

# Analisa Total Distorsi Harmonik Arus Terhadap Pengaruh Beban pada Sistem 3 Fasa dengan Menggunakan Simulink Matlab

Muhammad Afdal<sup>1</sup>, Rakhmad Syafutra Lubis<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7. Darussalam, Banda Aceh, 23111, Aceh, Indonesia

<sup>1</sup>afdal24@mhs.unsyiah.ac.id

<sup>2</sup>rakhmadslubis@unsyiah.ac.id

**Abstrak**— Harmonik merupakan distorsi arus dan tegangan karena adanya gelombang lain dengan frekuensi kelipatan integer dari frekuensi fundamental. Pada penelitian ini dilakukan simulasi pengaruh beban pada sistem 3 fasa sehingga dapat dilihat perubahan nilai THDI yang dihasilkan. Hasil penelitian diperoleh bahwa, pada sistem 3 fasa, harmonik dominan terjadi pada orde harmonik ke 5, 7, 11 dan 13. Jika dilihat dari fasanya, THDI tertinggi terdapat pada fasa R sedangkan terendah terdapat pada fasa S. Semakin besar beban (RL) maka THDI semakin kecil karena semakin besar beban (RL) maka arus sumber ( $I_{abc}$ ) semakin kecil. Dapat dilihat pada hasil simulasi, ketika beban (RL) nya 10 Ohm besar THDI pada fasa R adalah 30,27%, fasa S adalah 30,13% dan fasa T adalah 30,28%. Sedangkan, ketika digunakan beban (RL) nya 100 Ohm besar THDI pada fasa R adalah 30,32%, fasa S adalah 30,08 dan fasa T adalah 30,26%. Sedangkan ketika digunakan beban (RL) nya 1000 Ohm besar THDI pada fasa R adalah 29,87%, fasa S adalah 29,65% dan fasa T adalah 29,82%. Selain itu, dari penelitian ini dapat disimpulkan juga bahwa penyearah 3 fasa dapat menimbulkan harmonik yang cukup besar yaitu melebihi standart IEEE 519-2014.

**Kata Kunci**— Harmonik, Total Distorsi Harmonik, Sistem 3 Fasa, Distorsi Arus.

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan primer yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan masyarakat. Sehingga perlu diperhatikan kualitas dan kuantitas daya listrik agar selalu dalam kondisi baik. Salah satu penyebab terganggunya kualitas daya listrik adalah terjadinya distorsi harmonik. Distorsi harmonik ini merupakan distorsi yang terjadi pada arus arus dan tegangan listrik karena adanya gelombang lain yang memiliki frekuensi kelipatan integer dari frekuensi fundamental [1]. Distorsi harmonik ini disebabkan karena pengaruh pemakaian beban yang bersifat nonlinier.

Banyak kerugian yang ditimbulkan oleh distorsi harmonik ini, antara lain dapat merusak peralatan elektronik baik yang digunakan oleh penyedia energi listrik maupun pelanggan [2]. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian yang menganalisa pengaruh beban pada sistem terhadap besarnya total distorsi harmonik.

## II. DASAR TEORI

### A. Harmonik

Harmonik kadang disebut juga harmonisa merupakan distorsi atau gelombang cacat arus dan tegangan karena adanya gelombang lain dengan frekuensi kelipatan integer dari frekuensi fundamental. Harmonik disebabkan oleh beban non linier. Gelombang fundamental arus dan tegangan ideal berbentuk sinusoidal. Gelombang harmonik memiliki kelipatan dari frekuensi fundamental. Setiap gelombang memiliki magnitude dan phase. Magnitude dan phase harmonik dapat disajikan dalam spektrum bentuk grafik, baik dalam bentuk nilai rms atau nilai maksimumnya [1], [3].

