjanjian Paris pada 22 April 2016, Australia memiliki target untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 5% di bawah tingkat saat tahun 2000 pada tahun 2020 dan sebesar 26% hingga 28% di bawah tingkat saat tahun 2005 pada tahun 2030 [31], [32]. Upaya Australia dalam mencapai target tersebut berpedoman kepada *Emissions Reduction Fund* (ERF) atau Dana Pengurangan Emisi sebagai inti kebijakan Australia dalam menanggulangi permasalahan emisi gas rumah kaca [32]. Selain itu, Pemerintah Australia juga menerapkan *National Energy Productivity Plan* (NEPP) guna meningkatkan produktivitas energi sebesar 40% diantara tahun 2015 dan 2030 [33], [34].

Selain itu, Pemerintah Australia juga membuat skema RET yang terdiri dari dua skema berbeda [35], yaitu *Large-scale Renewable Energy Target* (LRET) dan *Small-scale Renewable Energy Scheme* (SRES). Kedua skema tersebut sama-sama dilaksanakan dengan memberikan insentif atas dasar pemanfaatan energi terbarukan. Perbedaannya terletak pada penggunaannya, di mana LRET berfokus kepada pembangkit-pembangkit listrik energi terbarukan dengan memberikan Sertifikat Pembangkit Skala Besar atau *Large-scale Generation Certificate* (LGC) setiap Mh produksi energi listrik. LRET ditargetkan mampu mencapai pemanfaatan energi terbarukan skala besar sebesar 33.000 GWh pada 2030. Sedangkan SRES berfokus kepada masyarakat dan bisnis untuk menggunakan sistem pembangkit tersebar skala kecil dan pengguna dapat menyerahkan Sertifikat Teknologi Skala Kecil atau *Small-scale Technology Certificates* (STC) setiap tiga bulan sekali untuk memperoleh insentif dari pemerintah.

III. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini mencakup peninjauan dan analisis terhadap beberapa aspek penting dalam perkembangan energi terbarukan, yaitu potensi energi surya di Australia, kebijakan dan regulasi yang diterbitkan oleh Pemerintah Federal serta pemerintah negara-negara bagian di Australia terkait pemanfaatan PLTS,

perkembangan kapasitas PLTS di Australia dari tahun 2001 hingga 2019, serta investasi Pemerintah Australia dalam mendukung pencapaian target nasionalnya. Diagram alir penelitian makalah ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Diagram alir/Flowchart Penelitian

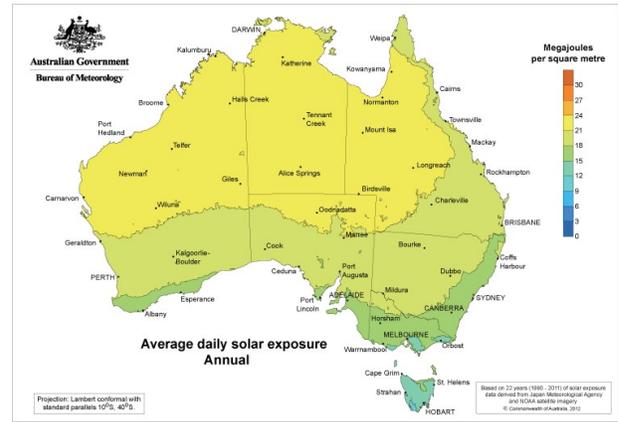
Langkah pertama adalah melakukan peninjauan terhadap potensi energi surya di seluruh wilayah Australia. Lalu, dilakukan peninjauan mengenai kebijakan dan regulasi pemerintahan federal yang menjadi landasan hukum tiap negara (*states dan territory*) dalam pemanfaatan PLTS. Peninjauan ini dilakukan terhadap kebijakan dan regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah federal guna mencapai target-target nasional dalam meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan, khususnya PLTS. Setelah itu, dilakukan peninjauan kebijakan dan regulasi khusus mengenai PLTS di enam negara bagian dan dua wilayah teritori, yaitu New South Wales (NSW), Victoria (VIC), Queensland (QLD), Tasmania (TAS), South Australia (SA), Western Australia (WA), Australian Capital Territory (ACT), dan Northern Territory (NT). Dilakukan juga peninjauan mengenai perkembangan kapasitas PLTS di Australia. Peninjauan dilakukan terhadap peningkatan kapasitas daya PLTS dari tahun 2001 hingga 2019. Juga dilakukan peninjauan terhadap investasi Pemerintah Australia untuk mendukung pencapaian target energi terbarukan nasional, terkhusus pada PLTS. Data yang digunakan diperoleh dari laporan bulanan dan/atau tahunan yang diterbitkan oleh perusahaan energi baik negeri maupun swasta, Pemerintah Australia baik di tingkat federal maupun negara bagian (*state*) dari tahun 2001 hingga 2019, dan publikasi ilmiah terkait PLTS dari tahun 2001 hingga 2019.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Potensi Energi Surya di Australia

Kondisi geografis dan tingkat insolasi yang tinggi menjadikan Australia sebagai negara dengan wilayah yang sesuai dalam pemanfaatan PLTS. Berdasarkan data Badan Meteorologi Australia, rata-rata energi iradiasi matahari yang diterima Australia mencapai 58 juta PJ per tahun, menjadikan

Australia sebagai benua dengan tingkat iradiasi tertinggi di dunia [36].



Gambar 2: Paparan sinar matahari harian rata-rata Australia setiap tahun dalam periode 1990–2019 [8]

Gambar 2 menunjukkan rata-rata paparan sinar matahari harian per tahun di Australia. Berdasarkan gambar tersebut, wilayah Australia utara dan tengah menerima insolasi lebih tinggi dibandingkan wilayah-wilayah lainnya. Perbedaan insolasi ini dipengaruhi oleh tingkat kelembaban udara yang lebih tinggi di wilayah utara, sehingga memiliki tingkat kemungkinan pembentukan awan rendah [37], [38]. Selain itu, posisi Australia yang berada pada belahan bumi Selatan menyebabkan posisi matahari lebih rendah di wilayah selatan Australia pada musim dingin, terutama di bulan Juni [8]. Sehingga menyebabkan rata-rata insolasi di wilayah selatan dan timur rendah.

Rata-rata insolasi matahari harian per tahun di Australia yang ditunjukkan pada Gambar 2 menunjukkan perbedaan tingkat insolasi yang diterima tiap negara bagian. WA dan NT menjadi negara bagian/teritori yang menerima tingkat insolasi tertinggi, dengan rentang rata-rata 20–24 MJ/m². QLD dan SA menerima insolasi rata-rata dalam rentang 18–20 MJ/m². Tingkat insolasi di wilayah selatan secara rata-rata lebih rendah dibandingkan dengan wilayah utara Australia. VIC menerima insolasi sebesar 14–18 MJ/m² namun terdapat beberapa wilayah dengan insolasi sebesar 12–14 MJ/m². NSW (dan ACT) menerima insolasi per tahun dalam rentang 14–20 MJ/m². TAS merupakan negara bagian paling selatan dan menerima insolasi terendah dari seluruh wilayah di Australia. Tingkat insolasi di wilayah tersebut dalam setahun hanya berada dalam rentang 10–14 MJ/m².

B. Perkembangan Kapasitas PLTS di Australia

Pemasangan PLTS yang dilakukan sejak April 2001 di seluruh wilayah Australia dalam lingkup pengawasan pemerintah federal dan negara bagian membantu meningkatkan kapasitas PLTS terpasang per tanggal 30 September 2020. Gambar 3 merupakan data grafik penambahan kapasitas PLTS tiap bulan per Januari 2007. Data ini dipilih karena memberikan informasi perbedaan laju pemasangan PLTS berdasarkan skala, yaitu skala kecil dan skala besar. Sedangkan data terdahulu yang bertepatan dengan dimulainya Target Energi Terbarukan (RET) hanya menampilkan kapasitas PLTS terpasang secara



total. Dukungan Pemerintah Federal Australia dan negara-negara bagian melalui perubahan-perubahan kebijakan dan regulasi telah diterapkan untuk mendukung pemanfaatan PLTS. Per September 2020, telah terpasang 2,56 juta PLTS untuk memperoleh total kapasitas daya sebesar 18.526 MW [18].

Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan jumlah kapasitas PLTS terpasang—PLTS skala kecil dan PLTS skala besar—di Australia, serta di tiap negara-negara bagian per bulan sejak Januari 2007. PLTS di Australia dibagi menjadi dua tipe, yaitu PLTS skala kecil dan PLTS skala besar. PLTS skala kecil merupakan jenis PLTS dengan kapasitas di bawah 100 kW, sedangkan PLTS skala besar berkapasitas lebih dari 100 kW [39]. Gambar 4 menampilkan grafik total kapasitas dan laju instalasi PLTS skala kecil dan PLTS skala besar di tiap negara bagian. Grafik tersebut menunjukkan kontribusi PLTS skala kecil dan PLTS skala besar yang terus meningkat. PLTS skala kecil secara konstan memberikan dampak positif terhadap peningkatan kapasitas PLTS di Australia sejak tahun 2007. Sebesar 64% dari total kapasitas PLTS terpasang merupakan PLTS skala kecil. Hal tersebut berbanding terbalik dengan PLTS skala besar yang belum memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kapasitas PLTS hingga tahun 2016. Namun sejak akhir tahun 2017, instalasi PLTS skala besar pada tiap negara bagian meningkat drastis dan menyebabkan terjadinya lonjakan kapasitas PLTS terpasang di Australia, terutama pada NSW, VIC, dan QLD yang ditunjukkan pada Gambar 4. Walaupun lebih dari 80% dari total kapasitas PLTS terpasang merupakan PLTS skala kecil, termasuk PLTS atap, TAS dan NT menjadi dua negara bagian Australia dengan total kapasitas PLTS terpasang terendah, dengan kapasitas masing-masing 187,9 MW dan 156,7 MW. Hal ini secara umum disebabkan oleh jumlah penduduk di dua negara bagian/teritori tersebut yang termasuk paling rendah di Australia. Per September 2020, populasi TAS sebesar 541.071 orang dan NT sebesar 246.500 orang [40]. Meskipun demikian, NT menjadi teritori dengan produk negara bruto (GSP) terbesar

nomor dua yang berfokus pada bidang pertambangan setelah WA [41].

Empat dari lima PLTS skala besar/utilitas terbesar di Australia terpasang di NSW, sedangkan sisanya dibangun di wilayah QLD [39]. Lima PLTS skala besar tersebut dipaparkan pada Tabel 1.

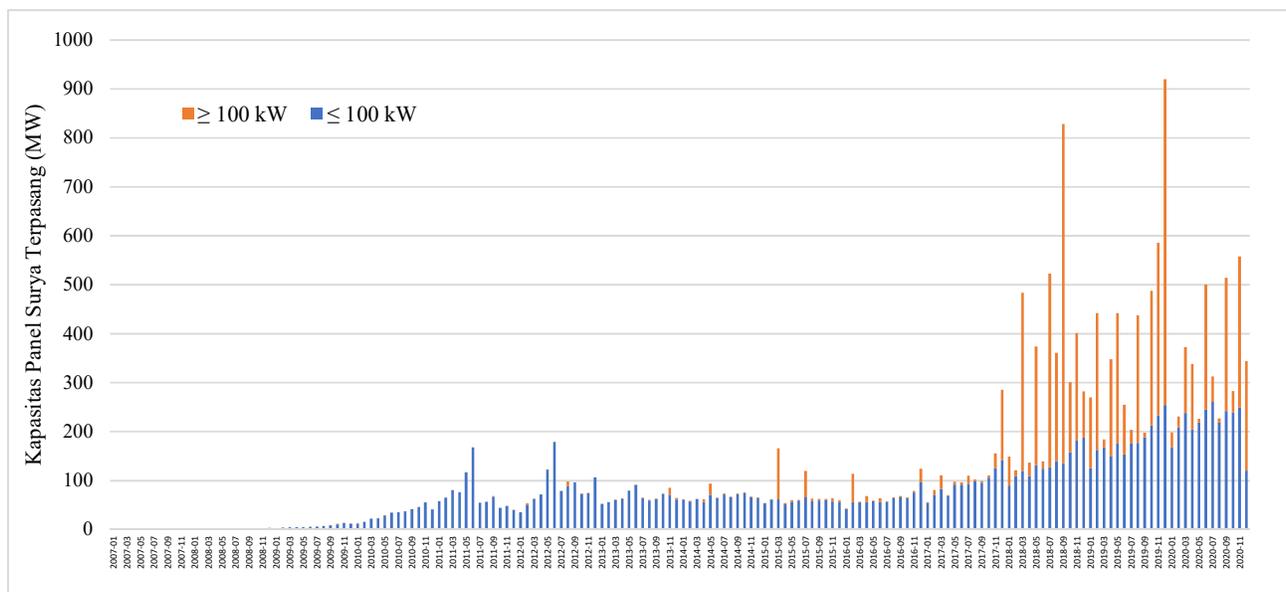
TABEL 1
LIMA PLTS SKALA BESAR DENGAN KAPASITAS TERBESAR DI AUSTRALIA

Nama PLTS	MW	Tahun	Negara Bagian
Darlington Solar Farm	332,8	2019	NSW
Limondale Solar Farm 1	306	2019	NSW
Sunraysia Solar Farm	255,38	2019	NSW
Coleambally Solar Farm	188,679	2018	NSW
Daydream Solar Farm	180,7	2018	QLD

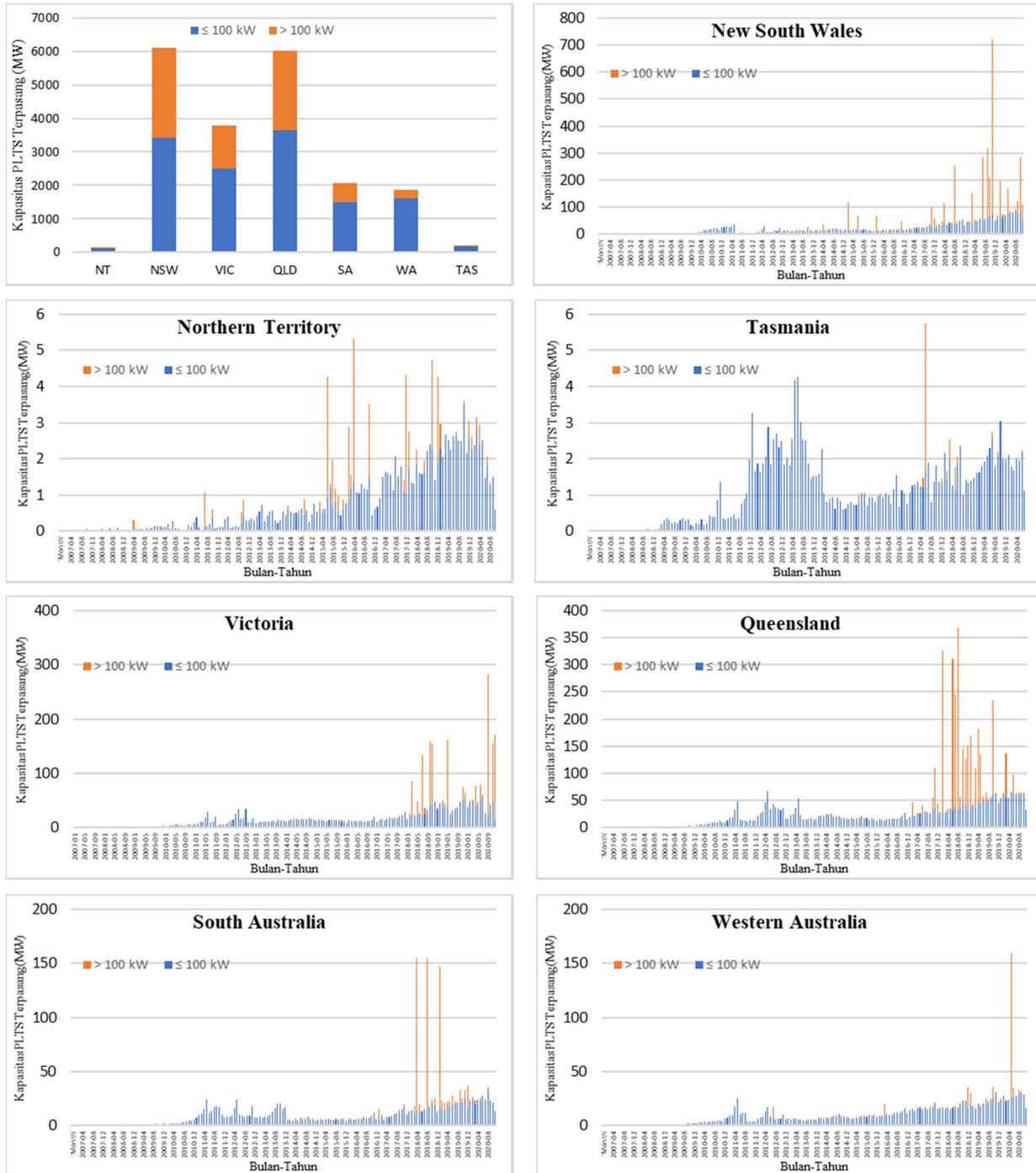
Selain New South Wales dan Queensland, negara bagian lain dan teritori di Australia memiliki PLTS dengan kapasitas terbesar di wilayahnya masing-masing, yang dijabarkan pada Tabel 2 [39].

