

Evaluasi Tahanan Pentanahan Kawat Netral Pada Jaringan Tegangan Menengah Daerah Perbukitan dan Pantai di Area Pelayanan Jaringan Semarang

Suryono

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang
E-mail : surya_tekno@yahoo.com

Abstrak

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai tahanan pentanahan kawat netral elektroda batang tunggal (Individu) dan tahanan pentanahan bersama (Common Ground) pada daerah pantai dan perbukitan. Untuk mengetahui besarnya nilai tahanan pentanahan dilakukan dengan cara mengukur pada jaringan listrik tegangan menengah (JTM) tiga fasa yang sudah terpasang batang pentanahan (Ground Rod) dan dipilih pada kawasan industri di wilayah Semarang Barat, yaitu Kawasan Industri Wijaya Kusuma (KIW) dan Kawasan Industri Candi (KIC). Hasil pengukuran dianalisis dengan uji statistik untuk mengetahui apakah nilai rata-rata tahanan pentanahan daerah pantai dan perbukitan masih memenuhi persyaratan seperti pada SPLN No.3 : 1978. Pengujian statistik juga mencakup apakah nilai rata-rata tahanan pentanahan daerah pantai dengan perbukitan baik pentanahan tunggal maupun bersama terdapat perbedaan yang signifikan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ternyata bahwa nilai rata-rata pentanahan daerah pantai dan perbukitan masih memenuhi persyaratan dengan $Rt-p = 5,76$ ohm dan $Rt-b = 14,58$ ohm, hasil tersebut diperoleh dari hitungan uji statistik secara manual. Dari hasil uji statistik menggunakan SPSS diperoleh, terdapat perbedaan yang signifikan, nilai rata-rata tahanan pentanahan batang tunggal maupun bersama, antara daerah pantai dengan perbukitan. Homogenitas dari data yang diuji diperoleh, data tahanan pentanahan elektroda batang tunggal tidak homogen, sedangkan data tahanan pentanahan kawat netral bersama adalah homogen.

Kata Kunci: elektroda pentanahan, tahanan pentanahan, kawat netral bersama

Abstract

In this study, measurements were taken prisoners single-rod grounding electrode (individual) and resistance neutral grounding wire along the coast and hills. Measurements were made on medium-voltage power lines which are mounted three-phase Ground Rod and selected on the industry in the region of APJ Semarang, Semarang UPJ West. Measurement results will be analyzed with a statistical test to determine whether the average value of grounding resistance and hilly coastal area still meets the criteria in SPLN 3: 1978. Statistical testing also includes whether the average value of grounding resistance with a hilly coastal area either alone or together with earth there are significant differences. The results obtained from the study that the magnitude of the average value of the grounding of the coast and the hills are still eligible, $Rt-p = 5.76$ ohm and $Rt-b = 14.58$ ohms, the results obtained from statistical tests manually. Of statistical tests using SPSS acquired, there are significant differences, the average value of grounding resistance or with a single trunk, between the coastal hills. Tested the homogeneity of the data obtained, the grounding electrode resistance data are not homogeneous single rod, while the resistance data with homogeneous neutral grounding wire.

Keywords: earth electrode, grounding resistance, neutral wire

I. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan DI Yogyakarta menerapkan sistem distribusi Jaringan Tegangan Menengah (JTM) tiga fasa, empat kawat. Berpedoman SPLN No. 3 tahun 1978, tentang Pentanahan Jaringan Tegangan Rendah dan Pentanahan Instalasi [1] serta SPLN No. 12 tahun 1978 tentang Pedoman Penerapan

Sistem Distribusi 20 kV, Fasa tiga, 4-kawat yang menyatakan bahwa jaringan distribusi dengan sistem kawat netral bersama antara Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) besarnya tahanan pentanahannya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Tahanan pentanahan dari setiap batang pentanahan elektroda tunggal (*Ground Rod*) maksimal 25 ohm.

