

Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Kinerja *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

Muhammad Ardito,¹ Hery Purnomo, Ir., MT.², Mahfudz Shidiq, Ir., MT.³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail : ardito.dyto93@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan dalam pemanfaatan tenaga listrik di zaman modern ini banyak mengalami perkembangan seiring dengan kemajuan teknologi. terutama dalam pemakaian bahan semi konduktor atau peralatan elektronika seperti televisi, komputer/laptop, *airconditioner*(AC), printer, lampu hemat energi (LHE), *dimmer* dan peralatan elektronika daya yang lainnya. Peralatan tersebut merupakan beban nonlinier yang dapat menyebabkan munculnya arus/tegangan dengan besar frekuensinya melebihi besarnya frekuensi fundamental atau kelipatannya. Frekuensi 50/60 Hz disebut dengan frekuensi fundamental dan kelipatannya disebut frekuensi harmonik atau harmonisa. Harmonisa yang ditimbulkan oleh beban nonlinier dapat berpengaruh terhadap kinerja *Miniature Circuit Breaker* (MCB) pada saat keadaan beban berlebih yang menggunakan bahan bimetal sebagai media untuk memutuskan arus listrik pada MCB. Waktu yang dibutuhkan bimetal untuk membengkok dan membuka kontak MCB sesuai dengan kenaikan besar arus. Semakin besar arus gangguan yang terjadi maka semakin cepat logam bimetal membengkok dan waktu trip pun akan semakin cepat juga. Dalam penelitian ini dilakukan 6 pengujian yang berupa 2 pengujian pada beban linier berupa lampu pijar yang dihubungkan secara paralel dengan %THDi sebesar 2.098% dan 2.440% sedangkan untuk 4 pengujian pada beban nonlinier digunakan 2 buah *dimmer* yang dihubungkan dengan beberapa lampu pijar sehingga pada pengujian ini mendapatkan besaran harmonisa yang bervariasi yaitu %THDi 21.008%, 27.415%, 35.206% dan 40.713%. pada penelitian ini didapatkan bahwa semakin besar nilai %THDi maka waktu trip akan semakin cepat dikarenakan %THDi semakin besar maka arus total harmonisa juga akan semakin besar, sehingga nilai arus true rms jauh lebih besar melewati batas rating arus pada MCB, hal ini yang membuat waktu trip menjadi berbeda dibandingkan saat keadaan normalnya atau ketika beban tanpa harmonisa.

Kata kunci : harmonisa, bimetal, *Miniature Circuit Breaker*, *dimmer*.

ABSTRACT

Requirement to improve the utilization of electric power in modern times many have evolved along with advances in technology. particularly in semi-conductor material usage or electronic equipment such as televisions, computers/laptops, *airconditioner* (AC), printer, energy saving lamp (LHE), *dimmer* and other power electronics equipment. The equipment is a nonlinear load that could cause the appearance of current / voltage with a frequency exceeding the magnitude of the fundamental frequency or multiples thereof. 50/60 Hz frequency is called the fundamental frequency and harmonic frequency or multiples thereof called harmonics. harmonics generated by nonlinear load can affect the performance of *Miniature Circuit Breaker* (MCB) at the current state of the excess burden that uses bimetal material as a medium to remove power from the MCB. the time required bimetal to bend and open the MCB contacts correspond to a large increase in current. the greater the flow disturbance, the faster the metal bimetal bends and trip time would be faster as well. In this research conducted six tests in the form of two tests on the linear load in the form of an incandescent lamp connected in parallel with THDi% of 2,098% and 2,440%. whereas for 4 testing on nonlinear load uses 2 pieces dimmers are connected with some incandescent bulbs so that in this test get that varies the amount of harmonics THDi% 21 008% 27 415% 40 713% 35 206% and. in this research it was found that the greater the value% THDi then a trip will be faster due% THDi bigger then the total current harmonics will also increase, so true rms current value is much greater over the limit at the current rating of MCB, so true rms current value is much greater over the limit at the current rating of the MCB, an event that makes trip to be different than when the normal state or when the load without harmonics.