C. Perkembangan Kebijakan dan Regulasi di Australia

Kebijakan dan regulasi memiliki peran penting dalam mengatur dan menjaga segala tindakan dalam suatu negara



Gambar 3: Kapasitas PLTS skala kecil dan skala besar di Australia per bulan sejak tahun 2007



Gambar 4: Kapasitas total dan laju instalasi PLTS skala kecil dan skala besar tiap negara bagian per bulan sejak tahun 2007

guna mencapai target atau tujuan yang telah ditentukan. Australia menjadi salah satu negara yang berkomitmen dalam upaya menahan laju perubahan iklim dengan melakukan transisi pemanfaatan energi fosil menjadi energi bersih. Komitmen tersebut didukung dengan efektivitas penerapan kebijakan dan regulasi pada tingkat federal hingga negara bagian (*states*) [42]. Sejak ditetapkannya MRET pada April 2001, beberapa kebijakan dan regulasi telah dilaksanakan yang

Giusna Dipankara Kusnandar: Pengaruh Kebijakan, Regulasi, dan...

disesuaikan dengan perkembangan teknologi dan pencapaian target. Kebijakan dan regulasi terkait perubahan iklim tersebut secara langsung dan tidak langsung meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pemanfaatan PLTS, sehingga membantu mewujudkan target Australia mengenai perubahan iklim serta energi bersih dan terbarukan.



TABEL II
PLTS SKALA BESAR DENGAN KAPASITAS TERBESAR PADA TIAP NEGARA
BAGIAN

Nama PLTS	MW	Tahun	Negara Bagian
Darwin Airport Solar Plant	4	2016	NT
Royalla Solar Farm	20	2014	ACT
Darlington Point Solar Farm	332,8	2019	NSW
Numurkah Solar Farm	122	2019	VIC
Daydream Solar Farm	180,7	2018	QLD
Bungala Two Solar Farm	137,97	2018	SA
Merredin Solar	131,96	2020	WA
Whitemark Power Station	4,1	2017	TAS

Terdapat lebih dari 15 kebijakan dan regulasi yang ditetapkan dan diterapkan untuk secara langsung dan tidak langsung menstimulasi peran aktif masyarakat dalam penggunaan energi terbarukan—khususnya PLTS—oleh Pemerintah Australia baik pada tingkat federal maupun negara bagian [43]. Gambar 5 menunjukkan *timeline* kebijakan dan regulasi BET/PLTS di Australia.

MRET merupakan skema Pemerintah Federal untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan guna merespon perubahan iklim. MRET mulai diterapkan pada tanggal 1 April 2001 dengan ditetapkannya Undang-Undang Energi Terbarukan (Listrik) tahun 2000 yang mencantumkan tanggung jawab hukum pada pembeli grosir listrik untuk berkontribusi terhadap pemanfaatan energi terbarukan pada target capaian bauran listrik sebesar 9.500 GWh per tahun hingga tahun 2010 dan mempertahankannya hingga tahun 2020 [44]. Untuk mencapai tujuan tersebut, ditetapkan *Renewable Energy Certificate* (REC) yang mewakili 1 MWh untuk saling diperdagangkan [45]. Pada Agustus 2009, Pemerintah Federal Australia melakukan revisi dengan meningkatkan target kontribusi energi terbarukan dari 9.500 GWh menjadi 41.000 GWh, lalu diturunkan menjadi

33.000 GWh pada tahun 2020. Sejalan dengan perubahan target tersebut, MRET direvisi menjadi RET pada 1 Januari 2011 yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu LRET dan SRES. Jenis insentif melalui sertifikat energi juga dibagi menjadi dua, yaitu LGC dan STC [19].

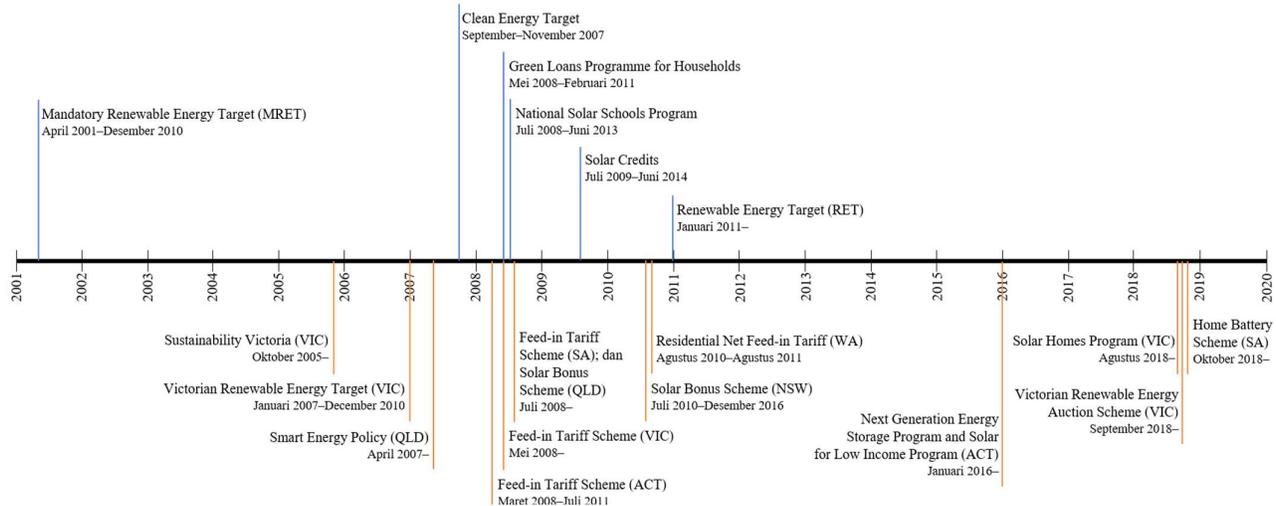
Selain RET, Pemerintah Federal Australia juga menetapkan target energi terbarukan lain pada tanggal 23 September 2007, yaitu *National Clean Energy Target* (CET) atau Target Energi Bersih Nasional. CET disusun untuk menyederhanakan sistem birokrasi dan menjadi target energi rendah emisi tunggal yang komprehensif sebesar 30.000 GWh per tahun pada tahun 2020. Namun perubahan dilakukan oleh Pemerintah Federal Australia sehingga kebijakan ini akhirnya dibatalkan pada November 2007 [46].

Green Loans Programme atau Program Pinjaman Hijau merupakan kebijakan Pemerintah Federal Australia ditujukan kepada masyarakat untuk memperoleh pinjaman dalam upaya pemanfaatan energi terbarukan yang ditetapkan pada Mei 2008. Program pemerintah ini memberikan fasilitas jasa kepada masyarakat dengan memberikan pinjaman berbunga rendah hingga AUD 10.000 serta audit energi rumah tangga. Selain itu, terdapat komponen *Green Reward* berupa pemberian insentif sebesar AUD 50 bagi pemilik rumah yang telah melaksanakan audit energi [47].

Selain pemberian insentif secara langsung, Pemerintah Federal Australia juga melakukan investasi dini melalui pendidikan sekolah dasar hingga menengah. *National Solar Schools Program* menjadi kebijakan pemberian dana kepada sekolah agar dapat memasang sistem energi terbarukan, salah satunya adalah PLTS atap. Pemasangan PLTS atap tersebut secara tidak langsung membantu mendidik siswa mengenai urgensi energi terbarukan dan efisiensi energi dalam mengatasi permasalahan iklim [48].

Skema *Solar Credits* menjadi bagian dari MRET dan berlanjut pada RET. *Solar Credits* memberikan subsidi modal pemasangan PLTS skala kecil, dalam bentuk kredit berlipat ganda untuk sejumlah listrik dihasilkan. Kredit berlipat ganda diterapkan pada PLTS dengan kapasitas minimal 1,5 kW untuk sistem *on-grid* atau 10 kW untuk sistem *off-grid* [49].