Harmonik berdasarkan ordenya dibagi menjadi 2 jenis, yaitu harmonik orde ganjil dan harmonik orde genap. Gelombang harmonik orde genap memiliki bentuk yang simetris pada satu gelombang fundamental. Setengah gelombang positif sama dengan setengah gelombang negatif dengan nilai yang berlawanan, sehingga saling meniadakan. Hal ini membuat hanya harmonik orde ganjil yang muncul pada beban yang memiliki gelombang arus simetris. Urutan harmonik dalam sistem tiga fasa 4 kawat terdiri dari urutan positif (arah putaran sama dengan fundamental), urutan negatif (arah putaran berlawanan dengan fundamental) dan urutan nol (tanpa putaran) [2].

### B. Efek Harmonik

Efek yang ditimbulkan oleh harmonik antara lain adalah memperbesar arus yang terdapat dalam sistem. Harmonik dengan urutan nol akan meningkatkan arus dalam kawat netral yang idealnya arus dalam kawat netral bernilai nol. jika frekuensi motor dibawah frekuensi harmonik maka akan meningkatkan rugi inti dan panas sehingga mempersingkat umur motor. Harmonik dengan urutan negatif akan menimbulkan CEMF (*Counter electromotive force*) yang menghasilkan medan magnet yang berlawanan dengan medan putar, sehingga akan dapat mengurangi torsi motor. Sedangkan harmonik orde tinggi akan menimbulkan *skin effect* pada jaringan, sehingga akan meningkatkan rugi daya dan panas pada jaringan [4].

### C. Total Distorsi Harmonik

*Total Harmonik Distortion* (THD) merupakan rasio total nilai komponen harmonisa terhadap komponen fundamental dan biasanya dinyatakan dalam persen. THD dapat dihitung dengan persamaan 1, dimana THD adalah *total harmonic distortion*,  $M_h$  merupakan nilai rms arus atau tegangan ke- $h$ , dan  $M_1$  adalah nilai rms arus atau tegangan pada frekuensi dasar [5].

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{hmax} M_h^2}}{M_1} \quad (1)$$

### D. Standar Harmonik

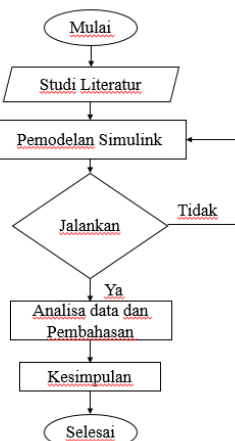
Standar harmonik yang biasa digunakan yaitu standart IEEE 519-2014. Berikut merupakan standart IEEE 519-2014 Arus untuk 120 V sampai dengan 69 kV [6].

TABLE I  
STANDAR HARMONIK ARUS UNTUK 120V SAMPAI 69 Kv

| Maksimum distorsi arus harmonik                          |                 |                  |                  |                  |                  |      |
|----------------------------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|
| Individual harmonic order (odd harmonics) <sup>a,b</sup> |                 |                  |                  |                  |                  |      |
| Isc/I <sub>L</sub>                                       | $3 \leq h < 11$ | $11 \leq h < 17$ | $17 \leq h < 23$ | $23 \leq h < 35$ | $35 \leq h < 50$ | TTD  |
| <20                                                      | 4.0             | 2.0              | 1.5              | 0.6              | 0.3              | 5.0  |
| 20<50                                                    | 7.0             | 3.5              | 2.5              | 1.0              | 0.5              | 8.0  |
| 50<100                                                   | 10.0            | 4.5              | 4.0              | 1.5              | 0.7              | 12.0 |
| 100<1000                                                 | 12.0            | 5.5              | 5.0              | 2.0              | 1.0              | 15.0 |
| >1000                                                    | 15.0            | 7.0              | 6.0              | 2.5              | 1.4              | 20.0 |

### III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan, dimana setiap tahapan dapat dilihat pada gambar 1. Penelitian dimulai dengan pengumpulan studi literatur terkait dengan distorsi harmonik. Kemudian dilakukan pemodelan Simulink dengan menggunakan *software* Matlab. Apabila pemodelan dapat berjalan dengan baik, maka tahapan selanjutnya adalah proses analisa hasil pemodelan serta pembahasan sehingga dapat dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil analisa tersebut.



