

Pengaruh *Total Harmonic Distortion* Terhadap *Power Factor* Pelanggan Rumah Tangga 900 – 2200 VA Dusun Tujuh Bubung Kepulauan Bangka Belitung

Umami Khofifah Qodariah Ramadhani, Asmar, Wahri Sunanda*
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Jalan Kampus Peradaban, Balunijuk – Bangka, Bangka Belitung
* email: wahrisunanda@gmail.com

Abstract

The high content of harmonics in an electric power system can cause several disturbances to the system, such as increasing power losses in the system, causing various damage to electrical equipment, and causing the use of electrical energy to be ineffective. Harmonics is caused by the operation of non-linear electrical loads. The interacting harmonic currents with the supply system impedance distorts the supplier's output current and voltage which in turn adversely affects the loads connected to the system and the supply itself. This study aims to analyze the quality of THD in Bubung Tujuh Hamlet, Sangku Village. In this study, THD measurements were carried out and analyzed the effect of harmonics on the power factor using a linear regression test. The results of the measurement and analysis of THDV ranged from 1.0% - 6.8%, with the final analysis of THDV still meeting the set standard of 5%. THDI ranged from 2.3% - 66.7% with the final analysis THDI did not meet the standard. THD of the village's electrical system is still at the standard limits set and THD(V) effect on PF.

Keywords: Harmonic, THDV, THDI, Power Factor

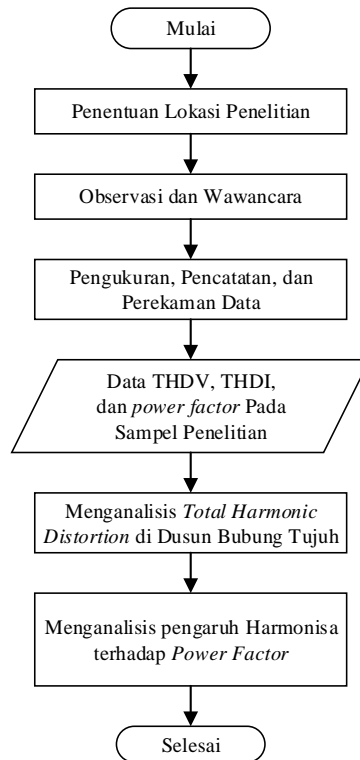
1. Pendahuluan

Berkembangnya zaman beban non linear pada pelanggan rumah tangga semakin banyak. Penggunaan beban non linear mutu daya listrik menjadi menurun, salah satunya adalah fenomena harmonisa [1,2]. Harmonisa merupakan fenomena yang ditimbulkan dari pengoperasian beban listrik non linear, di mana akan terbentuknya gelombang berfrekuensi tinggi sehingga yang biasanya gelombang tegangan maupun arus ideal atau sinusoidal murni menjadi cacat [3-5]. Umumnya gelombang sistem tenaga listrik yang terdistorsi didominasi oleh harmonisa orde ganjil frekuensi rendah, yakni harmonisa orde lima, tujuh, sebelas, dan seterusnya [6-8]. Tingginya kandungan harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik dapat menimbulkan beberapa gangguan pada sistem tersebut, seperti meningkatkan rugi-rugi daya pada sistem, menimbulkan berbagai kerusakan pada peralatan listrik yang sensitif, dan juga menyebabkan penggunaan energi listrik menjadi tidak efektif [9-12]. Berdasarkan keadaan tersebut akan dilakukan analisis total distorsi harmonisa di Dusun Bubung Tujuh Desa Sangku Kecamatan Tempilang, mengingat pada penelitian sebelumnya belum ada pengukuran distorsi harmonisa pada sistem listrik 1 phase.