Target Pemerintah Federal Australia mengenai pemanfaatan energi terbarukan melalui RET ditindaklanjuti oleh negara-



Gambar 5: Garis waktu penetapan dan penerapan kebijakan dan regulasi pemanfaatan energi terbarukan di Australia sejak 2001

negara bagian dan teritori dengan menetapkan target energi terbarukan mereka masing-masing. Enam negara bagian/teritori menargetkan capaian energi terbarukan dalam bauran energi di tahun 2020, diantaranya: SA sebesar 50%, TAS sebesar 100%; VIC sebesar 20%, NT sebesar 50%; QLD sebesar 50% 2020, dan ACT sebesar 100% dimana target ACT tersebut telah tercapai pada tahun 2019. VIC juga akan meningkatkan target tersebut sebesar 10% setiap lima tahun. WA menargetkan sebesar 70% pemanfaatan energi terbarukan di tahun 2040 [50], [51].

Negara bagian dan teritori di Australia juga telah menetapkan sejumlah kebijakan dan regulasi yang sejalan sekaligus mendukung program-program serta kebijakan dan regulasi pemerintah federal. Melalui Undang-Undang 2005 tentang *Sustainability Victoria*, Pemerintah Victoria merancang *Sustainability Victoria* sebagai lembaga kewenangan hukum dengan target nol emisi dan kestabilan ekonomi di VIC yang masih berjalan hingga sekarang. *Sustainability Victoria* memiliki kewajiban untuk memfasilitasi segala praktik ramah lingkungan di seluruh sektor ekonomi VIC [52]. Dilanjutkan dengan Pemerintah Queensland yang merilis *Smart Energy Policy* sebagai bagian dari strategi *Climate Smart 2050*. Kebijakan ini mencakup berbagai inisiatif, beberapa diantaranya merupakan skema *Feed-in Tariff* dan program pemotongan harga bagi pemanfaatan PLTS atap di masyarakat [53].

Aspek kontribusi masyarakat secara langsung merupakan hal utama dalam upaya mendukung dan mewujudkan target-target serta kebijakan dan regulasi pemerintah. Terdapat dua kebijakan utama yang diterapkan pada tingkat negara bagian untuk memastikan peran aktif masyarakat, yaitu Skema *Solar Bonus* dan *Feed-in Tariff*. QLD dan NSW menerapkan Skema *Solar Bonus* masing-masing pada tahun 2008 dan 2010. Skema ini diterapkan untuk memberikan tarif energi lebih rendah bagi

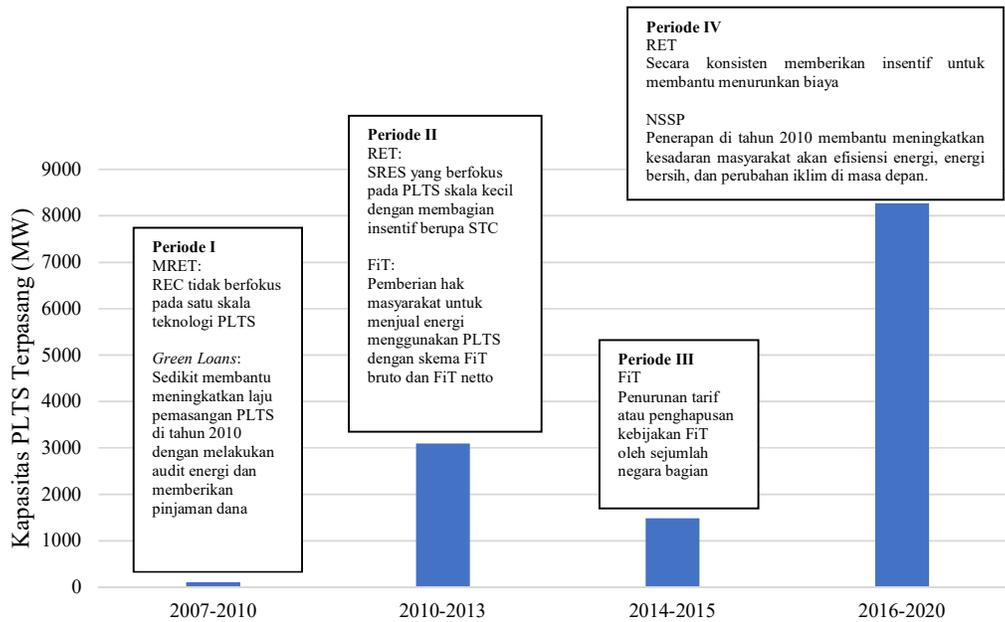
in *Tariff* juga menjadi bagian dari skema ini dimana tiap energi yang dihasilkan oleh PLTS dan dikirimkan menuju jaringan utilitas akan memperoleh AU\$ 0.44 di QLD dan AU\$ 0.6 di NSW [54], [55]. Berbeda dengan kedua negara bagian tersebut, SA, VIC, ACT, dan WA hanya menerapkan kebijakan *Feed-in Tariff* dengan tarif berkisar antara AU\$ 0.44 hingga AU\$ 0.6 per kWh [56]–[59].

Selain kedua kebijakan tersebut, terdapat pula skema-skema pendukung lainnya yang diterapkan pada negara bagian tertentu. *Next Generation Energy Storage Program* and *Solar for Low Income Program* merupakan dua program yang dijalankan Pemerintah ACT hingga saat ini dengan melakukan dukungan 5.000 sistem penyimpanan baterai dan pemberian subsidi sebesar 50% dari total biaya komponen dan pemasangan PLTS atap [60]. Skema *Homes Battery* dan Program *Solar Homes* masing-masing merupakan kebijakan Pemerintah Western Australia dan Victoria untuk memberikan subsidi dan pinjaman berbunga rendah guna membantu membayar sistem baterai dan PLTS atap [61], [62].

D. Pengaruh Kebijakan dan Regulasi pada PLTS Australia

Berdasarkan Gambar 3, tingkat laju pemasangan PLTS skala kecil atau atap di Australia terbagi menjadi empat periode berbeda. Periode-periode tersebut secara berurutan terjadi pada rentang waktu 2001–2010, 2010–2013, 2014–2015, dan 2016–2020. Keempat periode tersebut berkaitan erat dengan perubahan-perubahan kebijakan dan regulasi yang terjadi pada tingkat federal maupun negara bagian. Total kapasitas PLTS terpasang pada tiap periode ditampilkan pada Gambar 6.

Periode pertama pada tahun 2001–2010 menunjukkan laju pemasangan PLTS paling rendah diantara ketiga periode selanjutnya. Hal ini terjadi karena minimnya kebijakan pemerintah federal maupun negara bagian yang mampu mempengaruhi keterlibatan masyarakat untuk melakukan



pelanggan atau masyarakat yang memasang PLTS atap. *Feed-*

pemasangan PLTS skala kecil atau atap. Pengalokasian

Gambar 6: Hubungan kebijakan dan regulasi terhadap peningkatan kapasitas PLTS di Australia



Renewable Energy Certificate (REC) dalam kebijakan MRET yang setara dengan penghasilan energi sebesar 1 MWh digunakan dan diberikan kepada pemilik pembangkit listrik, termasuk PLTS. REC digunakan untuk mengklaim insentif tunai. Proses administrasi dalam penerapan MRET yang cukup rumit, ditambah dengan aplikasi REC yang tidak spesifik, hingga minimnya dukungan kebijakan-kebijakan terkait dari negara bagian juga menjadi alasan rendahnya rata-rata tingkat pemasangan PLTS di tiap negara bagian, yaitu di bawah 1 MW per bulan. Hal ini menyebabkan rata-rata pemasangan PLTS di Australia sejak April 2001 hanya 3 MW per bulan dan hanya mencapai total sebesar 109,8 MW dalam kurun waktu 10 tahun. Meskipun demikian, target energi terbarukan yang ditetapkan dalam MRET telah tercapai.

Selain MRET, Pemerintah Federal Australia juga menerapkan dua kebijakan lain pada tahun 2008, yaitu *Green Loans Programme for Households* dan *National Solar Schools Program* (NSSP). Fase awal penerapan kebijakan *Green Loans Programme* kurang begitu baik dilihat dari sisi peningkatan kapasitas PLTS skala kecil terpasang. Hal tersebut terjadi akibat kurang terstrukturnya sisi pelaksanaan dan administrasi sehingga menghambat distribusi laporan hasil audit energi, yang secara langsung menyebabkan rendahnya laju aliran dana pinjaman hijau atau *Green Loans*. Namun perubahan dan perbaikan yang dilakukan di awal tahun 2010 dinilai berhasil mendistribusikan laporan-laporan hasil audit energi. Sehingga membantu masyarakat dalam penghematan energi dan pemasangan pembangkit energi terbarukan, khususnya PLTS atap, hingga akhir tahun 2010 [63].

