

Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Di Penyulang CDM Mochammad Toha – Bandung Hingga Trafo Distribusi

Muhammad Temmy H¹, Nasrun Hariyanto², Siti Saodah³

^{1,2,3}Institut Teknologi Nasional

^{1,2,3}Jalan PH.H. Mustofa No.23 Bandung

temmyhilmansyah@gmail.com¹, runhrt@gmail.com², ss_herlina@gmail.com³

Abstrak – Suatu sistem tenaga listrik pada umumnya terdiri dari beberapa unsur penting yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Oleh karena itu penyaluran dan pendistribusian pun sangat berpengaruh terhadap kualitas listrik yang sampai ke konsumen, besarnya rugi-rugi listrik yang di hadapi PT.PLN (Persero) cukup besar sehingga harus di benahi karena sebagai faktor penting dalam pengembangan jaringan listrik ke depannya, cara perhitungan rugi-rugi daya dan energi listrik pada jaringan distribusi primer tegangan menengah, teknik tag GPS akan di lakukan simulasi jarak menggunakan aplikasi google earth, Simulasi aliran daya menggunakan aplikasi ETAP , maka dari hasil tersebut pun dapat digunakan sebagai acuan untuk perencanaan perluasan jaringan listrik di Indonesia, karena sangat berpengaruh terhadap nilai investasi jangka Panjang.

Kata Kunci: Rugi-rugi daya, susut energi, distribusi, transformator, simulasi

1. Pendahuluan

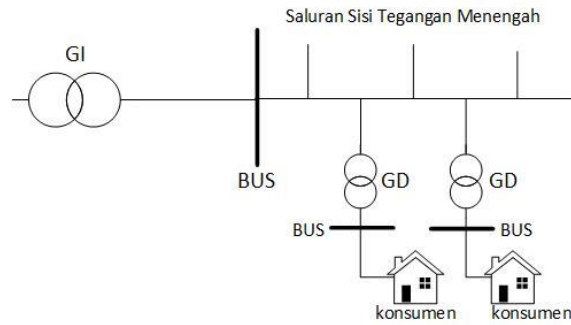
Sistem tenaga listrik secara keseluruhan terdiri dari pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Sistem distribusi yang berfungsi menyalurkan dan mendistribusikan daya listrik dari pusat suplai ke kelompok beban harus mempunyai kualitas yang baik. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Barat, sebagian besar kerugian energi listrik terdapat pada jaringan distribusi, oleh karena itu rugi-rugi pada jaringan sangat perlu di perhatikan.

Untuk memperluas sistem jaringan distribusi, salah satu aspek yang perlu di perhatikan adalah efisiensi sistem distribusi yang baik, dengan tanpa mengabaikan aspek ekonomis. Efisiensi yang baik akan dicapai apabila rugi-rugi energi dapat ditekan sekecil mungkin. Dimana saat ini PT. PLN sedang terus memperluas jaringannya untuk meningkatkan kebutuhan beban yang setiap tahun nya terus meningkat, maka rugi-rugi yang terjadi pada jaringan distribusi harus menjadi pertimbangan untuk mengimbangi peningkatan dan perluasan jaringan, maupun pada perencanaan atau operasi, karena bias mempengaruhi biaya investasi dan pentarifan. Dengan diketahui besarnya rugi rugi daya, memungkinkan dilakukan penelitian mengenai kemungkinan tambah investasi untuk mengurangi rugi-rugi tersebut.

Pada saat skarang ini perhitungan rugi-rugi energi pada sistem jaringan distribusi yang dilakukan PT. PLN adalah dengan mengurangi energi terjual dengan energi yang diterima pada setiap penyulang. Mengingat pentingnya informasi mengenai besarnya rugi-rugi dari suatu jaringan distribusi yang dapat dipergunakan untuk penentuan tariff listrik dan rencana pengembangan jaringan, maka studi mengenai rugi-rugi energi pada sistem jaringan distribusi perlu dilakukan.

2. Metoda Penelitian

Perhitungan dilakukan pada masing-masing fasa untuk setiap gardu distribusi. Gambar 1 menunjukkan tahapan perhitungan rugi daya beserta rumus yang digunakan.