2. Metode Penelitian

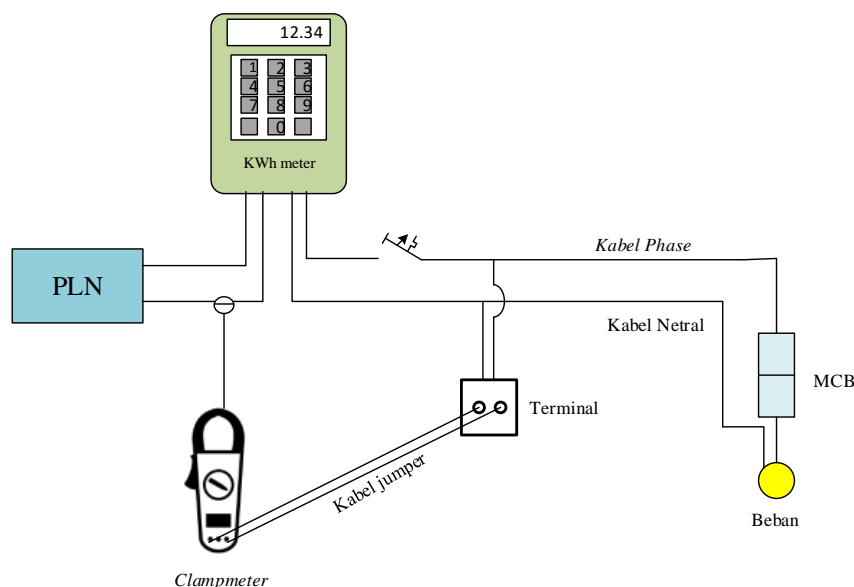
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat ukur *clamp meter metrel MD 9270* dan aplikasi pengolahan statistik. Bahan yang digunakan adalah data hasil pengukuran pada pelanggan rumah tangga dengan kWh 900 VA sampai 2200 VA dan data standar IEEE 519-1992 [13]. Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menentukan lokasi, kemudian jumlah target sampel yang akan diteliti. Jumlah sampel yang diteliti pada

penelitian ini berjumlah 30 sampel yang diambil dari pelanggan rumah tangga dengan daya kWh 900 VA sebanyak 11 sampel, 1300 VA sebanyak 11 sampel, dan 2200 VA sebanyak 8 sampel. Adapun tempat penelitian ini terletak di Dusun Bubung Tujuh Desa Sangku Kecamatan Tempilang Kabupaten Bangka Barat Kepulauan Bangka Belitung. Adapun prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dari Gambar 1. Pengukuran THD menggunakan alat ukur *clamp meter metrel MD 9270* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, adapun data yang diukur yaitu THDV, THDI, dan *power factor*. Untuk pengukuran THD sendiri dibatasi sampai pengukuran harmonik ke-7.



Gambar 2. Wiring Diagram Pengukuran THD

Dari data yang dihasilkan kemudian akan dianalisis menggunakan aplikasi pengolahan statistik. Analisis *total harmonic distortion* akan dibandingkan dengan standar IEEE 519-1992 dengan menggunakan uji *one sample T test*, uji ini merupakan prosedur pengujian untuk sampel tunggal dengan mekanisme kerja yaitu rata-rata suatu variabel tunggal dibandingkan dengan suatu nilai konstanta tertentu. Analisis pengaruh harmonisa terhadap *power factor* menggunakan uji regresi linear yang bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas yang diteliti memiliki korelasi dan pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat. Adapun standar THD IEEE 519-1992 ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Standar Distorsi Harmonisa Tegangan Berdasarkan IEEE 519-1992[13]

<i>Bus Volatage (V) at PCC</i>	<i>Individual Harmonic IHDv(%)</i>	<i>Total Harmonic Distortion THDv (%)</i>
69 kV and below	3,0	5,0
69.001 kV through 161 Kv	1,5	2,5
161.001 kV and above	1,0	1,5

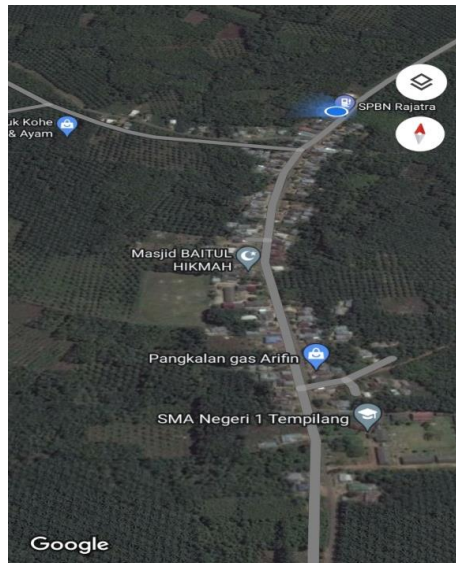
Tabel 2. Standar Distorsi Harmonisa Arus Berdasarkan IEEE 519-1992[13]