Keywords: harmonics, bimetal, *Miniature Circuit Breaker*, *dimmer*.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan dalam pemanfaatan tenaga listrik di zaman modern ini banyak mengalami perkembangan seiring dengan kemajuan teknologi.

terutama dalam pemakaian bahan semi konduktor atau peralatan elektronika daya. akan tetapi perkembangan tersebut menimbulkan dampak yang merugikan yaitu munculnya harmonisa yang dapat mempengaruhi sistem tenaga listrik. Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban

linier dan beban non linier. Peralatan elektronika daya merupakan beban non linier yang dapat menyebabkan munculnya arus / tegangan dengan besar frekuensinya melebihi besarnya frekuensi fundamental atau kelipatannya.

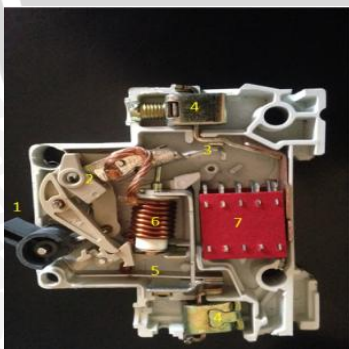
Harmonisa juga dapat berpengaruh pada peralatan proteksi seperti *Miniature Circuit Breaker* (MCB) yang menyebabkan MCB tidak beroperasi secara benar, hal ini tentunya membahayakan bagi instalasi maupun pada peralatan listrik karena kegagalan suatu MCB untuk melakukan suatu proses tripping atau pemutusan daya listrik. Hal ini disebabkan karena MCB tidak dapat merespon secara benar akibat adanya harmonisa pada sistem tenaga listrik.

Oleh karena itu penelitian ini yang berjudul “Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Kinerja *Miniature Circuit Breaker* (MCB)”, akan menganalisis penyebab MCB tidak dapat merespon secara benar akibat adanya harmonisa pada sistem tenaga listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

MCB merupakan singkatan dari *Miniature Circuit Breaker* umumnya MCB digunakan oleh pihak PLN untuk membatasi arus sekaligus sebagai pengaman dalam suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubung singkat antar fasa atau antar fasa dengan netral/bumi, dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih. MCB akan secara otomatis akan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut.



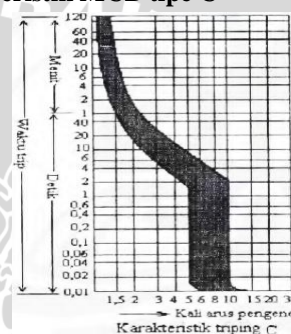
Gambar 2.1 MCB tipe C satu fasa 2 kawat

Bagian dalam MCB sebenarnya lebih dominan bersifat mekanis dengan fungsi *switch* mekanis dan kontak penghubung/pemutus arus listrik. Penjelasan dari nomor-nomor dalam gambar adalah sebagai berikut :

1. *Actuator Level* atau *toggle switch*, digunakan sebagai *Switch On-Off* dari MCB.
2. *Switch* mekanis yang membuat kontak arus listrik bekerja.

3. Kontak arus listrik sebagai penyambung dan pemutus arus listrik.
4. Terminal tempat koneksi kabel listrik dengan MCB.
5. Bimetal atau batang bimetal yang berfungsi sebagai *thermal trip* dan bekerja bila terjadi beban berlebih pada sistem.
6. *Solenoid Coil* atau lilitan yang berfungsi sebagai *magnetic trip* dan bekerja bila terjadi hubung singkat arus listrik pada sistem.
7. Pemadam busur api, jika terjadi percikan api saat terjadi pemutusan atau pengaliran kembali arus listrik.

B. Karakteristik MCB tipe C



Gambar 2.1 MCB tipe C satu fasa 2 kawat

Bisa dilihat pada gambar grafik di atas bahwa karakteristik arus dan waktu trip pada setiap tipe-tipe MCB berbeda, oleh karena itu penggunaannya pada instalasi listrik juga berbeda. Adapun penggunaan dari tipe-tipe tersebut antara lain :

1. Tipe B : Pengaman untuk suatu instalasi pada industri maupun perumahan.
2. Tipe C : Pengaman untuk suatu instalasi yang terdapat beban berupa motor
3. Tipe D : Pengaman ini di khususkan pada instalasi dengan arus masukan yang tinggi seperti untuk *low Voltage* (LV)/LV pada transformer/katup solenoid, dan kapasitor.