Gambar 1. Metodologi Perhitungan Rugi-rugi Daya

Kondisi ini menimbulkan batasan dalam melakukan perhitungan. Batas tersebut akan menentukan langkah-langkah perhitungan dan juga cara perhitungan parameter rugi-rugi daya. Batasan tersebut adalah:

1. Perhitungan hanya dilakukan pada bagian tegangan menengah saja hingga trafo distribusi saja.
2. Aplikasi yang digunakan untuk simulasi menggunakan Etap 12.6 dan pemetaan menggunakan *google earth*.

Perbandingan data hasil perhitungan dan hasil simulasi dilakukan agar dapat mengetahui seberapa besar selisih rugi-rugi daya yang terjadi dan seberapa akurat data yang dimiliki untuk di lakukan perhitungan, sehingga dapat di ketahui berapa jarak yang di dapatkan dengan teknik *tag GPS*, untuk emngatasi permasalahan yang sudah jelas , perhitungan di lakukan sesuai dengan Gambar 1. Metodologi tersebut menjelaskan tahapan dan cakupan daerah yang harus di lakukan perhitungan dan simulasi.

2.1 Data beban sisi tegangan menengah

Data beban pada sisi tegangan menengah ini didapatkan dari transformasi nilai beban pada sisi tegangan rendah terhadap perbandingan tegangan pengenalan transformator.

$$I'_{TM} = \frac{V_2}{V_1} I_{TR} \text{ (Ampere)} \quad (1)$$

$$V'_{TM} = \frac{V_1}{V_2} V_{TR} \text{ (Volt)} \quad (2)$$

$$S_{TM}' = V_{TM}' \times I_{TM}' \text{ (kVA)} \quad (3)$$

2.2 Data transformator

Untuk data kapasitas dan merk transformator didapat dari PLN, sedangkan data mengenai besarnya rugi besi dan rugi tembaga transformator didapatkan dari katalog dari merk transformator itu sendiri dan dari Standar PLN (SPLN) 50:1997. Rugi besi dan rugi tembaga transformator ini adalah rugi untuk transformator tiga fasa.

$K_{\text{Transformator}}$ = Kapasitas transformator (kVA)

$P_{\text{Fe 3 fasa}}$ = Rugi besi (Watt)

$P_{\text{Cu 3 Fasa}}$ = Rugi tembaga (Watt)

$$(P_{\text{Fe 1 Fasa}}) = \frac{P_{\text{Fe 3 fasa}}}{3} \text{ (Watt)} \quad (4)$$

$$(P_{\text{Cu 1 Fasa}}) = \frac{P_{\text{Cu 3 fasa}}}{3} \text{ (Watt)} \quad (5)$$

$$(I_n) = \frac{K_{\text{Transformator}}}{\sqrt{3} \cdot V_1} \text{ (Ampere)} \quad (6)$$

$$(R_{\text{Cu}}) = \frac{P_{\text{Cu 1 Fasa}}}{(I_n)^2} \text{ (\Omega)} \quad (7)$$

2.3 Perhitungan rugi transformator pada saat pembebanan

Rugi transformator ini dihitung per fasa pada setiap gardu distribusi dan pada setiap pembebanan. Untuk rugi besi, besarnya nilai rugi ini bersifat konstan sedangkan untuk rugi tembaga nilainya tergantung dari besarnya beban (arus).

$$\text{Rugi tembaga} = I_{TM}'^2 \cdot R_{Cu} \text{ (Watt)} \quad (8)$$

$$(P_{\text{Transformator}}) = P_{Fe \text{ 1 fasa}} + P_{Cu \text{ 1 fasa}} \text{ (Watt)} \quad (9)$$

$$(S_{\text{Transformator}}) = \frac{P_{\text{Transformator}} / \cos \varphi}{1000} \text{ (kVA)} \quad (10)$$

$$\% \text{Rugi Transformator} = \frac{S_{\text{Transformator}}}{S_{TM}'} \times 100\% \quad (11)$$