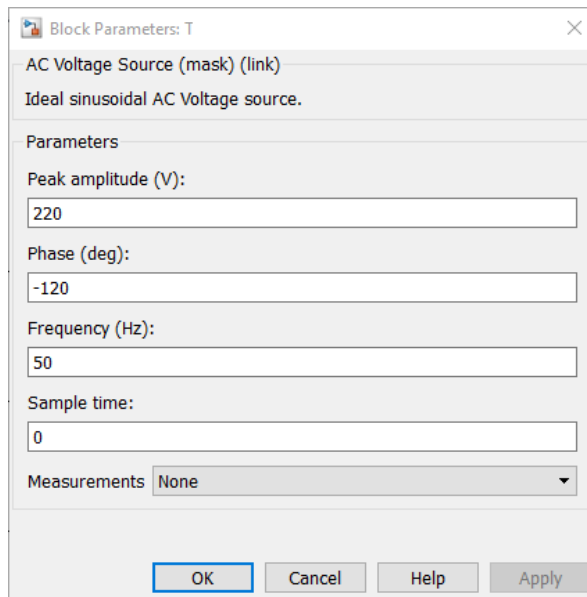
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### A. Data

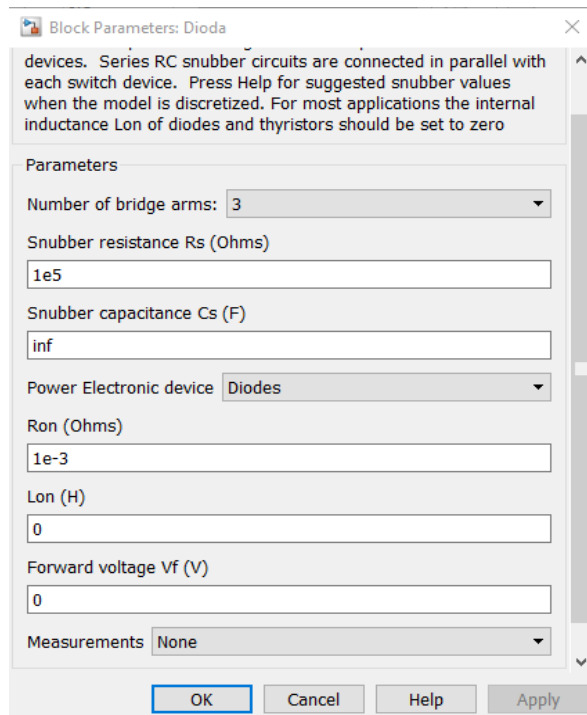
Gambar 2, 3, dan 4 merupakan data dari sumber masing-masing fasa, yaitu fasa R, fasa S, dan fasa T. Sedangkan gambar 5 merupakan data dari penyearah (dioda).

Gambar 2 Data Fasa R

Gambar 3 Data Fasa S



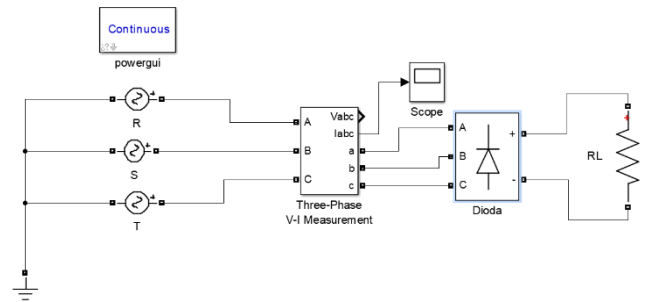
Gambar 4 Data Fasa T



Gambar 5 Data Penyearah (Dioda)

### B. Model Simulink

Gambar 6 merupakan model Simulink yang digunakan untuk melakukan pengujian pada penelitian ini. Model Simulink terdiri dari sumber 3 fasa yang terhubung ke *ground*, penyearah (dioda), dan beban R.