Pemerintah Federal Australia melalui kebijakan NSSP atau Program Sekolah Tenaga Surya Nasional menargetkan pemberian dana hibah hingga USD 50,000 (berubah menjadi USD 15,000) tiap sekolah untuk 9500 sekolah, yang berbasis pengajuan hibah kompetitif. Pengajuan hibah sekolah dibuka melalui tiga gelombang, yaitu pada 15 Juli–20 Agustus 2010, 1 Agustus–30 September 2011, dan 13 Februari–18 Mei 2012. Setelah lima tahun berjalan, kebijakan ini berhasil membantu merealisasikan lebih dari 4600 proyek dan secara langsung berpartisipasi terhadap peningkatan kapasitas PLTS skala kecil atau atap terpasang [64]. Selain itu, kebijakan ini secara tidak langsung juga memberikan dampak positif terhadap peningkatan kesadaran penduduk usia muda mengenai penghematan energi, perubahan iklim, dan edukasi akan pentingnya pemanfaatan energi terbarukan. Berdasarkan penelitian terdahulu [65], ditunjukkan bahwa penduduk usia muda cenderung memahami urgensi perubahan iklim dan pemanfaatan energi terbarukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sehingga kebijakan Pemerintah Federal Australia ini akan memberikan dampak signifikan kepada peningkatan kapasitas PLTS di tahun-tahun mendatang.

Pada periode kedua, terlihat peningkatan signifikan terhadap laju pemasangan PLTS di Australia. Beragam permasalahan pada penerapan MRET mendorong Pemerintah Federal Australia untuk merevisi kebijakan tersebut menjadi RET yang resmi diterapkan pada 1 Januari 2011. Perubahan MRET menjadi RET dilakukan dengan membagi target menjadi dua berdasarkan skala teknologi yang digunakan, yaitu LRET dan SRES. SRES diterapkan dengan membagikan STC untuk setiap 1 MWh energi dihasilkan sebagai insentif dana modal. Bersama dengan RET, diterapkan pula kebijakan *Solar Credits*

sebagai kebijakan pendukung untuk memberikan insentif modal tambahan dengan melakukan penggandaan STC. Berdasarkan [66], *Solar Credits* hanya melakukan penggandaan STC hingga pertengahan tahun 2015 dalam tiga periode pendaftaran, yaitu pada 9 Juni 2009–30 Juni 2011 untuk penggandaan 5x, 1 Juli 2011–30 Juni 2012 untuk penggandaan 3x, dan 1 Juli 2012–31 Desember 2012 untuk penggandaan 2x. Masyarakat yang telah melakukan pemasangan PLTS skala kecil atau atap maksimal satu tahun sebelum waktu pendaftaran ditutup berhak memperoleh penggandaan STC. Penerapan SRES sebagai subsidi modal awal yang mengurangi harga pembelian, dengan rumah tangga membayar harga untuk instalasi mereka setelah dikurangi dengan subsidi SRES [67] membantu meningkatkan laju pemasangan PLTS di Australia. Hal ini didukung dengan [68] yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan berbanding lurus antara modal awal dengan tingkat aplikasi PLTS skala kecil atau atap pada suatu daerah, terutama pada penduduk dengan kondisi ekonomi menengah ke bawah.

Selain itu, pada periode ini diterapkan pula kebijakan *Feed-in Tariff* (FiT) oleh sejumlah negara bagian di Australia. FiT beroperasi dengan memberikan kesempatan pada masyarakat pengguna PLTS skala kecil atau atap untuk menjual energi terbangkitkan kepada *retailer* sesuai dengan tarif yang telah ditentukan. Kebijakan ini pertama kali diterapkan di Australia oleh ACT pada Maret 2008. Terdapat dua jenis FiT yang diterapkan, diantaranya FiT netto (*net*) dan bruto (*gross*). FiT netto memberikan hak kepada masyarakat untuk menjual kelebihan energi yang dihasilkan PLTS. Sedangkan FiT bruto menyebabkan masyarakat menerima pembayaran untuk setiap energi yang dihasilkan PLTS mereka. Secara umum, negara bagian di Australia menerapkan kebijakan FiT netto dibandingkan dengan FiT bruto. Perbedaan pemanfaatan FiT bruto dan netto itu terlihat dari perubahan intensitas pemanfaatan energi sisi konsumen dan tingkat perubahan harga tarif listrik. Untuk kasus bruto yang sempat diterapkan oleh ACT [69] dan NSW [70], masyarakat akan memperoleh keuntungan FiT sangat besar karena semua energi terbangkitkan termasuk dalam syarat FiT, namun menyebabkan peningkatan tagihan listrik yang signifikan. Sedangkan untuk kasus FiT netto, konsumen akan cenderung melakukan penghematan penggunaan energi listrik agar dapat memaksimalkan ekspor energi yang dibangkitkan PLTS dan hanya terjadi peningkatan kecil terhadap tarif listrik utilitas [71]. Ditemukan pula bahwa penerapan FiT oleh negara-negara bagian dilakukan dengan penyesuaian tarif FiT yang terus menurun seiring berjalannya waktu. Tingkat tarif FiT berbanding lurus dengan tarif listrik utilitas, sehingga penerapan FiT secara tidak langsung akan menyebabkan peningkatan harga listrik dari utilitas jika tarif FiT terlalu tinggi. Sehingga FiT netto merupakan kebijakan yang tidak hanya berpengaruh kepada peningkatan kapasitas PLTS terpasang dan keseimbangan subsidi silang, namun juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi. Penurunan tarif FiT netto secara bertahap dilakukan untuk menghindari kesenjangan biaya konsumsi listrik di kalangan masyarakat, seperti yang dilakukan oleh pemerintah-pemerintah negara bagian di Australia.

Kebijakan-kebijakan yang saling mendukung antara pemerintah federal dan negara bagian tersebut menjadi

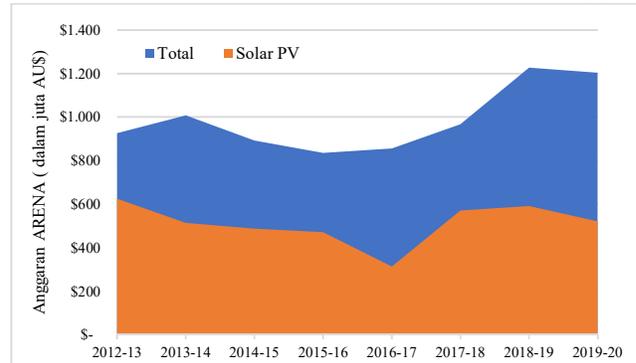
penyebab utama peningkatan drastis pada periode 2010–2013 dengan rata-rata pemasangan PLTS sebesar 64 MW per bulan.

Pada periode ketiga antara tahun 2014–2015, tingkat pemasangan sedikit menurun dan cenderung konstan pada tiap bulannya. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan rata-rata pemasangan PLTS di Australia menjadi 62 MW per bulan. Kondisi ini merupakan dampak dari penghapusan atau penurunan tarif FiT yang dilakukan beberapa negara bagian. Terlihat dari kasus ini bahwa kebijakan FiT memiliki peran penting dalam peningkatan kapasitas PLTS skala kecil atau atap, yang telah dibuktikan pada [65] dan [71]. Selain itu, kondisi ini juga membuktikan bahwa para pengguna energi di tingkat masyarakat sangat memperhatikan investasi jangka panjang, yang dilakukan dengan melakukan penghematan energi dan berfokus pada pendapatan ekspor energi ke utilitas melalui retail.

Periode 2016–2020 merupakan rentang waktu terjadinya peningkatan linier laju pemasangan PLTS skala kecil atau atap di Australia. Rata-rata laju pemasangan PLTS di Australia meningkat dua kali lipat dari periode sebelumnya. Peningkatan tertinggi terjadi di NSW (dan ACT), dengan rata-rata 39,2 MW per bulan. Disusul oleh QLD dan VIC masing-masing sebesar 35,9 MW dan 27,1 MW pada tiap bulannya. Peningkatan konstan ini terjadi karena keterlibatan tiga aspek, yaitu kebijakan RET, hasil implementasi NSSP, dan penurunan harga komponen PLTS. Walaupun tidak memberikan peningkatan eksponensial layaknya hasil dari penerapan FiT, keberlangsungan kebijakan RET dalam membagikan STC kepada masyarakat yang memenuhi syarat menyebabkan total biaya pemasangan PLTS tidak terlalu besar. Selain itu, dampak penerapan NSSP yang membantu meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya penerapan energi bersih untuk mengatasi perubahan iklim dunia. Pemasangan PLTS skala kecil atau atap yang terus meningkat ini juga berpengaruh terhadap penurunan harga sistem PLTS. Hubungan berbanding terbalik ini secara tidak langsung menyebabkan kontribusi masyarakat dalam pemasangan PLTS semakin luas, karena harga sistem yang semakin terjangkau. Dari rata-rata harga sebesar USD 15/W pada tahun 2004 hingga mencapai harga kurang dari USD 1/W pada Februari 2021 di Australia [71], [72]. Hal tersebut menjadi faktor peningkatan laju pemasangan PLTS tiap bulan di Australia dalam 5 tahun terakhir.