2.4 Daya pada sisi tegangan menengah

$$S_{TM} = S_{TM}' + S_{\text{Transformator}} \text{ (kVa)} \quad (12)$$

2.5 Arus pada sisi tegangan menengah

$$I_{TM} = \frac{S_{TM}}{V_{TM}} \text{ (Ampere)} \quad (13)$$

2.6 Perhitungan rugi saluran antara titik X-Y

Rugi saluran ini, dihitung untuk setiap segmen yaitu antara titik yang satu dengan titik yang lainnya dan dihitung pada masing-masing fasa.

$$\text{Rugi saluran} (P_{\text{Saluran}}) = I_{TM}^2 \cdot R.l \text{ (Watt)} \quad (14)$$

$$\text{Rugi saluran} (S_{\text{saluran}}) = \frac{P_{\text{Saluran}}}{\cos \varphi} \text{ (VA)} \quad (15)$$

$$\% \text{Rugi Saluran} = \frac{S_{\text{Saluran}}}{S_{TM}} \times 100\% \quad (16)$$

2.7 Rugi total antara titik X-Y

Rugi total ini merupakan total dari rugi-rugi yang ada diantara titik X dan titik Y, yaitu rugi Transformator distribusi dan rugi saluran antara X dan Y.

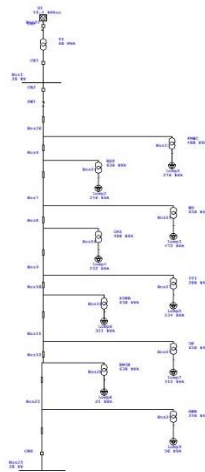
$$P_{\text{Total}} = P_{\text{Transformator}} + P_{\text{Saluran}} \text{ (Watt)} \quad (17)$$

2.8 Rugi-rugi total transformator

Rugi-rugi transformator daya dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$P_{\text{trafo}} = P_{Fe} + P_{Cu} \text{ (Watt)} \quad (18)$$

3. Hasil Perhitungan Dan Analisis



Gambar 2. Penyulang CDM

Tabel 1. Rincian data perhitungan menggunakan data aktual

Waktu	Beban perhitungan (KWatt)	Rugi Transformator Perhitungan (kWatt)	Rugi Saluran Perhitungan (kWatt)	Total Rugi (kWatt)	Rugi (%)
1	2	3	4	5	6
0:00	1555.6768	9.54127	0.48235	10.02362	0.644325
1:00	1532.664	9.541228	0.481613	10.02284	0.653949
2:00	1526.1328	9.540813	0.474692	10.01551	0.656267
3:00	1528.1928	9.540676	0.472412	10.01309	0.655224
4:00	1544.744	9.540951	0.477043	10.01799	0.648521
5:00	1501.3168	9.540539	0.470039	10.01058	0.666787
6:00	1533.2848	9.541089	0.479299	10.02039	0.653524
7:00	1531.5072	9.540813	0.474699	10.01551	0.653964
8:00	1511.6032	9.540539	0.47007	10.01061	0.662251
9:00	1517.5488	9.540951	0.476951	10.0179	0.660137
10:00	1523.972	9.541367	0.483887	10.02525	0.657837
11:00	1557.0232	9.541647	0.488637	10.03028	0.644196
12:00	1557.0232	9.541647	0.488637	10.03028	0.644196
13:00	1557.0232	9.541647	0.488637	10.03028	0.644196
14:00	1577.6856	9.541928	0.49337	10.0353	0.636077
15:00	1528.7984	9.541367	0.483882	10.02525	0.65576
16:00	1578.084	9.541787	0.491019	10.03281	0.635759
17:00	1578.1056	9.541507	0.486368	10.02787	0.635438
18:00	1621.1472	9.542211	0.498192	10.0404	0.619339
19:00	1629.0816	9.542354	0.500583	10.04294	0.616478
20:00	1587.5912	9.54183	0.491757	10.03359	0.632001
21:00	1548.832	9.541131	0.479997	10.02113	0.647012
22:00	1588.3576	9.541971	0.49406	10.03603	0.63185
23:00	1561.8416	9.54169	0.489321	10.03101	0.642255
0:00	1555.6768	9.54127	0.48235	10.02362	0.644325

Arus mengalir pada penghantar dengan resitansi yang menyebabkan terjadinya susut pada penghantar tersebut, sehingga daya yang dikirim dari gardu induk ke konsumen akan berkurang. (Kurt, 1990)

3.1 Pengambilan Sampel Menggunakan Jarak Aktual

Pengujian atau pengambilan sampel dilakukan selama 1 hari. Setiap jam dilakukan pengambilan sampel dari pukul 0:00 hingga pukul 24:00, pengujian dilakukan menggunakan aplikasi agar dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan.