C. Analisis Perhitungan dan Standar Harmonisa

Tingkat kecacatan seringkali dinyatakan dengan *Total Harmonic Distortion* (THD), *Total Harmonic Distortion* digunakan sebagai ukuran untuk melihat berapa besar pengaruh keseluruhan adanya harmonisa terhadap sinyal sinus. Pengaruh keseluruhan harmonisa diperbandingkan terhadap komponen fundamental, karena komponen fundamental yang memberikan transfer energi nyata.

Untuk tegangan nonsinus, THD didefinisikan sebagai berikut: (J. Arrilanga & N.R Watson, 2003:339)

$$THD_V = \frac{\sqrt{V_{rms}^2 - V_1^2}}{V_1} \times 100\% \quad (2-1)$$

V_{rms} dapat dinyatakan dengan identitas parseval

$$V_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2}$$

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^N V_h^2}}{V_1} \quad (2-2)$$

dengan:

- V_h = tegangan rms pada frekuensi tunggal pada harmonisa ke n
- V_1 = tegangan rms fundamental
- N = harmonisa maksimum
- h = orde harmonisa

Untuk arus nonsinus, THD didefinisikan sebagai berikut: (J. Arrilanga & N.R Watson, 2003:184)

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_{rms}^2 - I_1^2}}{I_1} \times 100\% \quad (2-3)$$

I_{rms} dapat dinyatakan dengan identitas parseval

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2}$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^N I_h^2}}{I_1} \quad (2-4)$$

dengan:

- I_h = arus rms pada frekuensi tunggal pada harmonisa ke n
- I_1 = arus rms fundamental
- N = harmonisa maksimum
- h = orde harmonisa

D. Standard Harmonisa

Karena begitu besar dan bervariasi dampak harmonisa pada peralatan dan sistem secara teknis dan ekonomis maka diperlukan standarisasi harmonisa. Standar yang mengatur distorsi harmonisa ini adalah standar IEEE 512-1992, standar ini mengatur batasan harmonisa yang diijinkan seperti terlihat dalam Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.1 Tabel Maksimum Distorsi Harmonisa IEEE 519-1992

Maksimum Distorsi Harmonisa Dalam % Arus Beban (I _L)						
Harmonisa Orde Ganjil Pada : 120 V ≤ V ≤ 69 kV						
I _{sc} /I _L	n/11	11 ≤ n < 17	17 ≤ n < 23	23 ≤ n < 35	n ≥ 35	THDi
<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

Harmonisa orde genap dibatasi 25% dari batasan harmonisa orde ganjil diatas

Dimana:

- I_{sc} = Arus hubung singkat maksimum di PCC atau pada Alat Pengukur dan Pembatas (APP).
- I_L = Arus beban demand maksimum (komponen frekuensi fundamental) di PCC (Point of Common Coupling = Titik sambung bersama).

Sumber : Alexander Kusko and Marc T. Thompson. *Power Quality in Electrical Systems*. 2007:79

Tabel 2.2 Standar Distorsi Tegangan

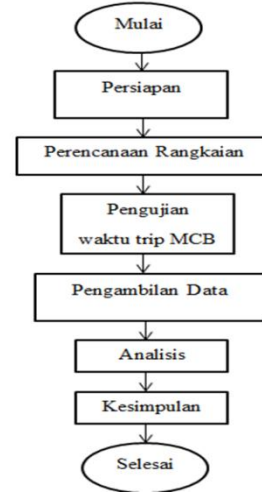
Maximum distortion (in%)	Sistem voltage		
	Below 69 Kv	69-138 kV	>138 kV
Individual harmonic	3.0	1.5	1.0
Total harmonic	5.0	2.5	1.5

Sumber : James j. Bruke, *Power Distribution Engineering-Fundamentals And Application* 1994:284

