

Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal Dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh

Sura Eka Pratama Pagan^{#1}, Ira Devi Sara^{*2}, Hafidh Hasan^{#3}

[#] *Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111, Indonesia*

¹ *suraepp.13-038@elektro-unsyiah.net*

² *ira.sara@unsyiah.ac.id*

³ *hafidh.hasan@unsyiah.ac.id*

Abstrak— Pada penggunaan panel surya dalam pembangkit tenaga listrik tenaga surya (PLTS) dalam skala kecil maupun besar biasanya menggunakan panel surya jenis monokristal maupun polikristal, dikarenakan efisiensi yang tinggi, harga murah, dan produksinya besar. Penggunaan panel surya sangat tergantung pada keadaan cuaca suatu daerah, di Banda Aceh studi yang menunjukkan rekomendasi penggunaan jenis panel surya belum ada. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis panel surya sebagai rekomendasi yang diterapkan di Cuaca Banda Aceh. Sehingga hasil penelitian selama 60 hari dilakukan pengamatan yaitu dari tanggal 24 Juli 2017 sampai dengan 23 November 2017. Pada daya keluaran panel surya menunjukkan bahwa panel surya jenis monokristal menghasilkan daya keluaran yang lebih besar dari panel surya jenis polikristal dalam segala kondisi cuaca. Pada energi panel surya menunjukkan panel surya jenis monokristal menghasilkan energi lebih besar dibandingkan dengan panel surya jenis polikristal, dengan selisih energi sebesar 229 Wh. Dan dari segi biaya Rupiah per Wh, panel surya jenis monokristal memperoleh 522 Rp/Wh dan panel surya jenis polikristal memperoleh 565 Rp/Wh. Jadi, dengan segala faktor yang dilihat yaitu daya keluaran, energi, dan biaya, menunjukkan panel surya jenis monokristal direkomendasi untuk digunakan pada kondisi cuaca di Banda Aceh.

Kata Kunci— PLTS, Monokristal Silikon, Polikristal Silikon, Cuaca, Energi.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan Energi Listrik untuk wilayah Aceh masih sangat terbatas. Penyebab salah satunya ialah lebih dari 50% energi listrik di Aceh masih berasal dari Sumatera Utara. Kekurangan energi listrik menyebabkan Aceh sering terjadi pemadaman listrik bergilir. Pemanfaatan energi baru terbarukan atau *renewable energy* di Indonesia masih sangat sedikit sekitar 6,8% dari permintaan konsumsi energi listrik secara nasional [1].

Pemanfaatan energi terbarukan di Banda Aceh, seperti energi cahaya matahari sangat berpotensi untuk membangun sebuah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), dimana energi cahaya matahari yang dihasilkan tiap tahunnya sekitar 1677 kWh/m² [2]. Cuaca merupakan keadaan sifat udara di daerah tertentu yang berubah - ubah setiap saat. Sedangkan iklim yaitu rata - rata dari keadaan cuaca dengan pengambilan

data minimal 30 tahun pada sebuah teori mengatakan, tetapi untuk sekarang di Indonesia minimal 7 hari atau seminggu info dari BMKG.

Panel surya terbuat dari dua bahan silikon yang bersifat semikonduktor. Bahan pertama yaitu fosfor yang bertipe N (elektron), dan bahan kedua yaitu boron yang bertipe P (*hole*). Kemudian disatukan menjadi P-N *junction*, prinsip kerjanya adalah saat cahaya mengenai panel surya maka elektron pada tipe-N akan berlebihan muatan sehingga elektron akan berpindah ke tipe-P. Banyak elektron yang dihasilkan tergantung pada sinar cahaya matahari yang diterima panel surya [3].

Perbedaan sel surya generasi pertama antara sel surya monokristal silikon dan polikristal silikon, adalah efisiensi monokristal lebih besar dari polikristal dan biaya produksi polikristal lebih murah dari pada monokristal. Pada sel surya jenis amorphous silikon merupakan sel surya generasi yang kedua atau disebut sel surya yang tipis bagaikan kertas film, dimana sel surya ini tidak diproduksi massal dikarenakan efisiensinya yang rendah dari generasi pertama dan biaya produksi yang sangat murah [4].