Tabel 2. Hasil dari simulasi Etap Menggunakan Data Aktual

WAKTU	Beban etap(Watt)	Rugi Transformator etap (kWatt)	Rugi Saluran etap(kWatt)	Total Rugi (kWatt)	Rugi (%)
0:00	1321	12.2	1.3	13.5	1.021953
1:00	1300	9	1.2	10.2	0.784615
2:00	1287	8.9	1.2	10.1	0.784771
3:00	1288	8.9	1.2	10.1	0.784161
4:00	1307	9	1.2	10.2	0.780413
5:00	1263	8.5	1.2	9.7	0.768013
6:00	1298	9	1.2	10.2	0.785824
7:00	1290	8.9	1.2	10.1	0.782946
8:00	1271	8.7	1.2	9.9	0.778914
9:00	1281	8.9	1.2	10.1	0.788447
10:00	1294	9	1.2	10.2	0.788253
11:00	1327	9.4	1.4	10.8	0.813866

WAKTU	Beban etap(Watt)	Rugi Transformator etap (kWatt)	Rugi Saluran etap(kWatt)	Total Rugi (kWatt)	Rugi (%)
12:00	1328	9.4	1.4	10.8	0.813253
13:00	1328	9.4	1.4	10.8	0.813253
14:00	1349	9.6	1.4	11	0.815419
15:00	1292	8.9	1.2	10.1	0.781734
16:00	1339	9.5	1.4	10.9	0.81404
17:00	1335	9.5	1.4	10.9	0.816479
18:00	1288	10.4	1.5	11.9	0.923913
19:00	1395	10.5	1.6	12.1	0.867384
20:00	1362	10	1.5	11.5	0.844347
21:00	1310	9.1	1.2	10.3	0.78626
22:00	1254	9.6	1.4	11	0.877193
23:00	1330	9.4	1.4	10.8	0.81203
0:00	1320	9.4	1.3	10.7	0.810606

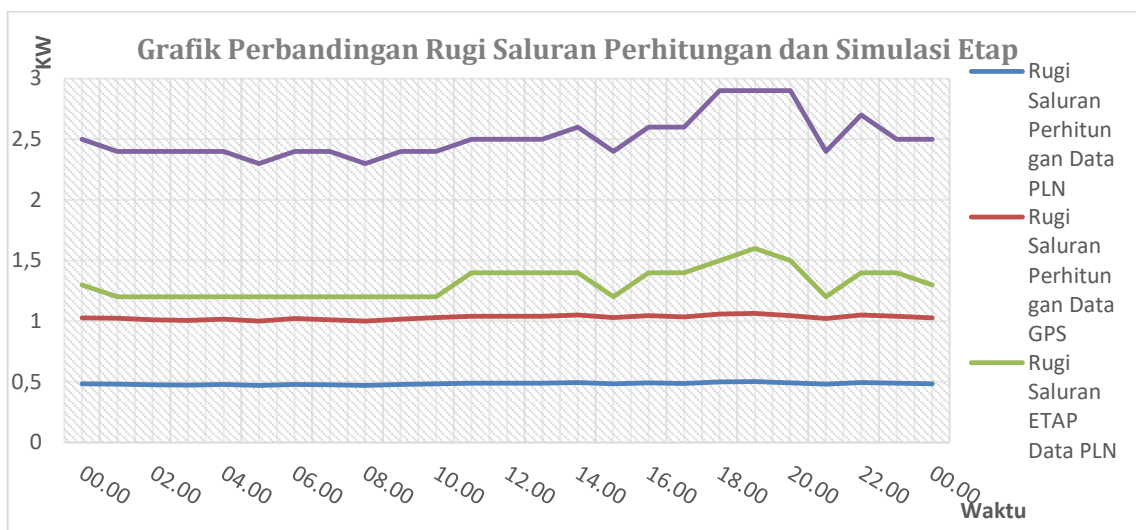
3.2 Pengambilan Sampel Menggunakan Jarak GPS