<i>Bus Volatage (V) at PCC</i>	<i>Isc / I_{Load}</i>	<i>TDD (%)</i>
69 kV and below	< 20	5,0
	20-50	8,0
	50-100	12,0
	100-1000	15,0
	> 1000	20,0
69.001 kV through 161 kV	< 20	2,5
	20-50	4,0
	50-100	6,0
	100-1000	7,5
	> 1000	10,0
161.001 kV and above	< 50	2,5
	≥ 50	4,0
*Seluruh perlengkapan pembangkitan daya dibatasi pada nilai arus distorsi ini, tanpa melihat nilai sebenarnya dari <i>Isc / I_L</i> .		
<i>Isc</i> = arus hubbng singkat maksimum, <i>I_L</i> = arus beban maksimum		

3. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Penetapan Lokasi dan Wilayah Penelitian

Lokasi dan Wilayah penelitian berada di Dusun Bubung Tujuh Desa Sangku Kecamatan Tempilang Kabupaten Bangka Barat Kepulauan Bangka Belitung.



Gambar 3. Lokasi Pelaksanaan penelitian

Gambar 3. merupakan lokasi penelitian yang telah dilakukan observasi, wawancara dan pengukuran. Pengukuran dilakukan di 30 pelanggan rumah tangga yang berada di RT. 07 dan RT. 08 di lokasi tersebut.

B. Pengukuran dan Analisis *Total Harmonic Distortion*

Pengukuran *total harmonic distortion* terdiri dari 2 tahap pertama pengukuran *total harmonic distortion voltage* dan kedua pengukuran *total harmonic distortion ampere*. Analisis *total harmonic distortion* menggunakan uji *one-sample T test*. Berikut hasil yang didapatkan dari hasil pengukuran pengukuran *total harmonic distortion*.

Tabel 3. *Test of Normality Total Harmonic Distortion Voltage*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
THDV_Siang	0,108	30	0,200*	0,954	30	0,210
THDV_Malam	0,100	30	0,200*	0,970	30	0,535

Berdasarkan hasil *output* pengukuran yang diperoleh pada Tabel 3 menunjukkan nilai *shapiro-wilk sig.* THDV pada siang hari sebesar 0,210 dan pada malam hari sebesar 0,535. Kedua nilai tersebut $> 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil pengukuran *total harmonic distortion voltage* di Dusun Bubung Tujuh terdistribusi normal, dengan demikian asumsi normalitas dalam uji *one sample t test* sudah terpenuhi.

Tabel 4. *One-Sample Statistic Total Harmonic Distortion Voltage*

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
THDV_Siang	30	2,0667	0,71983	0,13142
THDV_Malam	30	3,6067	1,34803	0,24612

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan nilai deskriptif, yaitu N sebesar 30 artinya jumlah sampel yang dipakai adalah 30 pelanggan rumah tangga. Dengan rata-rata THDV siang sebesar 2,0667 dan THDV malam sebesar 3,6067. Dari hasil rata-rata dapat diasumsikan awal bahwa THDV di Dusun Bubung Tujuh Desa Sangku masih dalam batas standar IEEE 519-1992. Untuk membuktikan lebih lanjut harus melihat hasil *output* dari *One-Sample Test*.

Tabel 5. *One-Sample Test Total Harmonic Distortion Voltage*

Test Value = 5						
	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Differences	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
THDV_Siang	-22,320	29	8,2212E-20	-2,93333	-3,2021	-2,6645
THDV_Malam	-5,661	29	0,000004	-1,39333	-1,8967	-0,8900

