

Analisa Pengaruh Luas Permukaan Kontaminan Lumut Terhadap Arus Bocor Berdasarkan Nilai ESDD dan NSDD pada Isolator 150 KV

Rahmadia Fitri¹ Yusreni Warmi² Zulkarnaini³ Sepannur Bandri⁴ Andi M Nur Putra⁵

Program Studi Teknik Elektro Sarjana, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat, Indonesia^{1,2,3,4,5}

Email: 2020310065.rahmadia@itp.ac.id¹

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh luas permukaan isolator yang terkontaminasi lumut terhadap arus bocor pada string isolator 150 kV saluran transmisi Koto Panjang – Payakumbuh. Variabel yang digunakan dalam perhitungan pengujian yaitu nilai ESDD, NSDD dan luas permukaan isolator yang terkontaminasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ESDD, NSDD dan luas permukaan memiliki pengaruh yang signifikan dalam menyebabkan arus bocor pada isolator. Berdasarkan hasil dari perhitungan dan eksperimen yang dilakukan menunjukkan bahwa pada nilai ESDD 0,392300 mg/cm², NSDD 0,633148 mg/cm², Dan luas permukaan isolator yang terkontaminasi 39,074 cm² Maka dalam kondisi ini dapat disimpulkan bahwa arus bocor memiliki hubungan berbanding lurus dengan ketiga variabel tersebut. Ketika nilai ESDD, NSDD, atau luas permukaan yang terkontaminasi meningkat, sehingga arus bocor juga akan meningkat secara proporsional. Hubungan ini menggambarkan bahwa setiap peningkatan dalam salah satu dari ketiga variabel tersebut akan menghasilkan peningkatan arus bocor yang lebih besar, sehingga memahami dan mengelola kontaminasi menjadi sangat penting untuk menjaga kinerja isolator dan keandalan sistem transmisi.

Kata Kunci: ESDD, NSDD, Luas Permukaan, Arus Bocor

Abstract

This study aims to determine how much influence the surface area of the insulator contaminated with moss has on the leakage current in the 150 kV insulator string of the Koto Panjang - Payakumbuh transmission line. The variables used in the calculation of the test are the value of ESDD, NSDD and the surface area of the contaminated insulator. The results showed that ESDD, NSDD and surface area have a significant influence in causing leakage current in the insulator. Based on the results of calculations and experiments conducted, it shows that the ESDD value is 0.392300 mg/cm², NSDD is 0.633148 mg/cm², and the surface area of the contaminated insulator is 39.074 cm², so in this condition it can be concluded that the leakage current has a directly proportional relationship with these three variables. When the value of ESDD, NSDD, or contaminated surface area increases, so the leakage current will also increase proportionally. This relationship illustrates that any increase in any of the three variables will result in a greater increase in leakage current, so understanding and managing contamination is critical to maintaining insulator performance and transmission system reliability.

Keywords: ESDD, NSDD, Surface Area, Leakage Current



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Pada saluran Transmisi Koto panjang – Payakumbuh Jenis kontaminan yang terjadi merupakan kontaminan yang berasal dari lumut yang menempel pada permukaan isolator, Karena dominan Saluran udara antara Koto panjang - Payakumbuh cenderung terletak di kawasan pegunungan yang sangat dekat dengan awan oleh sebab itu Isolator yang dipasang di daerah pergunungan memiliki resiko kegagalan hingga 33,3% [2] dengan kondisi panjang lintasan 86 km dan jumlah menara sebanyak 248. dengan rincian 63% menara terletak di daerah perbukitan, menara terletak di persawahan sebanyak 20% , dan 16% menara berlokasi