Tabel 3. Rincian data perhitungan menggunakan data GPS

WAKTU	Beban perhitungan (kWatt)	Rugi Transformator Perhitungan (kWatt)	Rugi Saluran Perhitungan (kWatt)	Total Rugi (kWatt)	Rugi (%)
0:00	1555.6768	9.54127	1.026752	10.56802	0.67932
1:00	1532.664	9.541228	1.025215	10.56644	0.689417
2:00	1526.1328	9.540813	1.010825	10.55164	0.691397
3:00	1528.1928	9.540676	1.006081	10.54676	0.690146
4:00	1544.744	9.540951	1.015715	10.55667	0.683393
5:00	1501.3168	9.540539	1.001149	10.54169	0.702163
6:00	1533.2848	9.541089	1.020407	10.5615	0.688815
7:00	1531.5072	9.540813	1.010842	10.55166	0.688972
8:00	1511.6032	9.540539	1.00121	10.54175	0.697389
9:00	1517.5488	9.540951	1.015519	10.55647	0.695626
10:00	1523.972	9.541367	1.029938	10.57131	0.693668
11:00	1557.0232	9.541647	1.039809	10.58146	0.679595
12:00	1557.0232	9.541647	1.039809	10.58146	0.679595
13:00	1557.0232	9.541647	1.039809	10.58146	0.679595
14:00	1577.6856	9.541928	1.049638	10.59157	0.671336
15:00	1528.7984	9.541367	1.029925	10.57129	0.691477
16:00	1578.084	9.541787	1.044763	10.58655	0.670848
17:00	1578.1056	9.541507	1.035099	10.57661	0.670209
18:00	1621.1472	9.542211	1.059632	10.60184	0.653972
19:00	1629.0816	9.542354	1.064638	10.60699	0.651103
20:00	1587.5912	9.54183	1.046304	10.58813	0.666931
21:00	1548.832	9.541131	1.021866	10.563	0.681998
22:00	1588.3576	9.541971	1.051094	10.59306	0.666919
23:00	1561.8416	9.54169	1.041243	10.58293	0.677593
0:00	1555.6768	9.54127	1.026752	10.56802	0.67932

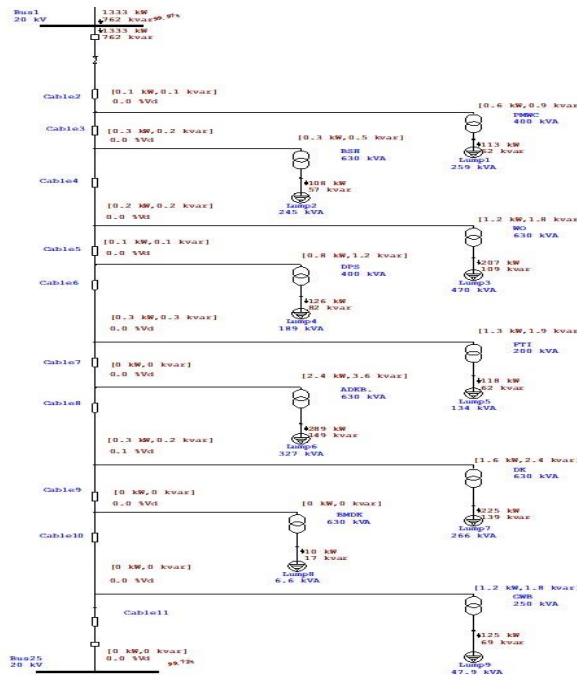
Tabel 4. Hasil dari simulasi Etap Menggunakan Data Aktual