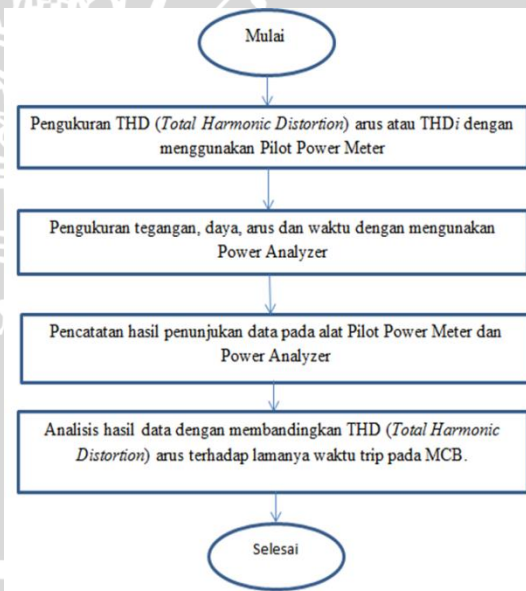
III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam analisis secara umum dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir metode pengerjaan penelitian

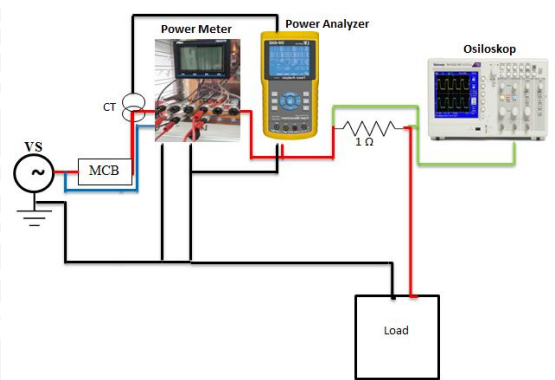


Gambar 3.2 Diagram alir tahap pengambilan data

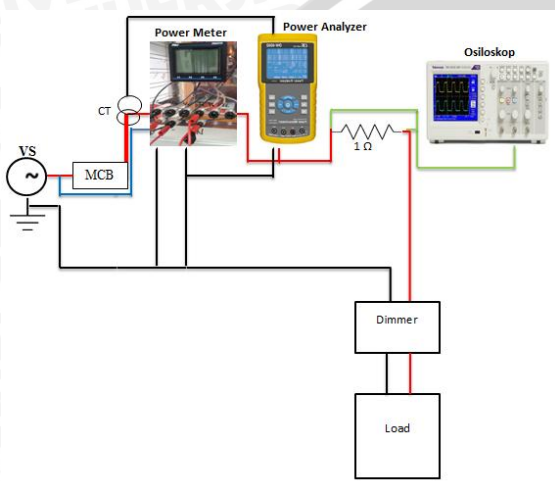
B. Rangkaian Pengujian

Rangkaian pengujian yang akan dilakukan ada 2 yaitu pertama dengan menggunakan beban linier dan dan yang kedua dengan menggunakan beban non linier berupa dimmer yang dihubungkan dengan beberapa buah lampu pijar.





Gambar 3.3 Rangkaian pengujian beban linier



Gambar 3.4 Rangkaian Pengujian Beban non linier

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Beban Linier

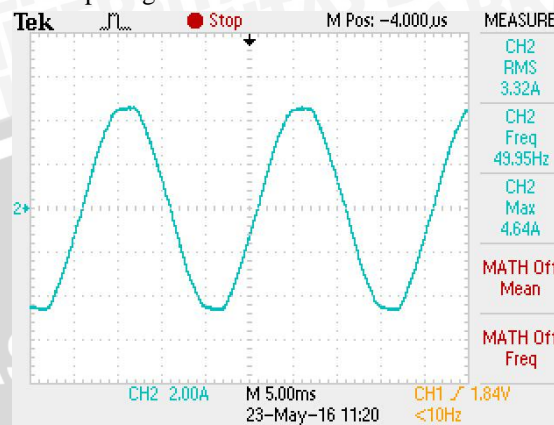
Hasil pengujian beban linier yang menggunakan beberapa buah lampu Pijar yang dipasang paralel, ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Table 4.1 Hasil pengujian dengan beban linier