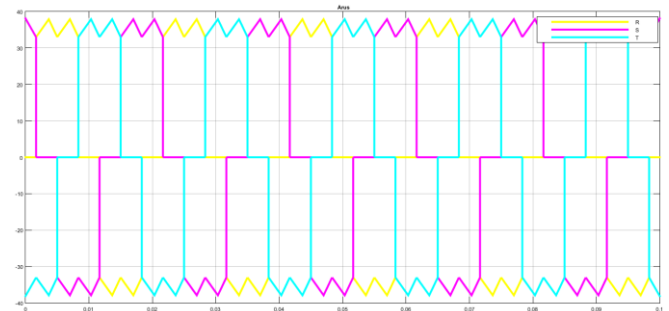


Gambar 6 Model Simulink

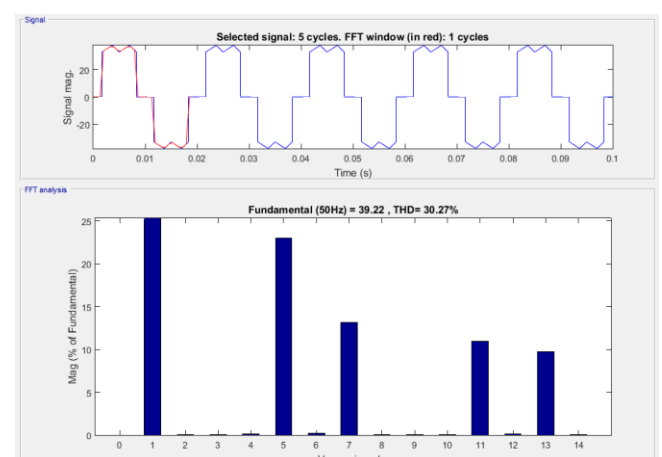
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Percobaan Pertama

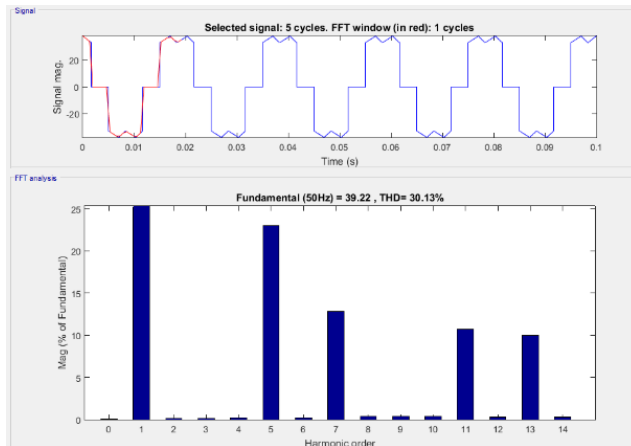
Pada percobaan pertama, dilakukan simulasi menggunakan beban (RL) sebesar 10 Ohm. Sehingga diperoleh gelombang arus seperti yang terlihat pada gambar 7. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa besar arus sumber ( $I_{abc}$ ) adalah 40 A. Dengan menggunakan *Tools FFT Analysis* pada powergui maka dapat dilihat besar harmonik pada masing-masing fasa seperti pada gambar 8, 9, dan 10. Hasil pengujian dari setiap fasa tersebut terlihat pada tabel 2. Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa harmonik lebih besar muncul pada orde harmonik ke 5, 7, 11 dan 13. Dilihat dari fasanya, total distorsi harmonik terkecil terdapat pada fasa S yaitu 30,13% dan terbesar terdapat pada fasa R yaitu 30,27%.



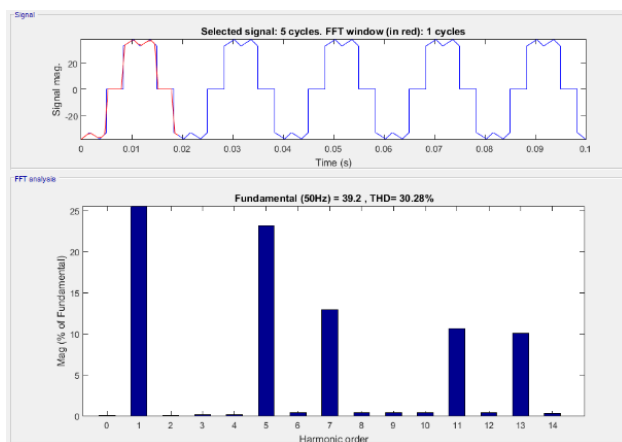
Gambar 7 Bentuk Gelombang Arus ketika 10 Ohm