2. Tahanan pentanahan kawat netral sistem jaringan distribusi sepanjang 1mile (1,609 Km) dengan minimal 4 batang pentanahan elektroda tunggal (*Ground Rod*) adalah maksimal 6,25 ohm [2]

Dalam penerapan jaringan distribusi tegangan menengah sistem fasa-tiga, empat kawat yang terdiri dari tiga kawat fasa dan satu kawat netral dilakukan pentanahan kawat netral bersama di banyak tempat (*multy grounded common neutral*). Sistem pentanahan kawat netral bersama yang diterapkan pada pembangunan jaringan baru, DIP 1992/1993, setiap tujuh tiang terdapat satu elektroda batang tunggal (*ground rod*) dan meniadakan pentanahan langsung di setiap tiang [3].

Wilayah kerja Area Pelayanan Jaringan Semarang mempunyai daerah perbukitan dan pantai yang mempunyai struktur tanah berbeda tentunya mempunyai tahanan jenis tanah yang berbeda. Perlu dilakukan pengukuran tahanan pentanahan elektroda batang tunggal dan pentanahan kawat netral bersama untuk mengetahui dan mengevaluasi apakah nilai rata-rata tahanan pentanahan pada kedua daerah tersebut masih memenuhi persyaratan SPLN No. 3 tahun 1978 dan SPLN No. 12 tahun 1978 ?. Jika dua daerah tersebut mempunyai perbedaan tahanan jenis tanah yang besar, pada daerah pantai masih memenuhi persyaratan sedang daerah perbukitan tidak memenuhi persyaratan.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan yang Digunakan

Sebagai bahan-bahan penelitian yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah : elektroda batang tunggal yang sudah terpasang dilokasi dan tersambung dengan kawat netral (tiang listrik yang sudah ada *ground rod* nya),
2. Elektroda pentanahan, 0,5 (setengah) meter sebanyak dua buah sebagai elektroda pembantu,
3. Kabel rol sebanyak 3 (tiga) rol, yang masing-masing panjangnya 2 (dua), 10 (sepuluh) dan 20 (dua puluh) meter. Semua kabel dilengkapi dengan penjepit elektroda dan plug yang tersambung ke *Digital Earth Resistance Tester* dan pada umumnya kabel-kabel tersebut berwarna hijau, kuning dan merah,

4. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah besarnya nilai tahanan pentanahan elektroda batang tunggal dan tahanan pentanahan elektroda batang tunggal yang tersambung dengan sistem kawat netral bersama.

2.2 Alat yang Digunakan dalam Penelitian

Peralatan bantu yang digunakan untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini adalah : martil/palu, kunci pas- ring, kunci inggris, gergaji besi, tang kombinasi, linggis, betel, cangkul, ember dan lain-lain.

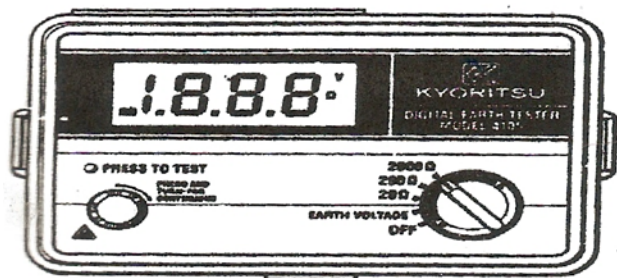
Alat ukur yang digunakan :

Nama peralatan : Digital Earth Resistance Tester

Merek : KYORITSU buatan: Tokyo, Japan

T y p e : Model 4105

R a n g e : 0 – 19,99/ 0 – 199,9/ 0 – 1999 ohm



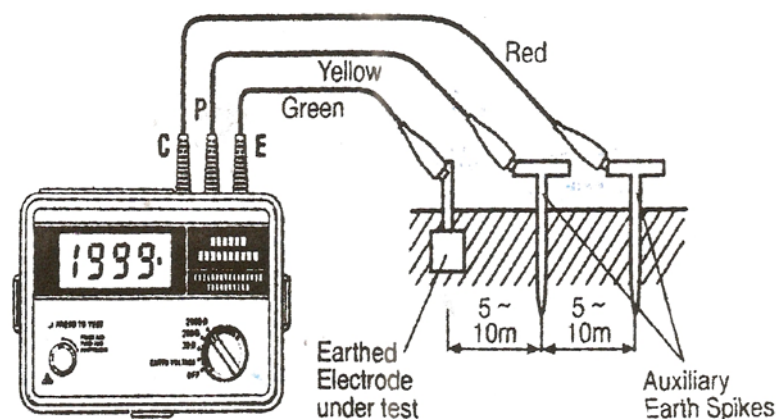
Gambar 1 Alat Ukur Tahanan Pentanahan KYORITSU Model 4105