Jumlah beban	Arus true rms(A)	THDi (%)	Waktu trip MCB (detik)
6 Lampu Pijar	3,558	2,098	71
7 Lampu Pijar	3,620	2,440	60

Pada pengujian beban linier menggunakan lampu pijar yang dipasang paralel ternyata didapat hasil pengujian seperti pada tabel 4.1 yang berarti lampu pijar masih dapat menimbulkan harmonisa, hal ini berarti lampu pijar tidak sepenuhnya bersifat

resistif murni. namun karena THD yang ditimbulkan masih kecil, sehingga dapat dijadikan sebagai referensi untuk pengujian beban linier. karena gelombang yang dihasilkan masih menyerupai gelombang sinus fundamentalnya seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bentuk Gelombang arus pada beban linier

B. Perhitungan Arus Fundamental dan Total Arus Harmonisa Pada Beban Linier

Dari hasil data pengukuran yang telah dilakukan, maka didapat nilai arus total harmonisanya dan arus fundamentalnya yang berdasarkan rumus persamaan (2-3).

a. Kenaikan total arus harmonisa pada beban linier dengan THDi 2,098%

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_{rms}^2 - I_1^2}}{I_1}$$

$$I_1^2 \times THD_I^2 = I_{rms}^2 - I_1^2$$

$$I_1^2 = \frac{I_{rms}^2}{(THD_I^2 + 1)}$$

$$I_1 = \frac{I_{rms}}{\sqrt{(THD_I^2 + 1)}}$$

$$I_1 = \frac{3,558^2}{\sqrt{(0,02^2 + 1)}}$$

$$I_1 = 3,557A$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = I_{rms} - I_1$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = 0,001A$$

b. Kenaikan total arus harmonisa pada beban linier dengan THDi 2,440%

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_{rms}^2 - I_1^2}}{I_1}$$

$$I_1^2 \times THD_I^2 = I_{rms}^2 - I_1^2$$

$$I_1^2 = \frac{I_{rms}^2}{(THD_I^2 + 1)}$$

$$I_1 = \frac{I_{rms}}{\sqrt{(THD_I^2 + 1)}}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{3,620^2}{(0,02^2 + 1)}}$$

$$I_1 = 3,619A$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = I_{rms} - I_1$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = 0,001A$$

Terlihat pada hasil perhitungan diatas bahwa total arus harmonisa pada beban lampu pijar masih sangat kecil sehingga dapat dijadikan sebagai referensi untuk pengujian beban linier.

C. Pengujian Beban non linier

Hasil pengujian beban non linier berupa dimmer yang dihubungkan dengan lampu pijar agar mendapatkan variasi besaran harmonisa, yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil pengujian dengan beban non linier

Jumlah Beban	Arus true rms (A)	THDi (%)	Waktu Trip MCB (detik)
8 lp (2 buah dimmer)	3,622	21,008	53
8 lp (2 buah dimmer) dan 2 lhe	3,652	27,415	52
8 lp (2 buah dimmer) dan 3 lhe	3,658	35,206	43
8 lp (2 buah dimmer) dan 4 lhe	3,708	40,713	39

Keterangan :

lp = lampu pijar

lhe = lampu hemat energi

Dilihat pada hasil pengujian penggunaan dimmer pada beban dapat menimbulkan arus harmonisa, semakin kecil sudut penyalan pada dimmer maka harmonisa yang timbul akan semakin besar. agar mendapatkan harmonisa yang lebih besar maka diperlukan tambahan beban harmonisa yang lain berupa beberapa buah lampu hemat energi yang dipasang paralel.

Semakin banyak beban harmonisa yang digunakan maka semakin besar pula harmonisa yang akan timbul. karena adanya arus harmonisa yang besar maka bentuk gelombang arus pada sistem tidak berbentuk sinusoidal lagi, seperti yang terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Bentuk Gelombang arus pada beban non linier dengan THDi 27,415%

Terlihat hasil gambar pada alat osiloskop bahwa bentuk gelombang arus tidak sinusoidal lagi dikarenakan adanya harmonisa. Semakin besar nilai arus harmonisa maka bentuk gelombang semakin jauh berbeda dari bentuk gelombang fundamentalnya.