Penelitian ini akan mengkaji kinerja panel surya jenis monokristal silikon dengan polikristal silikon pada kondisi suhu udara dan intensitas cahaya yang dinamik atau berubah - ubah setiap detik sesuai dengan kondisi cuaca atau atmosfer pada Banda Aceh. Pada kondisi orientasi, kedua panel surya dikondisikan dengan tetap dan diposisikan dengan sejajar. Panel surya dihadapkan ke selatan dengan sudut kemiringan panel surya yang sama yaitu sebesar 15°. Kinerja panel surya dilihat dari segi tegangan yang diukur, untuk daya dan energi yang dihasilkan panel surya dapat mencarinya dengan persamaan. Hasil yang diperoleh berupa grafik sebagai perbedaan antara panel surya jenis monokristal silikon dan polikristal silikon. Dengan tujuan agar mendapatkan jenis panel surya yang tepat di aplikasi dengan kondisi cuaca yang dinamik di Banda Aceh. Dan manfaatnya adalah agar pengguna mengetahui panel surya jenis apa yang kan digunakan sesuai kebutuhan.

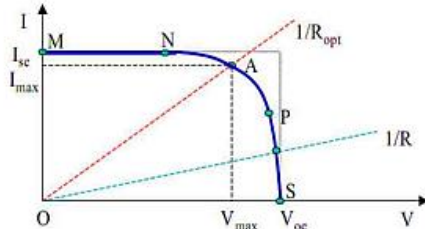
II. DASAR TEORI

A. Definisi Panel surya

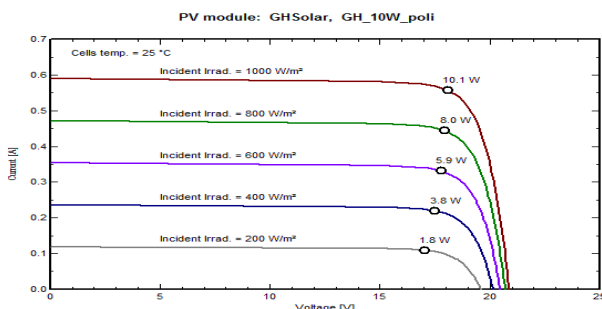
Panel surya adalah susunan sel – sel surya dijadikan satu, baik dirangkai secara seri agar mendapat tegangan yang besar dan dirangkai secara paralel agar mendapat arus yang besar. Semakin besar luas dan tebal material dari sebuah sel maka arus yang dihasilkan makin besar [5] [6]. Sel surya terbuat dari material kristal silikon, dari bahan silikon semikonduktor tipe P yaitu Boron dan tipe N yaitu Fosfor yang disatukan [5]. Penyatuan dari kedua bahan tersebut terdapat pemisah atau *junction*. Prinsip kerja sel surya merupakan fenomena fotolistrik, yaitu terjadi saat energi cahaya matahari atau foton yang menyinari sel surya yang bermuatan elektron pada tipe P akan berlebih muatan sehingga akan mendorong elektron keluar dari tipe P menuju tipe N, sehingga pada tipe P terjadi kekosongan muatan atau disebut *hole*. Saat sel surya ini akan diberikan sebuah beban, maka terjadilah sebuah aliran elektron yang mengalir ke beban, hal tersebut dinamakan arus. Banyaknya elektron yang mengalir pada beban sangat tergantung pada besarnya energi foton dihasilkan [5] [7].