E. Anggaran Pemerintah Australia dalam Peningkatan Kapasitas PLTS

Selain menetapkan kebijakan dan regulasi, investasi anggaran negara juga memiliki peran sangat penting dalam mewujudkan target yang telah ditentukan. Komitmen Pemerintah Federal Australia dalam upaya meningkatkan kapasitas PLTS ditunjukkan dengan alokasi sejumlah anggaran yang tidak sedikit.



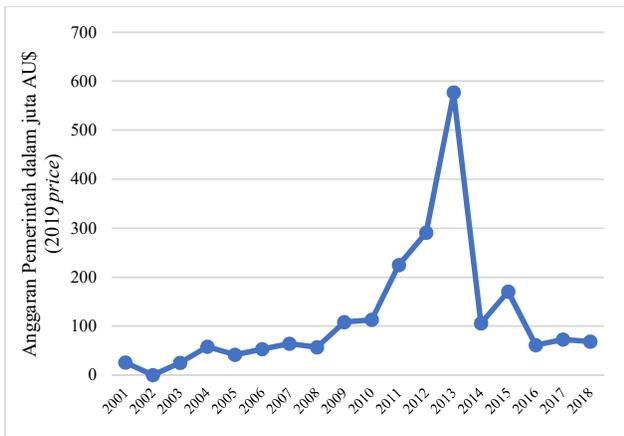
Gambar 7: Tahapan dana hibah oleh Pemerintah Australia melalui ARENA untuk proyek energi terbarukan dan PLTS yang sedang berjalan atau total dana yang dibayarkan tiap tahun

Gambar 7 menunjukkan grafik sejumlah dana hibah yang diatur, diawasi, dan teralokasikan oleh Pemerintah Federal Australia melalui Australian Renewable Energy Agency (ARENA) untuk investasi di bidang pengembangan teknologi energi terbarukan dan teknologi PLTS yang sedang berjalan dan/atau terselesaikan [73]–[80].

PLTS merupakan teknologi energi terbarukan yang menjadi fokus utama ARENA dalam 10 tahun terakhir. Ini terlihat pada pengalokasian dana hibah untuk teknologi PLTS yang jauh lebih besar dibandingkan dengan teknologi energi terbarukan lainnya. Hingga tahun 2020, ARENA telah mendistribusikan 44,35% dari total dana yang dialokasikan ARENA atau sebesar AU\$ 703 juta untuk pengembangan berbagai teknologi energi terbarukan hingga tahun 2020 [80]. Hal tersebut menunjukkan komitmen Pemerintah Australia untuk inovasi dalam meningkatkan daya saing teknologi PLTS, sehingga memberikan keuntungan bagi masyarakat dan industri energi terbarukan di Australia.

Sejumlah anggaran juga dialokasikan Pemerintah Australia guna mendukung keberlangsungan riset dan pengembangan atau litbang pemanfaatan energi surya. Gambar 8 menampilkan anggaran belanja Pemerintah Australia terhadap upaya litbang energi terbarukan setiap tahun sejak 2001 hingga 2018, kecuali data tahun 2002 yang tidak tersedia [81]. Data tersebut merupakan total pendanaan dari sembilan institusi Pemerintah Federal Australia. Tahapan anggaran tersebut bergantung kepada penyelesaian berbagai proyek jangka panjang, sehingga tahap anggaran mungkin berupa alokasi anggaran akhir atau obligasi. Pendanaan tertinggi terjadi pada tahun buku 2013 dengan total anggaran sebesar AU\$ 577 juta [81]. ARENA sebagai salah satu badan energi terbarukan pemerintah telah mengalokasikan dana sebesar 41,25% dari total pendanaan di bidang PLTS atau sekitar AU\$ 290 juta untuk lebih dari 300 proyek litbang PLTS sejak tahun 2009 di Australia [80]. Alokasi dana besar untuk litbang di bidang PLTS membantu mempercepat proses inovasi yang berfokus pada peningkatan kualitas dan efisiensi konversi energi. Tingginya efisiensi akan menyebabkan penurunan biaya per energi yang dibangkitkan dan secara langsung membantu meningkatkan keterlibatan masyarakat untuk memanfaatkan PLTS.





Gambar 8: Anggaran Pemerintah Federal Australia dalam litbang di bidang energi terbarukan

Ini menunjukkan bahwa kebijakan dan regulasi yang didukung dengan penyediaan anggaran pemerintah merupakan kombinasi penting dalam tercapainya target pemanfaatan energi terbarukan nasional yang ditetapkan di Australia.

V. KESIMPULAN

Artikel ini telah meninjau dan menganalisis pengaruh kebijakan dan regulasi pemerintah Australia pada tingkat federal dan negara bagian (*states*) terhadap peningkatan kapasitas PLTS skala kecil atau atap terpasang, serta bagaimana Pemerintah Australia mengalokasikan dana untuk mendukung tercapainya target kapasitas PLTS nasional.

Hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kebijakan dan regulasi didukung dengan kesesuaian anggaran pemerintah memiliki pengaruh konsekuensial terhadap peningkatan kapasitas PLTS dalam upaya menjalankan dan mewujudkan target energi terbarukan negara. Kondisi ini secara eksplisit terlihat pada empat periode perubahan kebijakan, regulasi, serta jumlah anggaran pemerintah. Dimulai dengan kebijakan federal MRET, lalu terjadi peningkatan drastis kapasitas PLTS setelah ditetapkannya kebijakan FiT di tiap negara bagian. Penghapusan atau pengurangan harga listrik FiT pada periode ketiga mengakibatkan laju pemasangan PLTS menurun kembali ke tingkat laju sebelum FiT diterapkan. Namun, besarnya alokasi anggaran pemerintah untuk pemanfaatan dan litbang PLTS berimplikasi terhadap keberlanjutan pemberian insentif melalui kebijakan SRES kembali memberikan dampak baik terhadap perkembangan kapasitas PLTS. Selain itu, meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya pemanfaatan energi terbarukan hingga harga sistem PLTS yang kian menurun menimbulkan kemudahan bagi seluruh masyarakat secara finansial untuk berpartisipasi dalam penggunaan PLTS. Sehingga, kapasitas PLTS terus meningkat linier dalam 5 tahun terakhir.

Komitmen Australia dalam mengurangi penggunaan energi fosil dan beralih secara bertahap menuju pemanfaatan energi terbarukan dapat memberikan gambaran terhadap keberlangsungan kebijakan, regulasi, dan alokasi anggaran dalam konteks target dan kemajuan PLTS di Indonesia. Kebijakan dan regulasi terfokus kepada partisipasi masyarakat langsung yang didorong dengan berbagai insentif finansial terbukti mampu memberikan hasil positif. Hal ini sejalan

dengan hasil penelitian [82] yang menunjukkan pemasangan PLTS oleh masyarakat langsung merupakan langkah untuk mewujudkan target bauran energi terbarukan negara. Sehingga, target realistis yang bertahap, kebijakan dan regulasi yang terstruktur, kesesuaian anggaran, serta edukasi berkelanjutan kepada masyarakat merupakan aspek-aspek penting yang bisa diadopsi di Indonesia guna mempercepat realisasi target kapasitas PLTS nasional serta memberikan kontribusi signifikan terhadap pengurangan gas emisi karbon dioksida.