2.3 Cara Melakukan Penelitian

1. Pengukuran tahanan pentanahan elektroda batang tunggal (*ground rod*) dengan melepaskan klem antara *ground rod* dan sambungan kawat netral sistem yang dilakukan di beberapa tempat pada daerah perbukitan dan pantai serta dipilih pada kawasan industri di wilayah APJ Semarang, UPJ Semarang Barat terutama pada jaringan (*feeder*) yang terpasang sistem pentanahan kawat netral bersama dengan tujuh tiang satu *ground rod* dengan setiap tiang tidak diketanahkan. Data hasil pengukuran dicatat dan dikumpulkan untuk bahan analisis.
2. Pengukuran tahanan pentanahan kawat netral bersama dilakukan dengan menyambung kembali antara *ground rod* dan sambungan kawat netral. Pengukuran tahanan pentanahan bersama dilakukan sama seperti pengukuran tahanan pentanahan elektroda batang tunggal, tetapi *ground rod* disambungkan dengan jaringan kawat netral sistem.

Pengukuran dilakukan di beberapa tiang listrik pada daerah pantai dan perbukitan di wilayah APJ Semarang, UPJ Semarang Barat, pada jaringan (*feeder*) yang terpasang sistem pentanahan kawat netral bersama yang baru.

Setiap titik pengukuran dilakukan berulang sebanyak 3 (tiga) kali untuk mendapatkan data yang lebih valid. Data hasil pengukuran dicatat dan dikumpulkan sebagai bahan perhitungan.



Gambar 2 Pengukuran Tahanan Pentanahan Elektroda Batang Tunggal (*Ground Rod*) yang Terpasang Pada Tiang Listrik

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

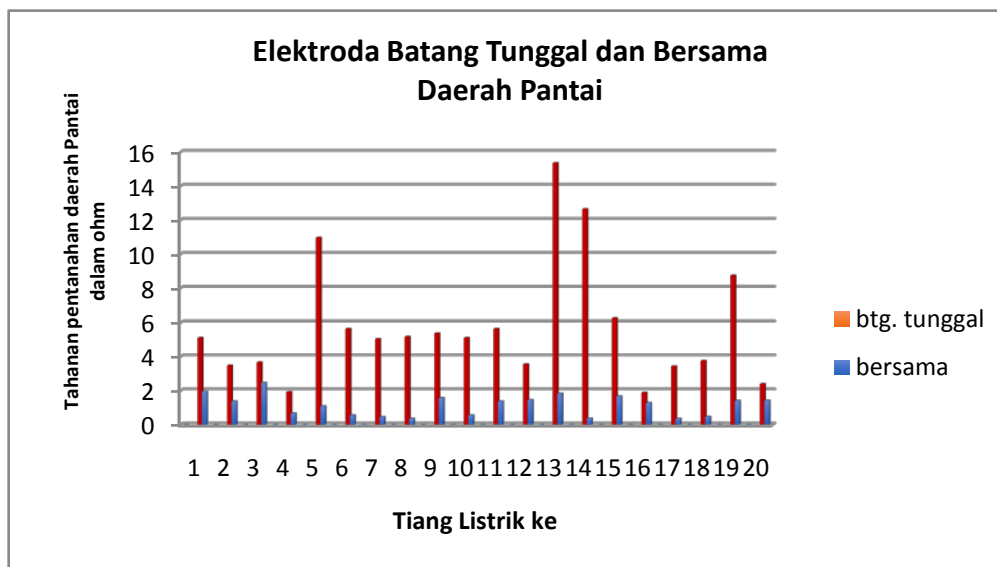
3.1 Hasil Penelitian

Data hasil tiga kali pengukuran tahanan pentanahan batang tunggal dan kawat netral bersama setelah dirata-rata nilainya ditunjukkan seperti pada Tabel 1 untuk daerah pantai dan Tabel 2 untuk daerah perbukitan. Nilai rata-rata tahanan pentanahan batang tunggal daerah pantai (R_{t-p}) dan nilai rata-rata tahanan pentanahan batang tunggal daerah perbukitan (R_{t-b}). Nilai rata-rata tahanan pentanahan kawat netral bersama daerah pantai (R_{b-p}) dan nilai rata-rata tahanan pentanahan kawat netral bersama daerah perbukitan (R_{b-b}). Dari Tabel 1 dapat diketahui penurunan tahanan pentanahan dari batang tunggal menjadi kawat netral bersama, daerah