Gambar 8 Harmonik pada Fasa R (10 Ohm)



Gambar 9 Harmonik pada Fasa S (10 Ohm)



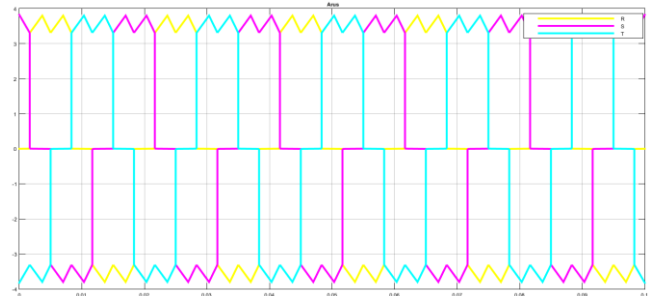
Gambar 10 Harmonik pada Fasa T (10 Ohm)

TABLE III  
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN 10 OHM

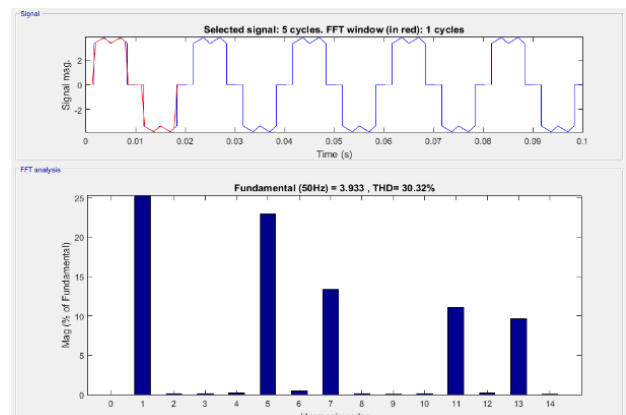
| RL<br>(Ohm) | Harmonik | THDI (%) |       |       |
|-------------|----------|----------|-------|-------|
|             |          | R        | S     | T     |
| 10          | 0        | 0        | 0,04  | 0,04  |
|             | 1        | 100      | 100   | 100   |
|             | 2        | 0,08     | 0,13  | 0,06  |
|             | 3        | 0,07     | 0,16  | 0,08  |
|             | 4        | 0,12     | 0,21  | 0,1   |
|             | 5        | 23       | 23    | 23,18 |
|             | 6        | 0,22     | 0,2   | 0,36  |
|             | 7        | 13,15    | 12,82 | 12,9  |
|             | 8        | 0,07     | 0,4   | 0,35  |
|             | 9        | 0,03     | 0,37  | 0,33  |
|             | 10       | 0,04     | 0,37  | 0,33  |
|             | 11       | 10,92    | 10,66 | 10,61 |
|             | 12       | 0,09     | 0,28  | 0,34  |
|             | 13       | 9,75     | 9,99  | 10    |
|             | 14       | 0,03     | 0,28  | 0,25  |
|             | 15       |          |       |       |
| Total       |          | 30,27    | 30,13 | 30,28 |