D. Analisis Pengaruh Harmonisa Pada Miniature Circuit Breaker (MCB)

Dari hasil data pengukuran yang telah dilakukan, maka selanjutnya akan dihitung berdasarkan teori berupa arus fundamental dan arus total harmonisanya dengan berdasarkan rumus persamaan (2-3).

a. Kenaikan total arus harmonisa pada beban non linier dengan THDi 21,008%

$$THD_I = \sqrt{\frac{I_{rms}^2 - I_1^2}{I_1^2}}$$

$$I_1^2 \times THD_I^2 = I_{rms}^2 - I_1^2$$

$$I_1^2 = \frac{I_{rms}^2}{(THD_I^2 + 1)}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{I_{rms}^2}{(THD_I^2 + 1)}}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{3,622^2}{(0,21^2 + 1)}}$$

$$I_1 = 3,544A$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = I_{rms} - I_1$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = 0,078A$$

b. Kenaikan total arus harmonisa pada beban non linier dengan THDi 27,415%

$$THD_I = \sqrt{\frac{I_{rms}^2 - I_1^2}{I_1^2}}$$

$$I_1^2 \times THD_i^2 = I_{rms}^2 - I_1^2$$

$$I_1^2 = \frac{I_{rms}^2}{(THD_i^2 + 1)}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{I_{rms}^2}{(THD_i^2 + 1)}}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{3,652^2}{(0,27^2 + 1)}}$$

$$I_1 = 3,525A$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = I_{rms} - I_1$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = 0,127A$$

c. kenaikan total arus harmonisa pada beban non linier dengan THDi 35,206%

$$THD_i = \sqrt{\frac{I_{rms}^2 - I_1^2}{I_1^2}}$$

$$I_1^2 \times THD_i^2 = I_{rms}^2 - I_1^2$$

$$I_1^2 = \frac{I_{rms}^2}{(THD_i^2 + 1)}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{I_{rms}^2}{(THD_i^2 + 1)}}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{3,658^2}{(0,35^2 + 1)}}$$

$$I_1 = 3,452A$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = I_{rms} - I_1$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = 0,206A$$

d. Kenaikan total arus harmonisa pada beban non linier dengan THDi 40,713%

$$THD_i = \sqrt{\frac{I_{rms}^2 - I_1^2}{I_1^2}}$$

$$I_1^2 \times THD_i^2 = I_{rms}^2 - I_1^2$$

$$I_1^2 = \frac{I_{rms}^2}{(THD_i^2 + 1)}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{I_{rms}^2}{(THD_i^2 + 1)}}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{3,708^2}{(0,40^2 + 1)}}$$

$$I_1 = 3,442A$$

$$\text{Total Arus Harmonisa} = I_{rms} - I_1$$

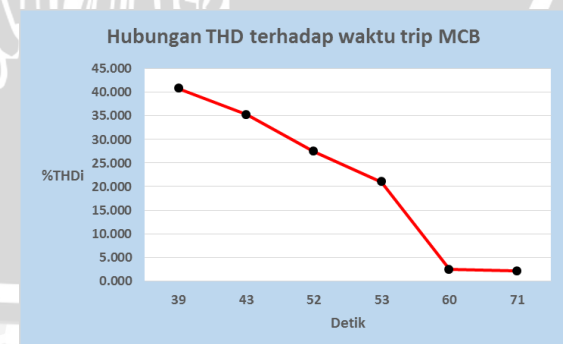
$$\text{Total Arus Harmonisa} = 0,266A$$

Dengan perhitungan diatas, hasil nilai arus fundamental dan total arus harmonisa tiap beban nonlinier ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan arus fundamental, total arus harmonisa dengan THDi dan waktu trip