B. Karakteristik Sel Surya

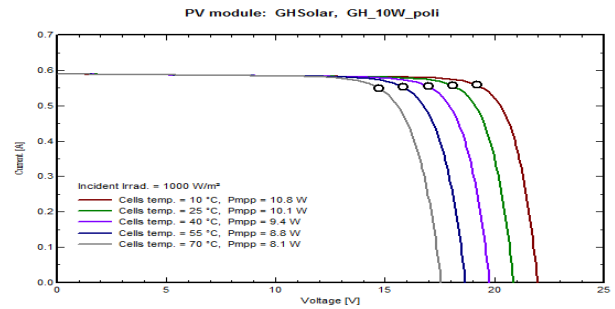
Karakteristik sel surya merupakan kurva hubungan arus dan tegangan yang dipengaruhi dari radiasi matahari dan suhu. Untuk mendapatkan daya maksimal (Wp) pada sel surya pengujian dilakukan dengan radiasi matahari pada kondisi 1000W/m² dan suhu pada kondisi 25°C sesuai *Standart Tes Condition* (STC) [6] [8]. Untuk karakteristik I-V sel surya dapat di presentasikan pada gambar 2.3 dan untuk terhadap radiasi matahari dilihat pada gambar 2.4 dan karakteristik I-V terhadap suhu dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 1 Karakteristik sel surya [6]



Gambar 2 Karakteristik I-V terhadap radiasi matahari



Gambar 3 Karakteristik I-V Terhadap Temperatur

C. Perhitungan

1. Perhitungan Daya Panel Surya

Untuk mendapatkan daya yang dihasilkan, yang perlu diketahui adalah berapa besar daya yang diterima (P_{in}) dan daya yang dihasilkan atau daya yang dikeluarkan (P_{out}) sebuah panel surya, dimana daya yang diterima panel surya (P_{in}) diperoleh dari radiasi matahari (I_r) dengan luas area dari panel surya (A) [9]. Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$P_{in} = I_r \times A \quad (2.1)$$

Pada daya yang dikeluarkan (P_{out}) diperoleh dari tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), dan faktor pengisian atau fill factor (FF) [9]. Sehingga dapat dipresentasikan dengan persamaan berikut.

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (2.2)$$

Untuk mendapatkan *Fill factor* (FF) atau faktor pengisi diperoleh dari daya maksimum dari panel surya [7]. Untuk mengetahui besarnya nilai FF dapat dihitung dengan persamaan :

$$FF = \frac{V_{maks} \times I_{maks}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2.3)$$

Efisiensi sebagai faktor persentase daya yang dihasilkan panel surya, perbandingan antara daya yang diterima (P_{in}) dan daya keluaran (P_{out}) [10]. dengan persamaan :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.4)$$

2. Perhitungan Energi Listrik

Energi listrik (W) didefinisikan yaitu banyaknya daya yang dihasilkan dalam waktu tertentu. Dan satuan energi listrik adalah joule tetapi dalam kelistrikan biasanya dipakai jumlah daya (P) dalam waktu (t) atau (watt/s). Dimana 1 joule = 1 Ws, yaitu energi listrik satu joule yang dihasilkan sama besar dengan satu daya yang dihasilkan dalam satu detik [11]. Untuk persamaan energi listrik sebagai berikut.

$$W = V \cdot I \cdot t \rightarrow W = P \cdot t \quad (2.5)$$

D. Definisi Cuaca dan Iklim

Cuaca adalah keadaan udara pada daerah tertentu yang terjadi secara singkat pada waktu tertentu yang sifatnya berubah – ubah setiap waktu. Iklim adalah kondisi rata – rata cuaca dalam waktu yang lama (minimal 30 tahun) yang sifatnya tetap dengan daerah yang lebih besar [12]. Unsur – unsur cuaca dan iklim yang berperan sangat penting adalah suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, tekanan udara, angin, waktu penyinaran matahari, dan beberapa unsur iklim pendukung lainnya. Jadi gambaran ilustrasi keadaan langit sebagai berikut.



Gambar 4 Ilustrasi keadaan langit [13]

III. METODE PENELITIAN

Langkah – langkah penelitian yang dikerjakan dalam penelitian meliputi :

A. Pemilihan Panel Surya

Pada tahapan pemilihan panel surya yang dipilih oleh peneliti yaitu monokristal silikon dan polikristal silikon dengan kapasitas sama 10Wp, merek sama GH Solar, dan kualitas sama yaitu grade A.