pantai yang terbesar penurunannya terjadi pada tiang No. B7B-106/24 sebesar 97,00% sedang yang terkecil pada tiang No. B7-12/10C sebesar 31,75%. Dari Tabel 2 dapat diketahui penurunan tahanan pentanahan dari batang tunggal menjadi kawat netral bersama daerah perbukitan yang terbesar penurunannya terjadi pada tiang No. B10/1/44N sebesar 94,73% sedang yang terkecil pada tiang No. B10/15/15D sebesar 33,27%. Tahanan pentanahan batang tunggal daerah pantai semua sampel memenuhi persyaratan, daerah perbukitan terdapat dua sampel yang tidak memenuhi persyaratan yaitu : tiang No. B10/1/50 sebesar 41,63 Ω dan No. B10/15/15D sebesar 33,27 Ω .

TABEL 1
 DATA PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN BATANG TUNGGAL (RT-P) DAN KAWAT NETRAL BERSAMA (RB-P)
 SERTA PERSENTASI PENURUNAN TAHANAN PENTANAHANNYA
 (DAERAH PANTAI)

No	No. TIANG	Rt-p (Ω)	Rb-p (Ω)	%
1	B7 - 106 / 27	5,11	1,96	61,64
2	B7 - 106 / 41	3,48	1,38	60,34
3	B7 - 106 / 35	3,67	2,47	32,70
4	B7 - 106 / 20	1,94	0,67	65,46
5	B7 - 12 / 9	10,97	1,09	90,06
6	B7 B - 106 / 26 G	5,64	0,56	90,07
7	B7 B - 106 / 26 N	5,05	0,46	90,89
8	B7 B - 106 / 7 G	5,18	0,36	93,05
9	B7 B - 106 / 7 N	5,38	1,57	70,82
10	B7 - 17 / 4	5,11	0,56	89,04
11	B7 - 6	5,64	1,38	75,53
12	B7 - 13	3,56	1,46	58,99
13	B7 - 12 / 2E	15,36	1,84	88,02
14	B7 B - 106 / 24	12,65	0,38	97,00
15	B7 - 12 / 5 F	6,28	1,68	73,25
16	B7 - 12 / 10 C	1,89	1,29	31,75
17	B7 - 17 / 17	3,44	0,36	89,53
18	B7 - 17 / 10	3,76	0,47	87,50
19	B7 - 106 / 26	8,75	1,41	83,89
20	B7 - 106 / 31 F	2,40	1,43	40,42