WAKTU	Beban etap(kWatt)	Rugi Transformator etap (kWatt)	Rugi Saluran etap(kWatt)	Total Rugi (kWatt)	Rugi (%)
0:00	1320	9.4	2.5	11.9	0.901515
1:00	1302	9	2.4	11.4	0.875576
2:00	1287	8.9	2.4	11.3	0.878011
3:00	1289	8.9	2.4	11.3	0.876649
4:00	1305	9.1	2.4	11.5	0.881226
5:00	1262	8.5	2.3	10.8	0.855784
6:00	1297	9	2.4	11.4	0.878951
7:00	1290	8.9	2.4	11.3	0.875969
8:00	1272	8.8	2.3	11.1	0.872642
9:00	1281	8.9	2.4	11.3	0.882123
10:00	1294	9	2.4	11.4	0.880989
11:00	1327	9.4	2.5	11.9	0.89676
12:00	1327	9.4	2.5	11.9	0.89676
13:00	1327	9.4	2.5	11.9	0.89676
14:00	1348	9.6	2.6	12.2	0.905045
15:00	1291	9	2.4	11.4	0.883036
16:00	1337	9.5	2.6	12.1	0.905011
17:00	1335	9.5	2.6	12.1	0.906367
18:00	1390	10.4	2.9	13.3	0.956835
19:00	1394	10.4	2.9	13.3	0.954089
20:00	1362	10	2.9	12.9	0.947137
21:00	1309	9.1	2.4	11.5	0.878533
22:00	1352	9.6	2.7	12.3	0.909763
23:00	1329	9.4	2.5	11.9	0.89541
0:00	1320	9.4	2.5	11.9	0.901515



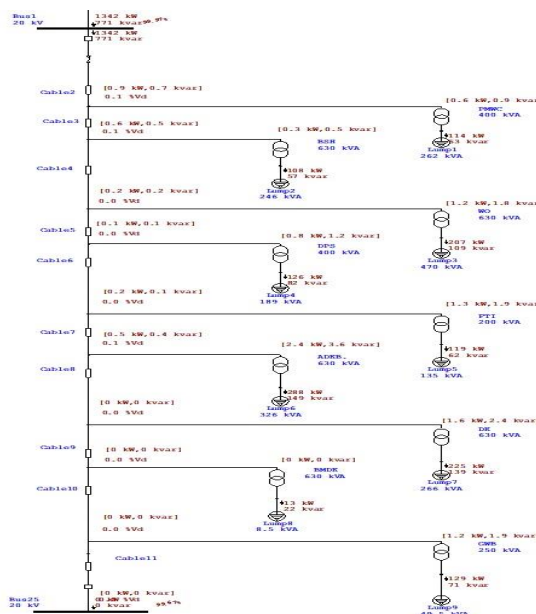
Gambar 3. Grafik Perbandingan Penelitian

Dengan adanya gambar 3. Dapat di lihat perbedaan pada setiap percobaan di mana data aktual paling rendah nilai rugi salurannya sedangkan rugi saluran menggunakan data GPS paling besar rugi salurannya, hal tersebut dapat terjadi karena selisih jarak yang terjadi pada data aktual dan GPS sehingga mempengaruhi impedansi salurannya.



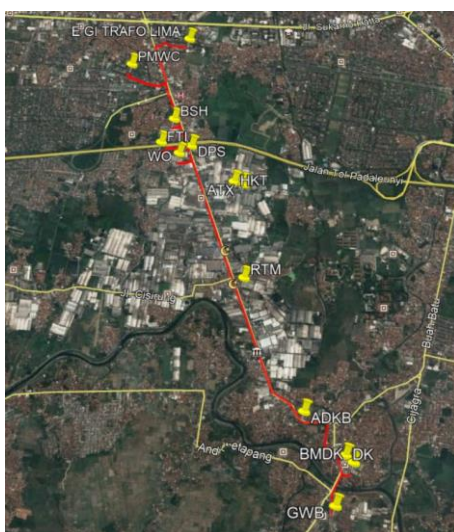
Gambar 4. Simulasi Etap menggunakan jarak PLN Pukul 0:00

Dengan melihat hasil simulasi etap bisa terlihat seberapa besar dan berapa nilai-nilai yang terjadi pada suatu penyulang di mana simulasi di lakukan dengan dua data berbeda yaitu data jarak dari PT.PLN (Persero) dan data jarak tag GPS , dengan melihat besar nilai kabel 2 pada gambar 4.6 sebesar 0,1 KW dan kabel 2 pada gambar 4.7 sebesar 0,9 KW, hal tersebut bisa terjadi karena ada perbedaan jarak penghantar antara data aktual dan GPS, karena semakin panjang suatu saluran semakin besar juga hambatannya.