REFERENSI

- [1] Australian Government, "Our country," 2020. <https://info.australia.gov.au/about-australia/our-country> (accessed Dec. 05, 2020).
- [2] C. F. Pain, B. J. Pillans, L. Worrall, and J. R. Wilford, "Old, Flat and Red —Australia's Distinctive Landscape," in *Shaping a Nation: A Geology of Australia*, 2012, pp. 227–275.
- [3] Australian Government, "The Australian continent," 2020. <https://info.australia.gov.au/about-australia/our-country/the-australian-continent> (accessed Dec. 05, 2020).
- [4] Geoscience Australia, "Deserts," 2020. <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/national-location-information/landforms/deserts> (accessed Dec. 05, 2020).
- [5] R. Blewett, Ed., *Shaping a Nation: A Geology of Australia*. ANU Press, 2012.
- [6] Commonwealth Bureau of Meteorology, "Australian Climate Averages - Climate classifications," 2016. http://www.bom.gov.au/jsp/ncc/climate_averages/climate-classifications/index.jsp (accessed Dec. 05, 2020).
- [7] Commonwealth Bureau of Meteorology, "Australian Climate Averages - Sunshine Hours," 2016. http://www.bom.gov.au/jsp/ncc/climate_averages/sunshine-hours/index.jsp?period=an#maps (accessed Dec. 05, 2020).
- [8] Commonwealth Bureau of Meteorology, "Australian Climate Averages - Solar exposure," 2020. http://www.bom.gov.au/jsp/ncc/climate_averages/solar-exposure/index.jsp (accessed Dec. 05, 2020).
- [9] Australian Bureau of Statistics, "National, state and territory population, March 2020," Mar. 2020. <https://www.abs.gov.au/statistics/people/population/national-state-and-territory-population/mar-2020> (accessed Dec. 05, 2020).
- [10] World Bank, "GDP (current US\$) - Australia," 2020. <https://data.worldbank.org> (accessed Dec. 05, 2020).
- [11] World Bank, "GDP per capita (current US\$) - Australia," 2020. <https://data.worldbank.org/> (accessed Dec. 05, 2020).
- [12] S. T. Chen, H. I. Kuo, and C. C. Chen, "The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian countries," *Energy Policy*, vol. 35, no. 4, pp. 2611–2621, Apr. 2007, doi: 10.1016/j.enpol.2006.10.001.
- [13] Australian Energy Regulator, "Annual Electricity Consumption (NEM)," 2020. <https://www.aer.gov.au/wholesale-markets/wholesale-statistics/annual-electricity-consumption-nem> (accessed Dec. 05, 2020).
- [14] Clean Energy Council, "Clean Energy Australia Report 2018," Melbourne, 2018. [Online]. Available: <https://assets.cleanenergycouncil.org.au/documents/resources/reports/clean-energy-australia/clean-energy-australia-report-2018.pdf>.
- [15] Clean Energy Council, "Clean Energy Australia Report 2019," Melbourne, 2019. [Online]. Available: <https://assets.cleanenergycouncil.org.au/documents/resources/reports/clean-energy-australia/clean-energy-australia-report-2019.pdf>.
- [16] Clean Energy Council, "Clean Energy Australia Report 2020," Melbourne, 2020. [Online]. Available: <https://assets.cleanenergycouncil.org.au/documents/resources/reports/clean-energy-australia/clean-energy-australia-report-2020.pdf>.
- [17] R. Egan, E. Kallmier, O. Ashby, L. Koschier, and R. Passey, "PV in Australia Report 2019," 2020. [Online]. Available: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/09/NSR_Australia-2019.pdf.
- [18] Australian Renewable Energy Agency, "Australian PV Institute (APVI) Solar Map, funded by the Australian Renewable Energy Agency," 2020. pv-map.apvi.org.au (accessed Dec. 05, 2020).
- [19] Clean Energy Regulator, "History of the scheme," 2016. <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/RET/About-the-Renewable-Energy-Target/History-of-the-scheme> (accessed Dec. 05, 2020).
- [20] Clean Energy Regulator, "About the Renewable Energy Target," 2018. <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/RET/About-the-Renewable-Energy-Target> (accessed Dec. 05, 2020).

- [21] IESR, "Indonesia Clean Energy Outlook: Tracking Progress and Review of Clean Energy Development in Indonesia," Jakarta, 2019. [Online]. Available: www.iesr.or.id.
- [22] A. A. G. A. Pawitra Putra, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, "Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, pp. 181–188, Dec. 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i02.p09.
- [23] Australian House of Representatives, "Infosheet 20 - The Australian System of Government," 2020. https://www.aph.gov.au/About_Parliament/House_of_Representatives/Powers_practice_and_procedure/00_-_Infosheets/Infosheet_20_-_The_Australian_system_of_government (accessed Jan. 25, 2021).
- [24] Parliamentary Education Office, "Australian System of Government," 2020. <https://peo.gov.au/understand-our-parliament/how-parliament-works/system-of-government/australian-system-of-government/> (accessed Jan. 25, 2021).
- [25] Parliamentary Education Office, "Three levels of government: governing Australia," 2020. <https://peo.gov.au/understand-our-parliament/how-parliament-works/three-levels-of-government/three-levels-of-government-governing-australia/> (accessed Jan. 25, 2021).
- [26] Energy Facts Australia, "Australia's Energy System," 2018. <https://www.energyfactsaustralia.org.au/explainers/australias-energy-system/> (accessed Jan. 26, 2021).
- [27] Australian Energy Market Commission, "Electricity supply chain," 2021. <https://www.aemc.gov.au/energy-system/electricity/electricity-system/electricity-supply-chain> (accessed Jan. 26, 2021).
- [28] Australian Energy Market Operator, "AEMO | Who we are," 2020. <https://aemo.com.au/about/who-we-are> (accessed Jan. 26, 2021).
- [29] Australian Energy Market Operator, "Fact Sheet The Wholesale Electricity Market (WEM) Western Australia," Melbourne, 2018. [Online]. Available: https://www.aemo.com.au/-/media/Files/About_AEMO/About_The_Industry/Wholesale-Electricity-Market-Fact-Sheet.pdf.
- [30] Australian Government, "Electricity generation," 2020. <https://www.energy.gov.au/data/electricity-generation> (accessed Jan. 27, 2021).
- [31] United Nations Framework Convention on Climate Change, "Australia." <https://unfccc.int/node/28580> (accessed Jan. 28, 2021).
- [32] The Parliament of the Commonwealth of Australia, "Paris climate agreement: a quick guide," 2017. https://www.aph.gov.au/About_Parliament/Parliamentary_Departments/Parliamentary_Library/pubs/rp/rp1718/Quick_Guides/ParisAgreement (accessed Jan. 28, 2021).
- [33] Australian Government, "National Energy Productivity Plan," 2020. <https://www.energy.gov.au/government-priorities/energy-productivity-and-energy-efficiency/national-energy-productivity-plan> (accessed Jan. 29, 2021).
- [34] Australian Government, "National Energy Productivity Plan 2015–2030," Canberra, 2015. [Online]. Available: <http://www.scer.gov.au/workstreams/energy-market-reform/national-energy-productivity-plan/>.
- [35] Australian Government, "Renewable Energy Target scheme," 2020. <https://www.industry.gov.au/funding-and-incentives/renewable-energy-target-scheme> (accessed Jan. 29, 2021).
- [36] Geoscience Australia, "Solar Energy," 2021. <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/energy/resources/other-renewable-energy-resources/solar-energy> (accessed Feb. 03, 2021).
- [37] Commonwealth Bureau of Meteorology, "Australian Climate Averages - Relative humidity (9am and 3pm) maps," 2016. http://www.bom.gov.au/jsp/ncc/climate_averages/relative-humidity/index.jsp (accessed Feb. 03, 2021).
- [38] Commonwealth Bureau of Meteorology, "Climate Maps - Solar Exposure Latest," 2021. <http://www.bom.gov.au/jsp/awap/solar/index.jsp> (accessed Feb. 03, 2021).
- [39] Australian Renewable Energy Agency, "Australian PV Institute (APVI) Solar Map, funded by the Australian Renewable Energy Agency," 2021. pv-map.apvi.org.au (accessed Mar. 02, 2021).
- [40] Australian Bureau of Statistics, "National, state and territory population, September 2020," Mar. 18, 2021. <https://www.abs.gov.au/statistics/people/population/national-state-and-territory-population/latest-release> (accessed Apr. 08, 2021).
- [41] Australian Bureau of Statistics, "Australian National Accounts: State Accounts, 2019–20," Nov. 20, 2020. <https://www.abs.gov.au/statistics/economy/national-accounts/australian-national-accounts-state-accounts/2019-20> (accessed Apr. 10, 2021).
- [42] R. Ferroukhi, P. Frankl, and C. Lins, "Renewable Energy Policies in a Time of Transition," Abu Dhabi, 2018. [Online]. Available: www.irena.org.
- [43] International Energy Agency, "Policy database of Australia – Data & Statistics," 2020. <https://www.iea.org/policies?country=Australia> (accessed Mar. 29, 2021).
- [44] Australian Government, "Mandatory Renewable Energy Target Review - Home Page," 2004. <https://web.archive.org/web/20091024032027/http://mretreview.gov.au/> (accessed Mar. 29, 2021).
- [45] Australian Government, "Office of the Renewable Energy Regulator (ORER)," 2009. <https://web.archive.org/web/20091024092019/http://orer.gov.au/> (accessed Mar. 29, 2021).
- [46] Australian Government, "Clean Energy Target," 2007. <https://web.archive.org/web/20071014052139/http://www.greenhouse.gov.au/energy/cet/index.html> (accessed Mar. 29, 2021).
- [47] International Energy Agency, "Green Loans Programme for Households," 2017. <https://www.iea.org/policies/450-green-loans-programme-for-households> (accessed Mar. 29, 2021).
- [48] Australian Government, "National Solar Schools Program," 2008. <https://web.archive.org/web/20140330114159/http://ee.ret.gov.au/energy-efficiency/grants/national-solar-schools-program> (accessed Mar. 29, 2021).
- [49] International Energy Agency, "Solar Credits," 2020. <https://www.iea.org/policies/4868-solar-credits> (accessed Mar. 29, 2021).
- [50] REN21, "Renewable 2020 Global Status Report," Paris, 2020. [Online]. Available: <https://www.ren21.net/gsr-2020/>.
- [51] Clean Energy Council, "Western Australia planning for a future built on renewables," 2020. <https://www.cleanenergycouncil.org.au/news/western-australia-planning-for-a-future-built-on-renewables> (accessed Mar. 30, 2021).
- [52] Victoria State Government, "Sustainability Victoria Act 2005," 2005. <https://www.legislation.vic.gov.au/in-force/acts/sustainability-victoria-act-2005/001> (accessed Mar. 30, 2021).
- [53] International Energy Agency, "Queensland Smart Energy Policy," 2019. <https://www.iea.org/policies/4727-queensland-smart-energy-policy> (accessed Mar. 30, 2021).
- [54] Queensland Government, "Solar Bonus Scheme," 2013. <https://web.archive.org/web/20130813014050/http://www.dews.qld.gov.au/energy-water-home/electricity/solar-bonus-scheme> (accessed Mar. 30, 2021).
- [55] Government of New South Wales, "The solar bonus scheme is closed," 2019. <https://energysaver.nsw.gov.au/households/solar-and-battery-power/solar-bonus-scheme-closed> (accessed Mar. 30, 2021).
- [56] Government of South Australia, "Solar feed-in payments," 2018. <https://www.sa.gov.au/topics/energy-and-environment/energy-bills/solar-feed-in-payments> (accessed Mar. 31, 2021).
- [57] Victoria State Government, "Victorian Feed-in Tariff Schemes," 2013. <https://web.archive.org/web/20131001031629/http://www.energyandrenewables.vic.gov.au/energy/environment-and-community/victorian-feed-in-tariff-schemes> (accessed Apr. 01, 2021).
- [58] Australian Capital Territory Government, "Rooftop solar - Environment, Planning and Sustainable Development Directorate - Environment," 2020. https://www.environment.act.gov.au/energy/cleaner-energy/rooftop_solar (accessed Apr. 01, 2021).
- [59] International Energy Agency, "Residential Net Feed-in Tariff for Western Australia," 2020. <https://www.iea.org/policies/4925-residential-net-feed-in-tariff-for-western-australia> (accessed Apr. 01, 2021).
- [60] Australian Capital Territory Government, "Assistance, rebates and subsidies for households and businesses - Actsmart," 2020. <https://www.actsmart.act.gov.au/energy-saving/rebatessubsidies> (accessed Apr. 02, 2021).
- [61] Government of South Australia, "South Australia's Home Battery Scheme," 2021. <https://homebatteryscheme.sa.gov.au/about-the-scheme> (accessed Apr. 02, 2021).
- [62] Victoria State Government, "Solar Homes Program | Solar Victoria," 2021. <https://www.solar.vic.gov.au/> (accessed Apr. 02, 2021).
- [63] Australian National Audit Office, "Green Loans Program," Canberra, 2010. [Online]. Available: https://www.anao.gov.au/sites/g/files/net1661/f/ANAO_Report_2010-2011_9.pdf.
- [64] Australian National Audit Office, "Management of the National Solar Schools Program," Canberra, 2011. [Online]. Available: <https://www.anao.gov.au/work/performance-audit/management-national-solar-schools-program>.
- [65] K. K. Zander, G. Simpson, S. Mathew, R. Nepal, and S. T. Garnett, "Preferences for and potential impacts of financial incentives to install residential rooftop solar photovoltaic systems in Australia," *Journal of*