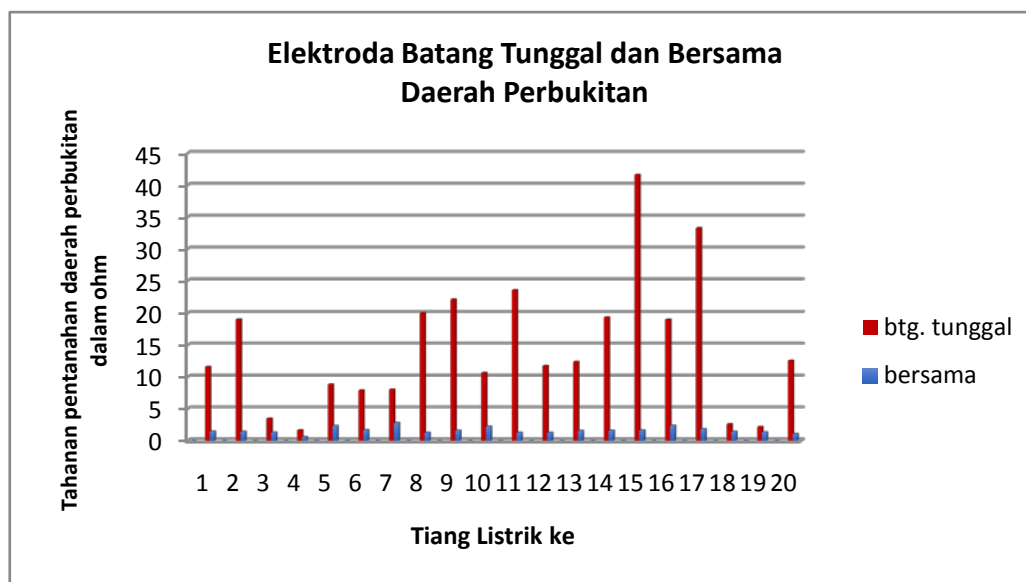


Gambar 3 Tahanan Pentanahan Elektroda Batang Tunggal dan Kawat Netral Bersama Daerah Pantai

TABEL 2

DATA PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN BATANG TUNGGAL (RT-B) DAN KAWAT NETRAL BERSAMA (RB-B) SERTA PERSENTASI PENURUNAN TAHANAN PENTANAHANNYA (DAERAH BUKIT)

No	No. TIANG	Rt-p (Ω)	Rb-p (Ω)	%
1	B10 / 23 / 6 F	11,59	1,45	87,49
2	B10 / 23 / 5 E	19,04	1,42	92,54
3	KPK 10 / 092 / T002	3,47	1,29	62,82
4	KPK 10 / 106	1,64	0,58	64,63
5	KPK 10 / 084 / B003	8,84	2,34	73,53
6	KPK 10 / 084 / B006	7,90	1,67	78,86
7	KPK 10 / 084 / B012	8,03	2,79	65,26
8	B10 / 15 / 13	20,03	1,25	93,76
9	B10 / 15 / 13 F	22,07	1,59	92,80
10	KPK 10 / 112 / U013	10,65	2,23	79,06
11	B10 / 1 / 44 N	23,53	1,24	94,73
12	B10 / 1 / 44 H	11,75	1,24	89,45
13	KPK 10 / 112 / U006	12,39	1,54	87,57
14	B10 / 1 / 50 G	19,36	1,58	91,84
15	B10 / 1 / 50	41,63	1,62	96,11
16	B10 / 15 / 15 D	19,01	2,35	87,64
17	B10 / 15 / 18	33,27	1,84	94,47
18	KPK 10 / 088 / T006	2,60	1,42	45,38
19	B10 / 15 / 41 S	2,16	1,33	38,43
20	B10 / 23 / 18	12,56	1,06	91,56



Gambar 4 Tahanan Pentanahan Elektroda Batang Tunggal dan Kawat Netral Bersama Daerah Bukit

3.2 Pengujian dan Pembahasan

Statistik pengujian hipotesis satu rata-rata dipergunakan untuk menguji rata-rata hitung (*arythmatic mean*), karena hanya untuk menguji satu kelompok data yang hanya mencakup satu klasifikasi atau satu variabel independen yang dibandingkan dengan nilai standarnya (hipotesisnya)[4].

3.2.1 Pengujian Hipotesis

Uji statistik yang sesuai dengan kasus ini adalah uji t (*One –Sample T Test*). Uji t ini digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata suatu sampel dengan suatu nilai hipotesis [5]. Nilai rata-rata sampel yang digunakan adalah dari data seperti pada Tabel 1 (Rt-p) dan Tabel 2 (Rt-b), sedangkan nilai hipotesisnya adalah 25.

A. Analisis Statistik Pentanahan Daerah Pantai

Langkah-langkah analisis statistik dengan uji t adalah sebagai berikut :

1. Menghitung nilai rata-rata dari data Tabel 1 (Rt-p).

$$\text{Nilai rerata : } \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n Ri}{n} = \frac{115,27}{20} = 5,76 \Omega$$

2. Menghitung nilai standar deviasi data Tabel 1 (Rt-p).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ri - \bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{242,4932}{19}} = 3,573$$