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan t hitung THDV siang sebesar -22,320 dan malam sebesar -5,661. Dengan kelas derajat kebebasan sebesar 29, nilai *sig. (2-tailed)* THDV siang sebesar 8,2212E-20 dan THDV malam sebesar 0,000004. Dengan hipotesis H0 yaitu nilai THDV di Dusun Bubung Tujuh > 5% dan H1 yaitu nilai THDV di Dusun Bubung Tujuh ≤ 5%. Untuk pengambilan keputusan pertama dapat diukur dari nilai *sig.* dan kedua diukur dari nilai t hitung terhadap t tabel. Dari hasil *sig.* THDV siang sebesar 8,2212E-20 < 0,05 dan *sig.* THDV malam sebesar 0,000004 < 0,05. Dapat disimpulkan hasil dari analisis dari nilai *sig.* THDV siang dan malam menunjukkan H1 diterima dan H0 ditolak. Dianalisis dari nilai t hitung dengan t tabel, t hitung THDV siang 22,320 > 2,045 dan THDV malam 5,661 > 2,045. Jadi dapat disimpulkan hasil dari analisis t hitung THDV siang dan malam, hipotesis H0 ditolak dan H1 diterima. Dari kedua analisis tersebut menunjukkan kualitas tegangan di Dusun Bubung Tujuh Desa Sangku Kecamatan Tempilang memenuhi standar IEEE 519-1992 dan SPLN D5.004-1:2012 [14] atau bisa diasumsikan dalam kondisi baik.

Tabel 6. *Test of Normality Total Harmonic Distortion Ampere*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
THDI_Siang	0,132	30	0,190*	0,939	30	0,083
THDI_Malam	0,107	30	0,200*	0,954	30	0,216

Berdasarkan hasil *output* pengukuran yang diperoleh pada Tabel 6 menunjukkan nilai *shapiro-wilk sig.* THDI pada siang hari sebesar 0,083 dan pada malam hari sebesar 0,216. Kedua nilai tersebut > 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa data hasil pengukuran *total harmonic distortion ampere* di Dusun Bubung Tujuh terdistribusi normal, dengan demikian asumsi normalitas dalam uji *one sample t test* sudah terpenuhi.

Tabel 7. *One-Sample Statistic Total Harmonic Distortion Ampere*

	N	Mean	Std. Deviation	Std. ErrorMean
THDI_Siang	30	12,5533	5,58401	1,01950
THDI_Malam	30	33,5133	17,68108	3,22811

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan nilai deskriptif, yaitu N sebesar 30 artinya jumlah sampel yang dipakai adalah 30 pelanggan rumah tangga. Dengan rata-rata THDI siang sebesar 12,5533 dan THDI malam sebesar 33,5133. Dari hasil rata-rata dapat diasumsikan awal bahwa THDI di Dusun Bubung Tujuh Desa Sangku melebihi batas standar IEEE 519-1992. Untuk membuktikan lebih lanjut harus melihat hasil *output* dari *One-Sample Test*.

Tabel 8. *One-Sample Test Total Harmonic Distortion Ampere*

Test Value = 5						
					95% Confidence Interval of the Difference	
	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Differences	Lower	Upper
THDI_Siang	7,409	29	3,6545E-8	7,55333	5,4682	9,6384
THDI_Malam	8,833	29	1,019E-9	28,51333	21,9111	35,1156

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan t hitung THDI siang sebesar 7,409 dan malam sebesar 8,833. Dengan kelas derajat kebebasan sebesar 29, nilai *sig. (2-tailed)* THDI siang sebesar 3,6545E-8 dan THDI malam sebesar 1,019E-9. Dengan hipotesis H_0 yaitu nilai THDI di Dusun Bubung Tujuh $\leq 5\%$ dan H_1 yaitu nilai THDI di Dusun Bubung Tujuh $> 5\%$. Untuk pengambilan keputusan pertama dapat diukur dari nilai *sig.* dan kedua diukur dari nilai t hitung terhadap t tabel. Dari hasil *sig.* THDI siang sebesar 3,6545E-8 $< 0,05$ dan *sig.* THDI malam sebesar 1,019E-9 $< 0,05$. Dapat disimpulkan hasil dari analisis dari nilai *sig.* THDI siang dan malam menunjukkan H_1 diterima dan H_0 ditolak. Dianalisis dari nilai t hitung dengan t tabel, t hitung THDV siang 22,320 $> 2,045$ dan THDV malam 5,661 $> 2,045$. Jadi dapat disimpulkan hasil dari analisis t hitung THDI siang dan malam, hipotesis H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dari kedua analisis tersebut menunjukkan kualitas arus di Dusun Bubung Tujuh Desa Sangku Kecamatan Tempilang melebihi batas standar IEEE 519-1992 (SPLN D5.004-1:2012) atau bisa diasumsikan dalam kondisi tidak baik. Untuk perbaikan THDI direkomendasikan menggunakan pemasangan *filter LC* pada sistem listrik.