- Cleaner Production*, vol. 230, pp. 328–338, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.133.
- [66] Australian Government, “Solar Credits—frequently asked questions (FAQs),” Nov. 02, 2011. <https://web.archive.org/web/20120701100550/http://www.climatechange.gov.au/government/initiatives/renewable-target/need-ret/solar-credits-faq.aspx> (accessed Apr. 20, 2021).
- [67] R. Best, P. J. Burke, and S. Nishitatenno, “Evaluating the effectiveness of Australia’s Small-scale Renewable Energy Scheme for rooftop solar,” *Energy Economics*, vol. 84, pp. 1–11, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.eneco.2019.104475.
- [68] R. Best and S. Trück, “Capital and policy impacts on Australian small-scale solar installations,” *Energy Policy*, vol. 136, pp. 1–10, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.enpol.2019.111082.
- [69] ActewAGL, “Changes to ActewAGL Solar Buyback scheme 1 July 2013 – FAQs,” 2013. <https://web.archive.org/web/20130623054251/http://www.actewagl.com.au/Product-and-services/Offers-and-prices/Prices/Residential/ACT/Feed-in-schemes/ActewAGL-Solar-buyback-scheme/Transition-to-net-metering.aspx> (accessed Apr. 19, 2021).
- [70] L. Poruschi, C. L. Ambrey, and J. C. R. Smart, “Revisiting feed-in tariffs in Australia: A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 260–270, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.09.027.
- [71] A. J. Chapman, B. McLellan, and T. Tezuka, “Residential solar PV policy: An analysis of impacts, successes and failures in the Australian case,” *Renewable Energy*, vol. 86, pp. 1265–1279, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.renene.2015.09.061.
- [72] Solar Choice, “Residential Solar PV Price Index - April 2021 | Solar Choice,” Apr. 09, 2021. <https://www.solarchoice.net.au/blog/residential-solar-pv-price-index-april-2021/> (accessed Apr. 18, 2021).
- [73] Australian Renewable Energy Agency, “ARENA Annual Report 2012 – 13,” Canberra, 2013. [Online]. Available: https://arena.gov.au/assets/2017/02/ARENA_Annual_Report_2012-13.pdf.
- [74] Australian Renewable Energy Agency, “ARENA Annual Report 2013 – 14,” Canberra, 2014. [Online]. Available: <https://arena.gov.au/assets/2017/02/ARENA-Annual-Report-2013-14.pdf>.
- [75] Australian Renewable Energy Agency, “ARENA Annual Report 2014 – 15,” Canberra, 2015. [Online]. Available: https://arena.gov.au/assets/2017/02/Arena_Annual-Report_2014-15.pdf.
- [76] Australian Renewable Energy Agency, “ARENA Annual Report 2015 – 16,” Canberra, 2016. [Online]. Available: https://arena.gov.au/assets/2017/02/AR21288-ARENA-Accessibility-file_LR.pdf.
- [77] Australian Renewable Energy Agency, “ARENA Annual Report 2016 – 17,” Canberra, 2017. [Online]. Available: <https://arena.gov.au/assets/2017/10/2016-2017-arena-annual-report.pdf>.
- [78] Australian Renewable Energy Agency, “ARENA Annual Report 2017 – 18,” Canberra, 2018. [Online]. Available: <https://arena.gov.au/assets/2018/10/annual-report-17-18.pdf>.
- [79] Australian Renewable Energy Agency, “ARENA Annual Report 2018 – 19,” Canberra, 2019. [Online]. Available: <https://arena.gov.au/assets/2019/10/arena-annual-report-2018-19.pdf>.
- [80] Australian Renewable Energy Agency, “ARENA Annual Report 2019 – 20,” Canberra, 2020. [Online]. Available: <https://arena.gov.au/assets/2020/06/arena-annual-report-19-20.pdf>.
- [81] International Energy Agency, “Energy Technology RD&D Budgets (2020 edition),” Paris, 2020. [Online]. Available: <https://www.iea.org/statistics/rdd/>.
- [82] I. N. S. Kumara, “PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SKALA RUMAH TANGGA URBAN DAN KETERSEDIAANNYA DI INDONESIA,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 68–75, 2010, Accessed: May 10, 2021. [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JTE/article/view/1767>.