Gambar 5. Simulasi Etap menggunakan data jarak GPS pukul 0:00

Nilai-nilai yang terjadi pada simulasi Etap menggunakan data GPS memiliki nilai rugi-rugi daya saluran yang lebih besar di dibandingkan dengan simulasi pada gambar 4.6 , nilai ini di pengaruhi oleh panjang salurannya karena pada data GPS panjang saluran menjadi lebih panjang karena memang terjadi selisih jarak.



Gambar 4. Penyulang CDM pada *Google Earth*

Bisa kita lihat hasil dari pemetaan yang dilakukan dengan aplikasi google earth bahwa penyulang CDM memiliki saluran yang jarak antara trafonya tidak seimbang, maksud nya tidak seimbang adalah ada salah satu jarak antara trafo yang lebih jauh d bandingkan jarak trafo lainnya. Dan disini saya juga memasukan beberapa gambar dari trafo distribusi penyulang lain, yaitu ATX, HKT, RTM

4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang di lakukan didapatkan rugi daya penyulang selama 1 hari adalah sebesar 250.6340912 KW. Sedangkan dari hasil perhitungan memakai aplikasi Google Earth untuk kasus penyulang dengan kondisi beban yang sama didapatkan hasil sebesar 264.2882627 kW. Dengan demikian selisih antara perhitungan dengan hasil tag GPS yang di lakukan adalah sebesar 5.1%.

Besar rugi saluran untuk Etap dengan data dari PLN sebesar 32,8 KW dan untuk simulasi Etap menggunakan jarak tag GPS sebesar 62,8 KW selisih tersebut di karenakan pengukuran jarak PLN masih menggunakan data base saat perencanaan pembuatan saluran transmisi, dan sudah lama tidak di lakukan pengukuran jarak ulang.

Setelah dilakukan pemetaan saja kita bisa langsung melihat masalah yang terjadi dan solusinya, karena masalah yang kita lihat di penyulang CDM adalah jarak yang tidak seimbang, namun setelah kita lihat pemetaan trafo lain di tengah jarak trafo FTI – ADKB ada posisi trafo penyulang lain yang di dapat kita gunakan sebagai tambahan bagi penyulang CDM.

Banyak hal yang dapat mempengaruhi terjadinya selisih data jarak, diantaranya posisi tag yang kurang tepat meskipun akurasi GPS baik.

Daftar Pustaka

- [1] Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, Gramedia. Jakarta, (2000).
- [2] Standar PLN 50, Spesifikasi Transformator Distribusi, (1997).
- [3] Aulia Nur F, Analisis Perhitungan Susut Daya dan Energi Pada Penyulang X di Sisi Tegangan Menengah sampai Trafo Distribusi, Institut Teknologi Nasional. Bandung, (2017).
- [4] Akbar, A. Ali, Perhitungan Susut Daya Pada Sistem Distribusi Saluran Udara (SUTM) Penyulang CWRA GIS Kiara Condong dan Saluran Kabel (SKTM) Penyulang CBB GI Cigereleng. Bandung.(2006).

- [5] Ramadhianto, Danang, Studi Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik Melalui Analisis Pengukuran dan Perhitungan, Skripsi, Universitas Indonesia, (2008).
- [6] Wasi, M. Riyan, Perhitungan Rugi-rugi Daya dan Energi pada SKTM 20kV di GI Cigereleng - GH Braga dengan Metoda Gauss Seidel. Bandung, (2007).
- [7] Mukundufite Fabien, Reduction of Power Loss in Transmission and Distribution Lines by Respect of Comprehensive Planning in Combination with DG Installations Close to Consumers in Rwanda. University of Rwanda, Butare, Rwanda (2016).