C. Pengukuran dan Analisis Pengaruh *Total Harmonic Distortion* terhadap *Power Factor*

Pengukuran *power factor* di ukur menggunakan alat ukur *clamp meter metrel MD 9270*. Untuk analisis pengaruh *total harmonic distortion* terhadap *power factor* menggunakan uji regresi linear. Berikut hasil analisis *output* dari uji regresi linear.

Tabel 9. *Tests of Normality Residual Power Factor Siang*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Unstandardized Residual	0,138	30	0,150*	0,963	30	0,375
Standardized Residual	0,138	30	0,150*	0,963	30	0,375

Tabel 9 menunjukkan uji normalitas pada nilai residu antara THDV siang terhadap *power factor* siang. Dari nilai *sig.* pada *kolmogorov-smirnov* dan *shapiro-wilk* menunjukkan nilai $> 0,05$ artinya nilai residu antara THDV siang terhadap *power factor* siang berdistribusi normal.

Tabel 10. *Model Summary Power Factor Siang*

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of The Estimate
1	0,273 ^a	0,075	0,042	0,09769

a. *Predictors: (Constant), THDV_Siang*

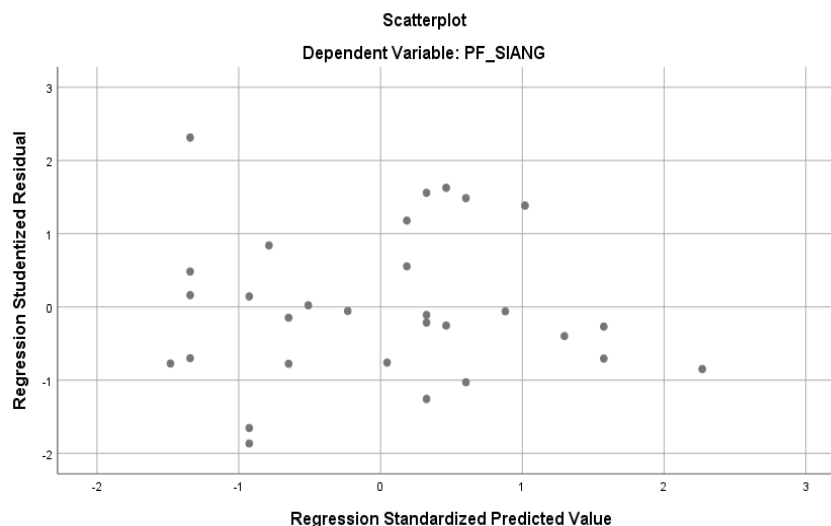
Tabel 10 menunjukkan *R square* atau persentase pengaruh variabel *dependent* terhadap variabel *dependent* sebesar 0,075, *R* sebesar 0,273, *adjusted R Square* sebesar 0,042, dan *Std. Error of Estimate* sebesar 0,09769.

Tabel 11. *Coefficients^a Power Factor Siang*

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	T	Sig.
		B	Std. Error			
1	(Constant)	0,743	0,055		13,502	0,000
	THDV_Siang	0,038	0,025	0,273	1,504	0,144

a. *Dependent Variable: PF_Siang*

Tabel 11 menunjukkan jika tidak ada THDV maka nilai konsisten PF adalah sebesar 0,743 dan setiap penambahan 1% tingkat THDV maka PF akan meningkat sebesar 0,038. Hipotesis yang dapat dianalisis ialah H_0 yaitu THDV berpengaruh terhadap PF dan H_1 yaitu THDV tidak berpengaruh terhadap PF. Untuk mengetahui pengaruh THDV terhadap PF dapat dianalisis melalui dua cara yaitu membandingkan nilai *sig.* dengan probabilitas 0,05 dan juga membandingkan nilai *t* hitung dengan *t* tabel. Berdasarkan hasil *output* pada Tabel 11 menunjukkan nilai *sig.* $0,114 > 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima dan H_1 ditolak. Dari hasil analisis perbandingan *t* hitung terhadap *t* tabel dengan derajat kebebasan senilai 28 yang artinya *t* tabel sebesar 2,048, *t* hitung $1,504 < 2,048$. Dapat disimpulkan H_0 diterima, artinya THDV berpengaruh terhadap PF. Pengaruhnya sebesar 7,5 % seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10. Sedangkan 92,5% PF dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti.