di gurun [4] sehingga frekuensi sambaran petir lebih sering terjadi. Menurut standar BIL (*Basic Insulator Level*) keadaan normal isolator yang terbebas dari flashover sebesar 110 kV dengan kondisi isolator yang bersih dan tidak terkontaminasi lumut [6] Oleh karena itu, sangat penting untuk mengevaluasi kontaminasi isolator secara akurat [7]. Kontaminasi lumut pada saluran Transmisi Koto Panjang – Payakumbuh sangat tinggi ditunjukkan dengan 45 % yang terkontaminasi lumut berdasarkan data historis isolator pada 5 menara yang investigasi [8] Tingkat kegagalan isolator saluran transmisi koto panjang - payakumbuh yang berada diperbukitan paling dominan dipengaruhi oleh kontaminasi berupa lumut dan debu yang menempel pada permukaan isolator yang akan membuat lapisan isolator akan menjadi konduktif [9] Turunya tingkat kinerja isolator akan berdampak pada tingkat kinerja saluran transmisi Koto Panjang - Payakumbuh, sehingga akan menimbulkan ketidakstabilan sistem.

Untuk menanggulangi masalah diatas, maka dilakukan analisa pengaruh luas permukaan isolator yang terkontaminasi oleh lumut yang akan menyebabkan arus bocor pada string isolator saluran transmisi 150 Kv Koto Panjang – Payakumbuh dengan menggunakan analisa berdasarkan nilai ESDD (*Equivalent Salt Deposit Density*), dan nilai NSDD (*non suitable deposit density*). Analisa ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar luas permukaan isolator yang terkontaminasi oleh lumut yang akan menyebabkan arus bocor pada isolator yang ada pada saluran transmisi 150 kV Koto Panjang – Payakumbuh. Untuk memperbaiki kinerja isolator pada saluran transmisi 150 Kv Koto Panjang – Payakumbuh terutama pada isolator yang terkontaminasi oleh lumut. tingkat kontaminasi yang tinggi dapat menurunkan kinerja isolator, sehingga mempengaruhi kinerja saluran dan keandalan sistem serta kontinuitas stabilitas sistem. Selain itu, Kegagalan isolator dapat diatasi atau dicegah dengan melakukan perawatan berkala untuk menjamin kontinuitas energi listrik tetap terjaga keandalannya. Sehingga perlu dilakukan analisa pengaruh luas permukaan isolator yang terkontaminasi oleh lumut berdasarkan nilai ESDD dan metode NSDD. Penelitian ini bertujuan untuk Untuk mengetahui seberapa luas permukaan isolator terkontaminasi yang akan menyebabkan arus bocor pada isolator 150 kv pada saluran transmisi Koto Panjang – Payakumbuh.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah studi eksperimental untuk mengetahui pengaruh luas permukaan yang terkontaminasi lumut mengalami arus bocor datanya.

1. Data primer, yaitu data yang diambil dari pengujian / eksperimen yang telah dilakukan, berupa data pengujian berat dari kontaminasi yang menempel pada permukaan isolator (ESDD dan NSDD) menggunakan metode *swab technique*, kemudian data nilai arus bocor hasil eksperimen dengan melakukan pengujian menggunakan alat MWB Jerman 100 kV
2. Data sekunder, pengumpulan data yang dilakukan berdasarkan teori seperti data-data yang berasal dari buku, referensi, jurnal ilmiah dan yang lainnya.

Tabel 1. Data Saluran Transmisi Koto Panjang- Payakumbuh

Keterangan	Nilai
Jenis saluran	SUTT 150 Kv
panjang saluran	169,9 Kms = 84,844 Km
jumlah tower	248 buah
jenis tower	AA, BB, CC, DD
lebar kaki menara	5 m
IKL	174 hari/ tahun
Tipe konduktor	ACSR/GSW 1 x 330/40 mm ²
diameter kawat fasa	25,5 mm
diameter kawat tanah	9.6 mm

Berdasarkan data investigasi lapangan yang telah dilakukan, dari 248 tower yang terdapat di saluran transmisi Koto Panjang-Payakumbuh, terdapat 68 tower yang terkena gangguan dari tahun 2012-2021, dari 68 tower yang mengalami gangguan tersebut didapat 130 kali gangguan selama beberapa tahun terakhir dan diambil sampel dari tower yang mengalami gangguan paling banyak. Adapun data dari 68 tower yang memiliki gangguan paling banyak tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Data Tower Yang Terkena Gangguan Paling Banyak

No Tower	Jumlah Gangguan	Resistansi (Ω)	Posisi Area	Jenis Tanah	$\rho(\Omega/m)$
17	9	4.38	Bukit	Batu	9.29