### B. Percobaan Kedua

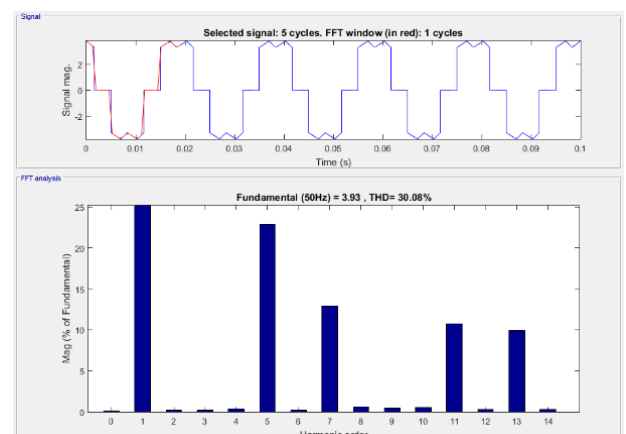
Pada percobaan dilakukan simulasi menggunakan beban (RL) sebesar 100 Ohm. Sehingga diperoleh gelombang arus seperti pada gambar 11. Dari gambar 11 tersebut dapat dilihat bahwa besar arus sumber ( $I_{abc}$ ) adalah 4 A. Dengan menggunakan *Tools FFT Analysis* pada powergui maka dapat dilihat besar harmonik pada masing-masing fasa pada gambar 12, 13, dan 14, serta hasil yang terlihat pada tabel 3.



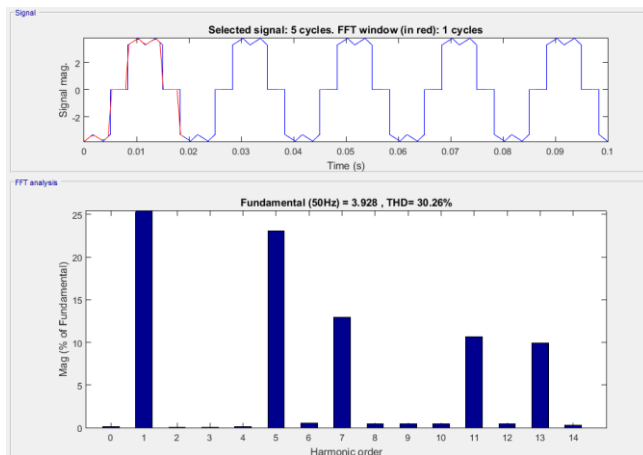
Gambar 11 Bentuk Gelombang Arus ketika 10 Ohm



Gambar 12 Harmonik pada Fasa R (100 Ohm)



Gambar 13 Harmonik pada Fasa S (100 Ohm)



Gambar 14 Harmonik pada Fasa T (100 Ohm)

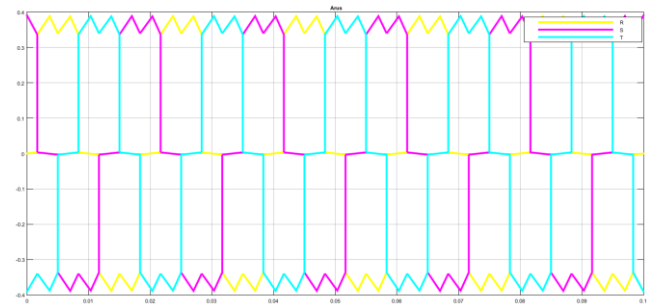
TABLE IIIII  
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN 100 OHM

| RL<br>(Ohm) | Harmonik | THDI (%) |       |       |
|-------------|----------|----------|-------|-------|
|             |          | R        | S     | T     |
| 100         | 0        | 0        | 0,09  | 0,09  |
|             | 1        | 100      | 100   | 100   |
|             | 2        | 0,16     | 0,17  | 0,03  |
|             | 3        | 0,14     | 0,21  | 0,07  |
|             | 4        | 0,24     | 0,33  | 0,16  |
|             | 5        | 22,93    | 22,88 | 23,1  |
|             | 6        | 0,44     | 0,23  | 0,52  |
|             | 7        | 13,34    | 12,92 | 12,98 |
|             | 8        | 0,14     | 0,57  | 0,48  |
|             | 9        | 0,07     | 0,48  | 0,42  |
|             | 10       | 0,08     | 0,49  | 0,42  |
|             | 11       | 11,05    | 10,73 | 10,66 |
|             | 12       | 0,17     | 0,31  | 0,44  |
|             | 13       | 9,64     | 9,9   | 9,94  |
|             | 14       | 0,06     | 0,32  | 0,26  |
| Total       |          | 30,32    | 30,08 | 30,26 |