THDi (%)	Arus rms fundamental (A)	Arus total harmonisa (A)	Arus true rms (A)	Waktu trip (detik)
2,098	3,557	0,001	3,558	71
2,440	3,617	0,001	3,618	60
21,008	3,554	0,078	3,622	53
27,415	3,525	0,127	3,652	52
35,206	3,452	0,206	3,658	43
40,713	3,442	0,266	3,708	39

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa semakin besar THDi atau harmonisanya maka waktu trip atau pemutusan akan semakin cepat. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3. atau pada gambar grafik hubungan THDi terhadap waktu trip pada MCB seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Hubungan THDi terhadap waktu trip MCB

Terlihat pada gambar grafik 4.14. diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar THDi maka waktu trip atau pemutusan akan semakin cepat dikarenakan THDi semakin besar maka arus total harmonisa juga akan semakin besar, sehingga nilai arus true rms jauh lebih besar melewati batas rating

arus pada MCB, hal ini yang membuat waktu trip menjadi berbeda dibandingkan saat keadaan normalnya atau ketika beban tanpa harmonisa.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pengambilan data yang telah dilakukan di Laboratorium Elektronika Daya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak penggunaan beban yang mengandung harmonisa atau beban harmonisa maka kandungan besaran harmonisa pada sistem tersebut juga akan semakin besar. terbukti saat dilakukan pengujian menggunakan beban dimmer yang dikombinasikan dengan lampu hemat energi maka nilai THDnya juga akan membesar.
2. Besar prosentase THDi atau besarnya kandungan harmonisa juga dapat mempengaruhi kenaikan total arus harmonisa terhadap arus fundamentalnya.
3. Dari gambar grafik hubungan THDi terhadap waktu trip pada MCB terlihat bahwa semakin besar THDi maka waktu trip pada MCB juga akan semakin cepat dikarenakan THDi semakin besar maka arus total harmonisa juga akan semakin besar, sehingga nilai arus true rms jauh lebih besar melewati batas rating arus pada MCB, hal ini yang membuat waktu trip menjadi berbeda dibandingkan saat keadaan normalnya atau ketika beban tanpa harmonisa.

B. Saran

Dari hasil penyelesaian penelitian ini ada pun saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan MCB yang ratingnya lebih tinggi yang telah diaplikasikan secara langsung seperti contohnya pada pabrik atau industri.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh harmonisa pada bahan yang lain seperti kawat penghantar atau kabel penghubung.
3. Efek adanya harmonisa perlu diperhatikan lebih lanjut seperti pengaruhnya terhadap peralatan lain pada sistem tenaga listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Masri, Syafrudin. (2004). *Analisis Kualitas Daya Sistem Distribusi Perumahan Modern*. Volume 3 No.2.
- [2] Hardi, Surya, Ir. Msc., *Harmonisa dan Pengaruhnya Pada Peralatan Sistem Distribusi*. SAINTEK ITM.NO 10 Tahun VI.
- [3] Kusko, Alexander. 2007. *Power Quality in Electrical Systems*. New York.
- [4] D. Rohi, D.D. Utomo & P. Ontoseno. 2008. *Evaluasi Harmonisa di Sisi Konsumen sektor*

Domestik yang menggunakan Daya 250 VA ≤ daya ≤ 2200 V. Proceedings EECCIS, pp. A-8-11, Jun 2008.

- [5] Arrillaga, Jos & Neville, R Watson. 2004. *Power System Harmonics*, second edition, John Wiley & Sons, Ltd.
- [6] Sankaran, C. 2002. *Power Quality*. Boca Raton: CRC Press LLC
- [7] IEEE Std 519-1992. *Recommended Practice and Requirement For Harmonic Control In Electric Power System*.
- [8] J. J. Burke. 1994. *Power Distribution Engineering-Fundamentals and Applications*. New York: Marcel Dekker Inc.
- [9] Sankaran, C. 2002. "Power Quality". New York : CRC Press LLC.
- [10] Margunadi, A R. 1994. *Dasar-dasar Rangkaian Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- [11] Sudirham, Sudaryatno. 2010. *Analisis Rangkaian Listrik Jilid 3*. Bandung: ITB