Tabel 2 diatas menjelaskan tower no 17 merupakan tower dengan jumlah gangguan paling banyak diantara tower lainnya, dengan besarnya nilai tahanan / resistansinya adalah 4.38 ohm dan berada di daerah perbukitan. Begitupun untuk nilai ESDD dan NSDD dari isolator tersebut, yang mana nilai tersebut didapatkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium Teknik tegangan tinggi UGM. Adapun nilai dari ESDD dan NSDD dari isolator bersih yang mengalami flashover (cacat) adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data nilai ESDD dan NSDD

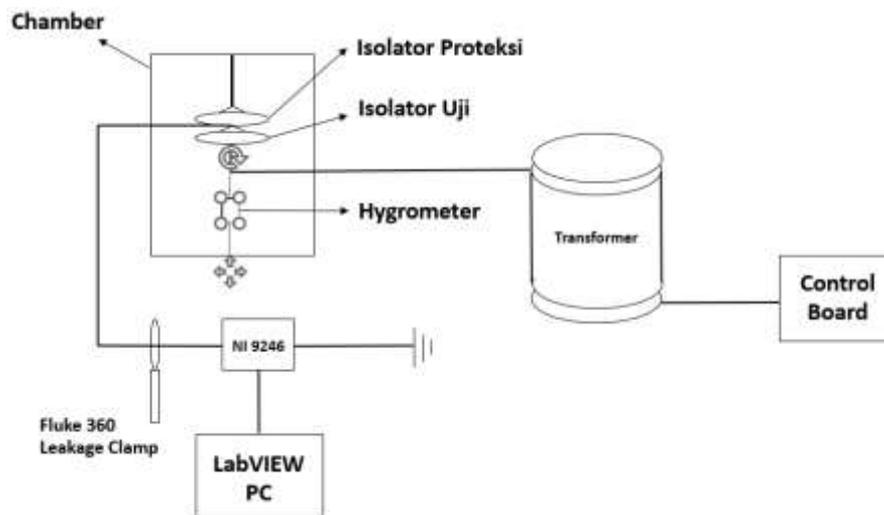
Isolator	Luas area (cm^2)	ESDD (mg/cm^2)	NSDD (mg/cm^2)
		0,058510	0,164784
		0,158510	0,264784
Lumut	1526,8419	0,258510	0,363784
		0,358510	0,464784
		0,458510	0,564784

Untuk menghitung nilai total luas permukaan yang terkontaminasi. Adapun untuk nilai arus bocor hasil eksperimen, dilakukan pengujian dilaboratorium Teknik tegangan tinggi UGM menggunakan alat ukur MWB jerman 100 kV. Alat ini merupakan instrument pengukuran yang digunakan untuk memantau dan merekam arus bocor pada sistem tegangan tinggi. Berikut merupakan gambar pengukuran arus bocor menggunakan alat ukur MWB jerman 100 kV.



Gambar 1. Pembangkit MWB Jerman 100 kV

Adapun rangkaian ekivalen pengujian di laboratorium Teknik tegangan tinggi UGM adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Rangkaian Ekivalen Pengujian Arus Bocor