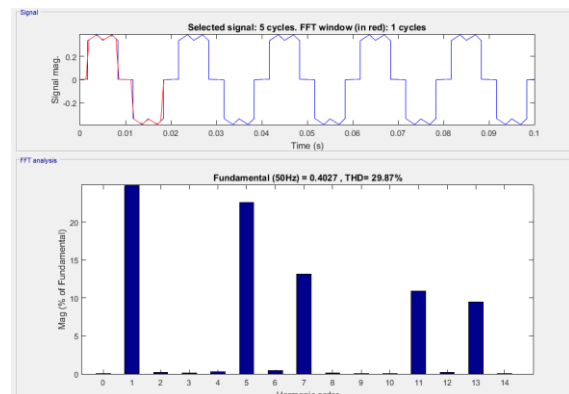
Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa harmonik lebih besar muncul pada orde harmonik ke 5, 7, 11 dan 13. Dilihat dari fasanya, total distorsi harmonik terkecil terdapat pada fasa S yaitu 30,08% dan terbesar terdapat pada fasa R yaitu 30,32%.

### C. Percobaan Ketiga

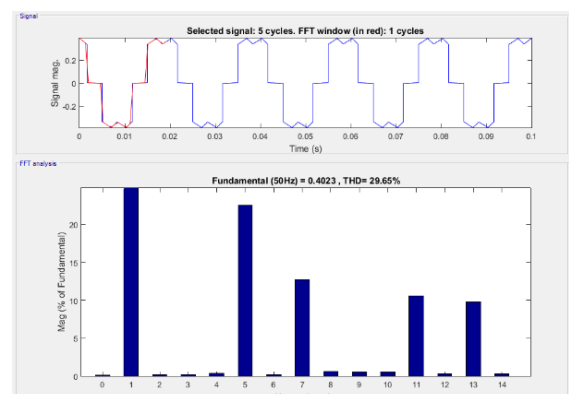
Pada percobaan dilakukan simulasi menggunakan beban (RL) sebesar 1000 Ohm. Sehingga diperoleh gelombang arus seperti yang terlihat pada gambar 15. Dari gambar 15 dapat dilihat bahwa besar arus sumber ( $I_{abc}$ ) adalah 0,4 A. Dengan menggunakan *Tools FFT Analysis* pada powergui maka dapat dilihat besar harmonik pada masing-masing fasa terlihat pada gambar 16, 17, dan 18. Hasil pengujian pada beban 1000 Ohm dapat dilihat pada tabel 4. Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa harmonik lebih besar muncul pada orde harmonik ke 5, 7, 11 dan 13 karena sistem 3 fasa. Dilihat dari fasanya, total distorsi harmonik terkecil terdapat pada fasa S yaitu 29,65% sedangkan yang terbesar terdapat pada fasa R yaitu 29,87%.



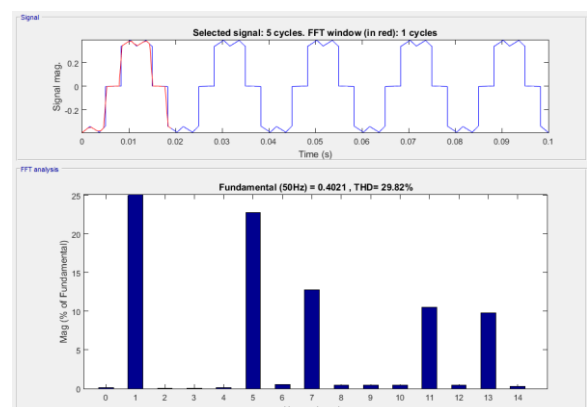
Gambar 15 Bentuk Gelombang Arus ketika 1000 Ohm



Gambar 16 Harmonik pada Fasa R (1000 Ohm)



Gambar 17 Harmonik pada Fasa S (1000 Ohm)



Gambar 18 Harmonik pada Fasa T (1000 Ohm)