Gambar 5 (a) Monokristal Silikon, (b) Polikristal Silikon

Bentuk dan ukuran huruf yang direkomendasikan dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Perancangan panel surya

Pada tahapan ini perancangan dilakukan dengan merancang sistem alat pengukuran serta merancang sistem penyimpanan data alat ukur. Perancangan sistem alat pengukuran meliputi sensor tegangan, suhu, dan intensitas cahaya. Perancangan sistem penyimpanan data dengan menggunakan sistem data logger yaitu penyimpan data satu tempat penyimpanan dengan menggunakan memory micro SD card. Perancangan alat ukur bertujuan untuk mendapatkan hasil ukur yang real time atau data yang nyata setiap detik.

C. Pengelokasian Panel Surya

Tahapan ini penentuan lokasi panel yang telah dirancang kemudian ditempatkan pada lokasi lingkungan kampus Unsyiah tepatnya pada titik latitude 5.566 dan longitude 95.368. Bertujuan untuk data pengamatan cuaca yang diperoleh sesuai dengan titik koordinat. Kemiringan panel surya dengan sudut 15°, bertujuan sebagai pemeliharaan sendiri pada permukaan panel.



Gambar 6 Peta titik pengelokasian panel surya

D. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pengamatan dilakukan dari tanggal 24 Juli 2017 sampai dengan tanggal 23 November 2017. Data yang diamati dari kinerja panel surya berupa daya keluaran panel surya dan energi panel surya.

E. Analisa Data

Analisa dilakukan dengan menghitung rata – rata daya dan energi harian panel surya, kemudian ditampilkan pada sebuah grafik untuk melihat perbedaan dari kedua jenis panel surya.

F. Hasil dan Kesimpulan

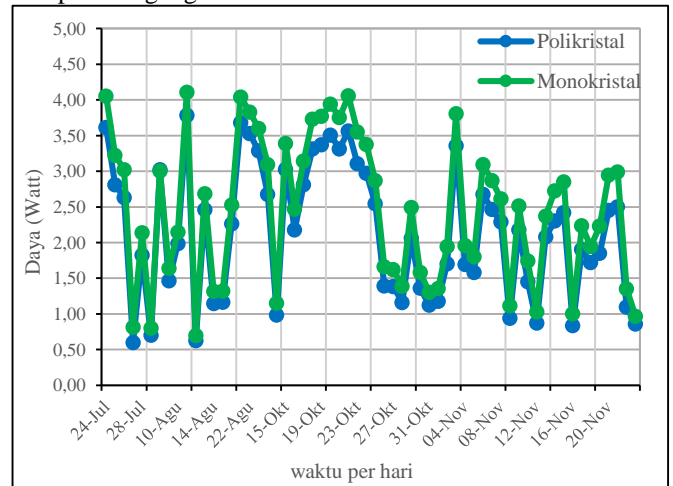
Tahapan ini adalah hasil keseluruhan penelitian yang telah diringkas, dan hasil ringkasan atau kesimpulan adalah berisikan pencapaian tujuan dari penelitian. Kemudian pencapaian tujuan penelitian disusun pada laporan yang menuliskan perkembangan dari penelitian berdasarkan data yang diperoleh

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini melihat kinerja panel surya yaitu daya keluaran panel surya dan energi yang dihasilkan panel surya.

A. Daya keluaran panel surya

Daya keluaran yang dihasilkan panel surya diperoleh dari tanggal 24 Juli 2017 sampai 23 November 2013, sehingga didapat sebagai gambar berikut.