B. Pengujian Hipotesis

1. Formula Hipotesis :
 - (a) $H_0 \rightarrow \mu \leq \mu_0$ atau (b) $H_1 \rightarrow \mu > \mu_0$
2. Penentuan nilai α dan nilai t_α (dari Tabel 1) dengan db (n-1) :
 $\alpha = 0.05, t_\alpha = 1,729 \rightarrow n = 20$ (db = 20-1 = 19)
3. Kriteria Pengujian
 - (a) H_0 diterima $t_0 \leq t_\alpha$ atau
 - (b) H_0 ditolak $t_0 > t_\alpha$
4. Uji statistik $\rightarrow \mu_0 = 25$

$$t_0 = \frac{\bar{R} - \mu_0}{S / \sqrt{n}} = \frac{5,76 - 25}{3,573 / \sqrt{20}} = -24,08$$

5. Kesimpulan

Karena $t_0 < t_\alpha \rightarrow (-24,08 < 1,729)$, maka $H_0 \rightarrow \mu \leq \mu_0$; diterima dan

$H_1 \rightarrow \mu > \mu_0$; ditolak

Kesimpulannya nilai rata-rata tahanan pentanahan batang tunggal daerah pantai lebih kecil dari 25 Ω .

Dengan cara yang sama, tahanan pentanahan batang tunggal daerah perbukitan, dihitung menghasilkan $t_0 = -4,476$, karena $t_0 < t_\alpha \rightarrow (-4,476 < 1,729)$, maka $H_0 \rightarrow \mu \leq \mu_0$; diterima, $H_1 \rightarrow \mu > \mu_0$; ditolak, kesimpulannya nilai rata-rata tahanan pentanahan batang tunggal daerah perbukitan lebih kecil dari 25 Ω .

3.2.2 Evaluasi

Dengan adanya dua sample yang tidak memenuhi persyaratan yaitu : pada tiang No. B10/1/50 sebesar 41,63 Ω dan No. B10/15/15D sebesar 33,2 Ω . Untuk menurunkan nilai tahanan pentanahannya, maka pada kedua tiang tersebut masing-masing harus diberi tambahan sebuah batang pentanahan baru, dengan jarak tanam batang pentanahan baru minimum dua kali panjang batang pentanahan dan disambungkan paralel dengan batang pentanahan lama. Penambahan batang pentanahan baru akan menurunkan nilai tahanan pentanahan sebesar 40% sesuai dengan standar yang direkomendasikan oleh IEEE Std. 142-2007 (*greenbook revision of std 142-1991*)[6].

Tabel 3 dan Tabel 4 menjelaskan persentase kenaikan nilai tahanan pentanahan batang tunggal setiap 10% daerah pantai (Rt-p) dan perbukitan (Rt-b). Setelah dilakukan analisis statistik dengan menghitung besarnya standar deviasi (S) dan uji statistik (t_0) dengan $t_\alpha = 1,729$ ($\alpha = 5\%$) seperti pada uji t, sampai dengan kenaikan tahanan pentanahan 100% (dua kali dari nilai awal), kesimpulannya adalah hipotesa nihil (H_0) diterima. Dengan kenaikan sampai 200% (tiga kali dari nilai awal tahanan pentanahan daerah pantai), karena $t_0 < t_\alpha$ ($-3,2171 < 1,729$), dapat disimpulkan bahwa hipotesa nihil (H_0) diterima. Untuk daerah bukit sampai dengan kenaikan 130% (2,3 kali dari nilai awal), karena $t_0 < t_\alpha$ ($1,5911 < 1,729$) dapat disimpulkan hipotesa nihil (H_0) diterima. Berarti secara statistik dengan adanya kenaikan tahanan pentanahan daerah pantai sampai dengan 3 kali dan daerah bukit 2,3 kali dari nilai awal, tahanan pentanahannya masih memenuhi persyaratan.

TABEL 3
KENAIKAN TAHANAN PENTANAHAN BATANG TUNGGAL (RT-P), STANDAR DEVIASI (S), UJI STATISTIK (TO)
UNTUK PENGUKURAN DAERAH PANTAI

No	Kenaikan (%)	Rata2	S	to	Kesimpulan
1	0	5,76	3,572	-24,074	Ho diterima
2	10	6,34	3,930	-21,225	Ho diterima
3	20	6,92	4,287	-18,852	Ho diterima
4	30	7,49	4,644	-16,853	Ho diterima
5	40	8,07	5,002	-15,131	Ho diterima
6	50	8,64	5,359	-13,647	Ho diterima
7	60	9,22	5,716	-12,340	Ho diterima
8	70	9,80	6,073	-11,187	Ho diterima
9	80	10,37	6,431	-10,170	Ho diterima
10	90	10,95	6,788	-9,252	Ho diterima
11	100	11,53	7,145	-8,427	Ho diterima