Dapat dilihat dari gambar 2 rangkaian ekivalen pengujian arus bocor, terdapat *chamber* yang merupakan ruang tempat pengujian, di dalam *chamber* terdapat 2 isolator yaitu isolator uji dan isolator proteksi dan juga *hygrometer*. Isolator uji yang berfungsi untuk menghubungkan objek uji ke transformer dan isolator proteksi fungsinya untuk mencegah kerusakan pada saat pengujian, Sebelum *chamber* terdapat transformer dan *control board*, dimana transformer digunakan untuk mengatur tegangan yang akan disalurkan ke komponen uji yang akan dikontrol melalui *control board*/papan kontrol. Di dalam *chamber* terdapat *ygrometer* alat yang digunakan untuk mengukur kelembapan, pengujian di dalam *chamber* ini dilakukan dalam lingkungan dengan kelembapan yang terkontrol. Output dari proses di dalam *chamber* diukur langsung oleh *Leakage Clamp*, alat yang digunakan untuk mengukur arus bocor. Hasil pengukuran arus bocor ini langsung divisualisasikan dalam bentuk grafik melalui perangkat lunak NI DIADEM/labview.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisa pengaruh luas permukaan kontaminan lumut terhadap arus bocor pada isolator akan ditinjau dari nilai ESDD dan NSDD yang telah dilakukan pengujian isolator pada outdoor yang terdapat kontaminan pada jalur transmisi 150 kV Koto Panjang – Payakumbuh. Analisa ini dilakukan pada tower didaerah IKL 174 hari/pertahun. Sebanyak 15 tower terdata mengalami gangguan (trip out). Setelah diklarifikasi terdapat 1 tower dengan gangguan paling banyak yaitu 9 kali yaitu tower 17. Dengan menggunakan variabel ESDD dan NSDD yang telah dipaparkan pada pembahasan sebelumnya maka dapat mempermudah untuk melakukan perhitungan

Tabel 4. Nilai ESDD Dan NSDD Pada Pengujian Dioutdoor Saluran Transmisi

Isolator	ESDD	NSDD
1	0,508	0,164
2	0,189	0,268
3	0,191	0,189
4	0,164	0,152
5	0,184	0,176

1. Total luas kontaminan Isolator 1

Total kontaminan : ESDD + NSDD

$$C_{Total} = 0,164 + 0,152$$

$$C_{Total} = 0,316(\text{mg}/\text{cm}^2)$$

2. Total luas kontaminan isolator 2

Total kontaminan : ESDD + NSDD

$$C_{Total} = 0,189 + 0,268$$

$$C_{Total} = 0,457(\text{mg}/\text{cm}^2)$$

3. Total luas kontaminan isolator 3

Total kontaminan : ESDD + NSDD

$$C_{Total} = 0,191 + 0,189$$

$$C_{Total} = 0,380(\text{mg}/\text{cm}^2)$$

4. Total luas kontaminan isolator 4

Total kontaminan : ESDD + NSD

$$C_{Total} = 0,164 + 0,152$$

$$C_{Total} = 0,316(\text{mg}/\text{cm}^2)$$

5. Total luas kontaminan isolator 5

Total kontaminan : ESDD + NSDD

$$C_{Total} = 0,184 + 0,176$$

$$C_{Total} = 0,360(\text{mg}/\text{cm}^2)$$

Tabel 5. Luas kontaminan pada isolator

Isolator	Total Kontaminan
1	0,672(mg/cm ²)
2	0,457 (mg/cm ²)
3	0,380 (mg/cm ²)
4	0,316 (mg/cm ²)
5	0,360 (mg/cm ²)

Setelah didapatkan hasil perbandingan yang telah dilakukan pada pembahasan sebelumnya maka akan mempermudah jalannya perhitungan. Berikut adalah penjabaran Langkah – Langkah perhitungan arus bocor di bawah ini:

- menentukan konstanta empiris konstanta k,a,b,c berdasarkan data eksperimen yang akan digunakan sebagai berikut:

$$k = 0,1$$

$$a = 1,2$$

$$b = 0,8$$

$$c = 0,5$$

- Perhitungan dengan konstanta empiris

$$a. Ib = k \times (ESDD)^{1,2} \times (NSDD)^{0,8} \times (A)^{0,5}$$

$$Ib = 0,1 \times (0,508)^{1,2} \times (0,165)^{0,8} \times (1526,84194)^{0,5}$$

$$Ib = 0,1 \times (0,443) \times (0,236) \times (39,074)$$

$$Ib = 0,408 \text{ mA}$$

Dari hasil diatas terlihat bahwa hasil akhir luas permukaan isolator yang terkontaminan terhadap arus bocor sebesar **0,029 Ma**

$$b. Ib = k \times (ESDD)^{1,2} \times (NSDD)^{0,8} \times (A)^{0,5}$$

$$Ib = 0,1 \times (0,189)^{1,2} \times (0,268)^{0,8} \times (1526,8419)^{0,5}$$

$$Ib = 0,1 \times (0,135) \times (0,348) \times (39,074)zIb = 0,183 \text{ mA}$$

Dari hasil rumus diatas dapat dilihat bahwa hasil akhir luas permukaan isolator yang terkontaminasi terhadap arus bocor sebesar **0,183 Ma**