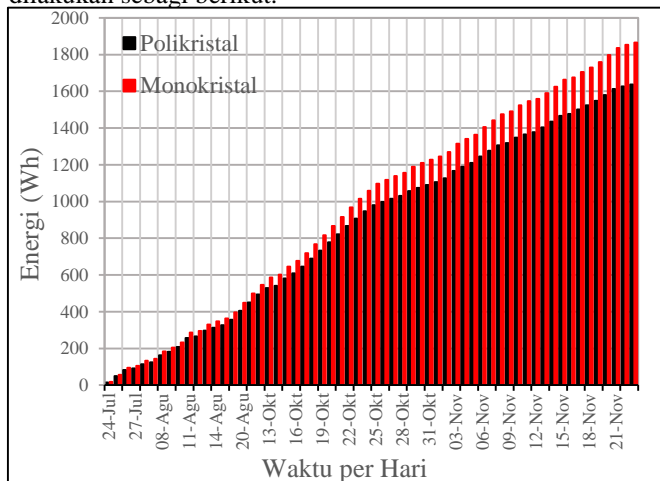


Gambar 7 Daya keluaran panel surya

Pada gambar 7 diatas menunjukkan daya keluaran yang diperoleh masing – masing panel surya. Dapat diamati grafik hijau merupakan daya keluaran panel surya jenis monokristal dan grafik biru merupakan daya keluaran panel surya jenis polikristal, selama 60 hari dilakukan pengamatan terlihat dari grafik diatas dengan kondisi baik saat daya keluaran rata- rata harian yang dihasilkan dibawah 1Watt maupun saat keadaan cerah dengan daya keluaran rata – rata harian diatas 4 Watt, panel surya jenis monokristal menghasilkan daya keluaran yang lebih besar dibandingkan dengan panel surya jenis polikristal.

B. Energi Panel surya

Energi yang dihasilkan selama 60 hari pengamatan dilakukan sebagai berikut.



Gambar 8 Energi Panel Surya

Pada gambar 8 diatas merupakan energi yang dihasilkan panel surya selama 60 hari dilakukan pengamatan, dimana grafik merah merupakan energi yang dihasilkan panel surya jenis monokristal dan grafik hitam merupakan energi yang dihasilkan panel surya jenis polikristal. Terlihat energi yang dihasilkan panel surya jenis monokristal sebesar 1866Wh, lebih besar dibandingkan dengan energi panel surya jenis polikristal sebesar 1637Wh, selisih energi yang dimiliki sebesar 229Wh. Jadi dengan kondisi apapun selama 60 hari dilakukan pengamatan baik saat kondisi langit cerah maupun berawan panel surya jenis monokristal lebih unggul.

C. Analisa Biaya Panel Surya

Biaya investasi untuk membangun sebuah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang sederhana dengan menghitung biaya kebutuhan beban, kebutuhan kapasitas ampere *solar charger controller*, kebutuhan kapasitas Ah baterai, dan kebutuhan jumlah panel surya. Biaya tersebut dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut.

TABLE I
DATA BIAYA PERENCANAAN PEMBANGUNAN PLTS MENGGUNAKAN PANEL SURYA JENIS POLIKRISTAL

No	Deskripsi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Subtotal (Rp)
1	Lampu LED TL 10 Watt	35.000,-	1	35.000,-
2	Solar Charger Kontroler 30A	140.000,-	1	140.000,-
3	Baterai 12V 7Ah	150.000,-	2	300.000,-
4	Panel surya Jenis Polikristal	225.000,-	2	450.000,-
Total Biaya (Rp)				925.000,-
Energi yang dihasilkan (Wh)				1637
Biaya Rupiah per Wh				565

TABLE III

DATA BIAYA PERENCANAAN PEMBANGUNAN PLTS MENGGUNAKAN PANEL SURYA JENIS MONOKRISTAL

No	Deskripsi	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Subtotal (Rp)
1	Lampu LED TL 10 Watt	35.000,-	1	35.000,-
2	Solar Charger Kontroler 30A	140.000,-	1	140.000,-
3	Baterai 12V 7Ah	150.000,-	2	300.000,-
4	Panel surya Jenis Monokristal	250.000,-	2	500.000,-
Total Biaya (Rp)				975.000,-
Energi yang dihasilkan (Wh)				1866
Biaya Rupiah per Wh				522