TABEL 4
KENAIKAN TAHANAN PENTANAHAN BATANG TUNGGAL (RT-B), STANDAR DEVIASI (S), UJI STATISTIK (TO)
UNTUK PENGUKURAN DAERAH BUKIT

No	Kenaikan (%)	Rata2	S	to	Kesimpulan
1	0	14,58	10,412	-4,474	Ho diterima
2	10	16,03	11,453	-3,501	Ho diterima
3	20	17,49	12,494	-2,687	Ho diterima
4	30	18,95	13,535	-1,998	Ho diterima
5	40	20,41	14,576	-1,408	Ho diterima
6	50	21,86	15,618	-0,899	Ho diterima
7	60	23,32	16,659	-0,451	Ho diterima
8	70	24,78	17,700	-0,056	Ho diterima
9	80	26,24	18,741	0,296	Ho diterima
10	90	27,69	19,782	0,608	Ho diterima
11	100	29,15	20,823	0,891	Ho diterima

Setelah kenaikan sampai 140% (2,4 kali dari nilai awal) tahanan pentanahan batang tunggal daerah bukit, dari uji statistik didapat $t_o > t_\alpha$ ($1,7861 > 1,729$) dapat disimpulkan hipotesa nihil (H_0) ditolak dan hipotesa alternatif (H_1) diterima.

III. KESIMPULAN

Penelitian tahanan pentanahan batang tunggal dan kawat netral bersama di Area Pelayanan Jaringan Semarang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai tahanan pentanahan batang tunggal daerah pantai dan perbukitan ($Rt-p$) 5,76 dan ($Rt-b$) 14,58 ohm $<$ 25 ohm. Dari uji statistik disimpulkan kedua nilai tahanan

pentanahan lebih kecil dari 25 ohm, berarti nilai tahanan pentanahannya masih sesuai dengan ketentuan SPLN 3:1978

2. Pembuktian uji statistik analisis nilai beda dua rata-rata sampel independen (*Independent-Saple T Test*) karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ ($-3,581 < -2,0687$), maka H_0 ditolak dan signifikansi $<$ 0,05 ($0,002 < 0,05$) maka H_0 diterima. Disimpulkan, terdapat perbedaan yang signifikan nilai $Rt-p$ dengan $Rt-b$.
3. Pembuktian uji statistik analisis nilai beda dua rata-rata sampel independen (*Independent-Sample T Test*), karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ ($-2,508 < -2,0244$), maka H_0 ditolak, dengan signifikansi $<$ 0,05 ($0,017 < 0,05$) maka H_0 diterima. Disimpulkan, terdapat

perbedaan yang signifikan nilai $Rb-p$ dengan $Rb-b$.

4. Dengan kenaikan tahanan pentanahan batang tunggal daerah pantai ($Rt-p$) sampai 200% (tiga kali dari nilai awal) dan daerah bukit ($Rt-b$) sampai dengan 130% (2,3 kali dari nilai awal) nilai tahanannya masih memenuhi persyaratan. Setelah kenaikan 140% (2,4 kali dari nilai awal) nilai tahanan pentanahan daerah bukit lebih besar dari nilai yang dipersyaratkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SPLN 03/1978, *Jaringan Distribusi dengan Sistem Netral Bersama antara JTM dan JTR*, Jakarta.
- [2] SPLN 03/1978, *Jaringan Distribusi dengan Sistem Netral Bersama antara JTM dan JTR*, Jakarta.
- [3] Dadi, *Analisis Statistik Tahanan Pentanahan Titik Netral Bersama SUTM 20 KV 3-Fasa 4-Kawat PT. PLN (Persero) APJ Salatiga*, Laporan Tesis Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2010.
- [4] Saleh, S., *Statistik Terapan untuk Bisnis dan Ekonomi*, BPFE Yogyakarta, 1989.
- [5] Trihendradi C, *Langkah Mudah Melakukan Analisis Statistik Menggunakan SPSS 19*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2010.
- [6] IEEE Std. 142-2007 (*Greenbook Revision of Std 142-1991*)