TABLE IVV  
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN 1000 OHM

| RL<br>(Ohm) | Harmonik | THDI (%) |       |       |
|-------------|----------|----------|-------|-------|
|             |          | R        | S     | T     |
| 1000        | 0        | 0        | 0,11  | 0,11  |
|             | 1        | 100      | 100   | 100   |
|             | 2        | 0,18     | 0,19  | 0,04  |
|             | 3        | 0,15     | 0,21  | 0,06  |
|             | 4        | 0,25     | 0,33  | 0,15  |
|             | 5        | 22,58    | 22,55 | 22,76 |
|             | 6        | 0,43     | 0,23  | 0,52  |
|             | 7        | 13,15    | 12,74 | 12,79 |
|             | 8        | 0,14     | 0,56  | 0,47  |
|             | 9        | 0,06     | 0,48  | 0,42  |
|             | 10       | 0,08     | 0,49  | 0,41  |
|             | 11       | 10,89    | 10,57 | 10,5  |
|             | 12       | 0,17     | 0,31  | 0,44  |
|             | 13       | 9,5      | 9,76  | 9,8   |
|             | 14       | 0,06     | 0,32  | 0,26  |
|             | 15       |          |       |       |
| Total       |          | 29,87    | 29,65 | 29,82 |

## V. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada sistem 3 fasa total distorsi harmonik dominan terdapat pada orde harmonik ke 5, 7, 11 dan 13. Kemudian, dilihat dari fasanya, total harmonik terendah terdapat pada fasa S dan tertinggi terdapat pada fasa R. Semakin besar beban (RL) maka nilai THD semakin kecil karena arus sumber ( $I_{abc}$ ) kecil. Dapat dilihat pada hasil pengujian ketika digunakan beban (RL) 10 Ohm diperoleh Arus Sumber ( $I_{abc}$ ) adalah 40 A sehingga diperoleh THD untuk fasa R adalah 30,27%, fasa S adalah 30,13% dan fasa T adalah 30,28%. Kemudian, ketika digunakan beban (RL) 100 Ohm diperoleh Arus Sumber ( $I_{abc}$ )

adalah 4 A sehingga diperoleh THD untuk fasa R adalah 30,32%, fasa S adalah 30,08% dan fasa T adalah 30,26%. Kemudian, ketika digunakan beban (RL) 1000 Ohm diperoleh Arus Sumber ( $I_{abc}$ ) adalah 0,4 A sehingga diperoleh THD untuk fasa R adalah 29,87%, fasa S adalah 29,65% dan fasa T adalah 29,82%.

## REFERENSI

- [1] T. Koerniawan and A. W. Hasanah, "Kajian Harmonisa Pada Pemakaian Tenaga Listrik Gedung STT-PLN Jakarta," *Kilat*, vol. 8, no. 2, pp. 180–189, 2019, doi: 10.33322/kilat.v8i2.547.
- [2] U. D. Agung, I. Sains, and T. D. Pardede, "Analisa pengaruh harmonisa pada pengoperasian beban listrik," vol. 9, no. September, pp. 88–97, 2020.
- [3] E. Dermawan and R. L. Rahman, "Analisis Pengaruh Distorsi Harmonisa terhadap Deviasi Pengukuran Energi Listrik pada kWh Meter," *J. Elektrum*, vol. 15, no. 2, pp. 7–16, 2018.
- [4] G. S. Maharani, D. Pravitasari, S. Nisworo, T. Elektro, and U. Tidar, "Analisis kualitas daya listrik pada alat bengkel," 2021.
- [5] R. Dhavitra, Firdaus, and Feranita, "Analisis Dampak Total Harmonik Distortion Terhadap Losses Dan Derating Pada Transformator Distribusi Di Fakultas Teknik Universitas Riau," *J. Online Mhs. Fak. Tek. Univ. Riau*, vol. 2, no. 1, pp. 1–16, 2015.
- [6] IEEE Std 519, "IEEE Std 519-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992), IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonik Control in Electric Power Systems," *IEEE Std 519-2014 (Revision IEEE Std 519-1992)*, vol. 2014, pp. 1–29, 2014.