Jadi selama 60 hari dilakukan pengamatan, biaya investasi awal yang lebih mahal terdapat pada panel surya jenis monokristal tetapi menghasilkan biaya Rupiah per Wh yang lebih rendah yaitu 522 Rp/Wh. Pada panel surya jenis polikristal biaya investasi awal yang rendah tetapi biaya Rupiah per Wh yang mahal yaitu 565 Rp/Wh.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian yang dapat diambil selama 60 hari dilakukan pengamatan memiliki kinerja panel surya dari daya keluaran dan energi yang dihasilkan menunjukkan bahwa panel surya jenis monokristal lebih unggul walaupun selama pengamatan terdapat kondisi langit yang intensitas dan suhu udara yang bervariasi. Dan pada biaya investasi Rupiah per Wh, panel surya jenis monokristal lebih murah dibandingkan dengan panel surya jenis polikristal. Jadi tujuan dari penelitian ini telah tercapai yaitu panel surya yang tepat digunakan pada kondisi cuaca Banda Aceh adalah panel surya jenis monokristal.

REFERENCES

- [1] S. Alfaruq, "SINDONews.com," MNC MEDIA, 4 Juli 2012. [Online]. Available: <https://ekbis.sindonews.com/read/1115774/34/penggunaan-energi-terbarukan-di-indonesia-hanya-68-1465596213>. [Diakses 20 juni 2017].
- [2] I. D. Sara, "Analisa Potensi Kondisi Suhu dan Radiasi Sinar Matahari di Kota Banda Aceh untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Seminar Nasional dan Expo Teknk Elektro*, pp. 2088-9984, 2014.
- [3] P. Gevorkian, *Solar In Building Design The Engineer,s Complete Design Resource*, America: The McGraw-Hill Companies, 2008.
- [4] A. Halim, "Warung Sains Teknologi," [Online]. Available: <https://warstek.com/2015/05/07/generasiselsurya/>. [Diakses 17 Juli 2018].
- [5] A. Y. Dewi dan Antonov, "Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Suplai Cadangan Pada Laboratorium Elektro Dasar Di Institut Teknologi Padang," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, p. 3, Nopember 2013.
- [6] A. Karina dan S. Satwiko, "Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) Pada Sel Tunggal Polikristal Silikon Serta Pemodelannya," *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY*, no. ISSN 0853-0823, pp. 163-166.
- [7] M. Syukri dan Suriadi, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada

Komplek Perumahan di Banda Aceh,” *Rekayasa Elektrika*, vol. 9, no. 2, pp. 77-80, 2010.

- [8] W. B. Pramono, D. A. R. Wati dan M. V. T. Yadaka, “Simulasi Maximum Power Point Tracking Pada Panel Surya Menggunakan Simulink Matlab,” *Seminar Nasional Ke-9 : Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*, vol. 9, pp. 176-183.
- [9] Chaiyun, N. Gunawan dan A. R. Rois, “Analisa Performasi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur,” *TEKNIK POMITS*.
- [10] Asrul, R. K. Demak dan R. Hatib, “Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul Photovoltaic Tipe Multicrytalline,” *Jurnal Mekanikal*, vol. 7, no. 1, pp. 625-633, Januari 2016.
- [11] “GURU PENDIDIKAN,” [Online]. Available: <http://www.gurupendidikan.co.id/pengertian-rumus-dan-satuan-energi-listrik-beserta-contoh-soalnya-lengkap/>. [Diakses 8 April 2018].
- [12] A. G. Kartasapoetra, *Klimatologi : Pengaruh Iklim Terhadap Tanah Dan Tanaman*, Jakarta: Bumi Aksara, 2004.
- [13] “ILMU DASAR,” Oktober 2016. [Online]. Available: <http://www.ilmudasar.com/2017/07/Pengertian-Unsur-Klasifikasi-dan-Jenis-Cuaca-adalah.html>. [Diakses 27 April 2018].