Gambar 4. *Scatterplot Power Factor Siang*

Pada Gambar 4 menunjukkan bukti bahwa ada pengaruh THDV siang terhadap *power factor* siang karena persebaran *regresion standardized residual* terhadap *regresion standardized predicted value* menunjukkan pola acak. Ini berarti analisis hipotesis terdapat pengaruh THDV siang terhadap *power factor* siang dapat diterima.

Tabel 12. *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test Power Factor Malam*

		Unstandardized Residual	Standardized Residual
N		30	30
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	0,0000000	0,0000000
	Sdt. Deviation	0,08427468	0,98260737
Most Extreme Differences	Absolute	0,128	0,128
	Positive	0,087	0,087
	Negative	-0,128	-0,128
Test Statistic		0,128	0,128
Asymp. Sig. (2)		0,200 ^{c,d}	0,200 ^{c,d}

Tabel 12 menunjukkan uji normalitas pada nilai residu antara THDV malam terhadap *power factor* malam. Dari nilai *asymp sig.* pada *kolmogorov-smirnov* menunjukkan nilai 0,20 > 0,05 artinya nilai residu antara THDV malam terhadap *power factor* malam berdistribusi normal.

Tabel 13. *Model Summary Power Factor Malam*

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of The Estimate
1	0,147 ^a	0,022	-0,013	0,08577

a. *Predictors: (Constant), THDV_Malam*

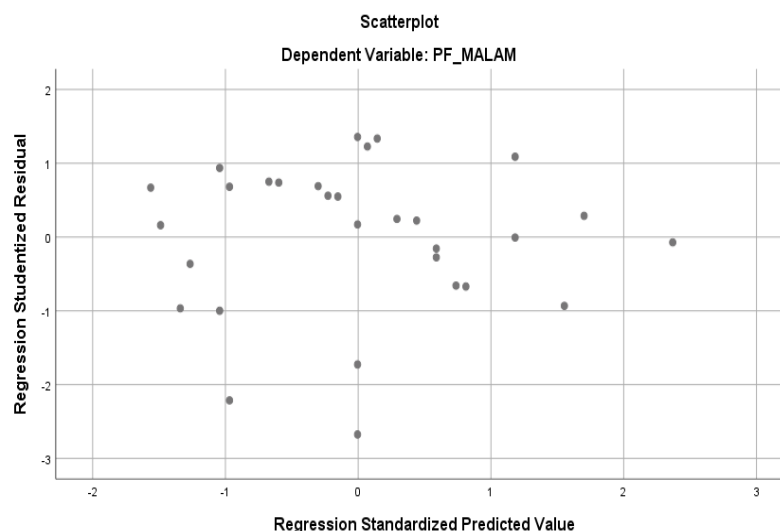
Tabel 13 menunjukkan *R square* atau persentase pengaruh variabel *dependent* terhadap variabel *dependent* sebesar 0,022, *R* sebesar 0,147, *adjusted R Square* sebesar -0,013, dan *Std. Error of Estimate* sebesar 0,08577.

Tabel 14. *Coefficients^a Power Factor Malam*

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	T	Sig.
		B	Std. Error			
1	(Constant)	0,832	0,045		18,329	0,000
	THDV_Malam	0,009	0,012	0,147	0,788	0,437