$$c. I_b = k \times (ESDD)^{1,2} \times (NSDD)^{0,8} \times (A)^{0,5}$$

$$I_b = 0,1 \times (0,191)^{1,2} \times (0,189)^{0,8} \times (1526,8419)^{0,5}$$

$$I_b = 0,1 \times (0,137) \times (0,263) \times (39,074)$$

$$I_b = 0,140 \text{ mA}$$

Dari hasil rumus diatas terlihat bahwa hasil akhir luas permukaan isolator yang terkontaminasi terhadap arus bocor sebesar **Ib = 0,140 mA**

$$d. I_b = k \times (ESDD)^{1,2} \times (NSDD)^{0,8} \times (A)^{0,5}$$

$$I_b = 0,1 \times (0,164)^{1,2} \times (0,152)^{0,8} \times (1526,8419)^{0,5}$$

$$I_b = 0,1 \times (0,114) \times (0,221) \times (39,074)$$

$$I_b = 0,124 \text{ mA}$$

Dari hasil rumus diatas terlihat bahwa hasil akhir luas permukaan isolator yang terkontaminasi terhadap arus bocor sebesar **Ib = 0,124 mA**

$$e. I_b = k \times (ESDD)^{1,2} \times (NSDD)^{0,8} \times (A)^{0,5}$$

$$I_b = 0,1 \times (0,184)^{1,2} \times (0,176)^{0,8} \times (1526,8419)^{0,5}$$

$$I_b = 0,1 \times (0,131) \times (0,249) \times (39,074)$$

$$I_b = 0,127 \text{ mA}$$

Dari hasil rumus diatas terlihat bahwa hasil akhir luas permukaan isolator yang terkontaminasi terhadap arus bocor sebesar **Ib = 0,127 mA**

Setelah diketahui nilai arus bocor pada permukaan isolator yang disebabkan oleh kontaminasi lumut berdasarkan perhitungan dan eksperimen, sehingga dapat dilakukan perbandingan antara hasil arus bocor perhitungan 4 sampel isolator dengan arus bocor eksperimen seperti yang terdapat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Perbandingan Arus Bocor Eksperimen Dengan Perhitungan Manual

Menara	Luas isolator yang terkontaminan (A)	Arus Bocor (mA)
	0,672 (mg/cm ²)	0,408(mA)
	0,457 (mg/cm ²)	0,183 (mA)
17	0,380 (mg/cm ²)	0,140 (mA)
	0,316 (mg/cm ²)	0,098 (mA)
	0,360 (mg/cm ²)	0,127(mA)



Gambar 3. Arus Bocor Terhadap Luas Permukaan Isolator Yang Terkontaminasi Lumut

Pada grafik diatas menunjukkan pengaruh Luas permukaan kontaminan lumut yang akan menyebabkan arus bocor pada isolator. Untuk grafik yang berwarna biru menunjukkan luas permukaan isolator yang terkontaminasi, dengan nilai kontaminan yang paling tinggi terjadi pada isolator pertama yaitu sebesar 31% atau $0,672 \text{ mg/cm}^2$, sehingga dapat menyebabkan arus bocor sebesar 0,408 mA. Isolator tersebut merupakan isolator yang diuji pada eksperimen di Laboratorium Tegangan Tinggi UGM. Untuk isolator kedua dengan luas kontaminan sebesar $0,457 \text{ mg/cm}^2$ jika dijadikan dalam persen sebesar 21%, maka arus bocor yang dihasilkan oleh isolator tersebut sebesar 0,183 mA. Pada isolator ketiga kontaminan yang menempel sebesar $0,380 \text{ mg/cm}^2$ jika dipersenkan sebesar 17%. Maka arus bocor yang dihasilkan sebesar 0,140 mA. Isolator keempat dengan kontaminan $0,316 \text{ mg/cm}^2$ atau sebesar 14%, maka arus bocor yang terjadi pada isolator sebesar 0,124 mA. Pada isolator yang kelima dengan nilai kontaminan $0,360 \text{ mg/cm}^2$ atau sebesar 16%, maka arus bocor yang dihasilkan isolator tersebut sebesar 0,127 mA. Oleh karena itu semakin besar luas permukaan isolator yang terkontaminasi maka semakin tinggi Tingkat arus bocor yang dihasilkan isolator tersebut. Karena kontaminan ini mengurangi kemampuan isolator, membuat tegangan flashover menjadi lebih besar dari pada tegangan isolator, sehingga arus bocor lebih mudah terjadi.