a. *Dependent Variable: PF_Malam*

Tabel 14 menunjukkan jika tidak ada THDV maka nilai konsisten PF adalah sebesar 0,832 dan setiap penambahan 1% tingkat THDV maka PF akan meningkat sebesar 0,009. Hipotesis yang dapat dianalisis ialah H0 yaitu THDV berpengaruh terhadap PF dan H1 yaitu THDV tidak berpengaruh terhadap PF. Untuk mengetahui pengaruh THDV terhadap PF dapat dianalisis melalui dua cara yaitu membandingkan nilai *sig.* dengan probabilitas 0,05 dan juga membandingkan nilai t hitung dengan t tabel. Berdasarkan hasil *output* pada Tabel 14 menunjukkan nilai *sig.* 0,437 > 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa H0 diterima dan H1 ditolak. Dari hasil analisis perbandingan t hitung terhadap t tabel dengan derajat kebebasan senilai 28 yang artinya t tabel sebesar 2,048, t hitung 0,778 < 2,048. Dapat disimpulkan H0 diterima, artinya THDV berpengaruh terhadap PF. Pengaruhnya sebesar 2,2 % seperti yang ditunjukkan pada Tabel 13. Sedangkan 97,8% PF dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti. Menurut hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa harmonisa berpengaruh terhadap faktor daya.

Gambar 5. *Scatterplot Power Factor Siang*

Pada Gambar 5 menunjukkan bukti bahwa ada pengaruh THDV malam terhadap *power factor* malam karena persebaran *regression standardized residual* terhadap *regression standardized predicted value* menunjukkan pola acak. Ini berarti analisis hipotesis terdapat pengaruh THDV malam terhadap *power factor* malam dapat diterima.

4. Kesimpulan

Total harmonic distortion voltage atau kualitas tegangan pada siang dan malam hari di Dusun Bubung Tujuh Desa Sangku Kecamatan Tempilang Kabupaten Bangka Barat memenuhi standar *IEEE 519-1992* (SPLN D5.004-1: 2012), artinya dalam kondisi baik.

Sedangkan *Total harmonic distortion ampere* atau kualitas arus pada siang dan malam hari di Dusun Bubung Tujuh Desa Sangku Kecamatan Tempilang tidak memenuhi standar *IEEE 519-1992* artinya dalam kondisi buruk.

Referensi

- [1] Grady, W M., & Gilleskie, R J. (2001). *Understanding Power System Harmoni*. IEEE Power Engineering Review.
- [2] Sankaran, C. (2002). *Power Quality*. CRS PRESS LCC.
- [3] Dugan, Roger., & MC, Granaghan. (2002). *Electrical Power System Quality 2nd*. The MC-Graw Hills Componies.
- [4] Grady, W M., & Gilleskie, R J. (2001). *Understanding Power System Harmoni*. IEEE Power Engineering Review.
- [5] Alexander, Marc T Thompson. (2007). *Power Quality in Electrical System*. The MC-Graw Hills Componies.
- [6] Azmi, Riski Lubis. (2017). Efektivitas Penggunaan Pasif Filter LC Dalam Mengurangi Harmonik Arus. *Journal of Electrical Technology*, 2(3), 2598-1099.
- [7] Dultudes, Mangopo. (2007). Pengaruh Distorsi Harmonik Terhadap Faktor Daya. Theses and Dissertations Repository UGM.
- [8] Daniel, Rohi., Dion, Utomo., & Ontoseno, Penangsang. (2009). Distorsi Harmonisa Pada Pelanggan Domestik dengan Daya 250 VA Daya 2200 VA. *Jurnal EECCIS*, 3(1), 2460-8122.
- [9] Sunanda, W. (2014). Kandungan Harmonisa pada Lampu Hemat Energi. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 1(2), 53-56.
- [10] Asmar, A., & Sunanda, W. (2021). Studi Kualitas Energi Listrik Gedung Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(2).
- [11] Cahyo, S. D., Nisworo, S., & Pravitasari, D. (2021). Audit Kualitas Daya Listrik Rumah Sakit Jiwa Prof. Dr Soerojo Magelang. *THETA OMEGA: JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING, COMPUTER AND INFORMATION TECHNOLOGY*, 2(2), 9-18.
- [12] Cahyo, S. D., Nisworo, S., & Pravitasari, D. (2021). Audit Kualitas Daya Listrik Rumah Sakit Jiwa Prof. Dr Soerojo Magelang. *THETA OMEGA: JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING, COMPUTER AND INFORMATION TECHNOLOGY*, 2(2), 9-18.
- [13] Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (1992). *Recommended Practices and Requirement for Harmonics Control in Electrical Power System*. IEEE Standard 519-1992. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- [14] SPLN D5.004-1:2012. (2012). *Power Quality (Regulasi Harmonisa, Flicker, dan Ketidakseimbangan Tegangan*. PT. PLN.