KESIMPULAN

Peningkatan luas permukaan isolator yang terkontaminasi lumut, beserta dengan peningkatan nilai ESDD (Equivalent Salt Deposit Density) dan NSDD (Non-Soluble Deposit Density), akan mengakibatkan peningkatan arus bocor. Penelitian ini juga menunjukkan adanya hubungan langsung antara ketiga variabel tersebut dengan arus bocor pada string isolator 150 kV. Semakin besar luas permukaan yang terkontaminasi, semakin tinggi pula arus bocor yang terjadi, Dengan persentase arus bocor tertinggi sebesar 43% yang disebabkan oleh kontaminan lumut sebesar 31%, tingkat kontaminan sebesar 21% dapat menyebabkan arus bocor sebesar 19%, kontaminan sebesar 17% dapat menyebabkan arus bocor sebesar 15%. maka dari itu luas permukaan isolator yang terkontaminasi lumut sangat berpengaruh akan terjadinya arus bocor. Walaupun arus bocor yang terjadi pada saluran transmisi Koto Panjang-Payakumbuh masih di bawah standar IEC 61643-1 (*International Electrotechnical Commission*) yaitu sebesar $>10 \text{ mA}$, maka perlu juga dilakukan pemeliharaan/pembersihan pada saluran transmisi 150 kV guna menjaga keandalan sistem kelistrikan. Di daerah saluran transmisi Koto Panjang – Payakumbuh terletak di perbukitan sehingga rentan mengalami pencemaran pada isolator akibat polutan debu atau lumut yang menempel. Penting untuk membersihkan isolator secara berkala untuk mencegah akumulasi kontaminan yang dapat menyebabkan arus bocor meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Al-maqrahi, "GCC : 2011 IEEE GCC Conference and Exhibition : 19-22 February 2011.," pp. 593-596, 2011.
- Armansyah, "Analisa Pengaruh Endapan Polutan Garam Pada Isolator Terhadap Arus Bocor," *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 76-84, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/4391%0Ahttps://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/download/4391/3167>
- D. Devendranath, Channakeshava, and A. D. Rajkumar, "Leakage current and charge in RTV coated insulators under pollution conditions," *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 9, no. 2, pp. 294-299, 2002, doi: 10.1109/94.993747.
- D. H. Santosa, "Analisa Percepatan Umur Isolator Keramik Pada Saluran Distribusi 20 kV di Daerah Pesisir Pantai Akibat Kontaminan Udara," pp. 1-39, 2017.

- M. Rajagukguk, "Analisis Karakteristik Flashover Dan Arus Bocor Pada Isolator Porselin Yang Dipengaruhi Polutan Lumut Bryum SP," J. ELKHA, vol. 3, no. 2, pp. 35–38, 2011.
- Warmi et al., "Tahanan Tower-Footing dan Petir Trip-out 150 kV Jalur Transmisi di Sumatera Barat di Indonesia," vol. 01022, pp. 4–11, 2018.
- Y. Warmi and K. Michishita, "Tahanan Tower-Footing dan Petir Trip-out 150 kV Jalur Transmisi di Sumatera Barat di Indonesia," MATEC, vol. 01022, pp. 4–11, 2018.
- Y. Warmi, "Analisa Pengaruh Panjang Gap Arcing Horn Terhadap Jumlah Trip-out Pada Saluran Transmisi 150 kV Payakumbuh – Koto Panjang," J. Tek. Elektro ITP, vol. 8, no. 2, pp. 82–86, 2019, doi: 10.21063/jte.2019.3133815.