

ANALISIS HARMONISA PADA PABRIK MIE GUNUNG MANDALA

¹ Abdul Aziz Akbar Siliwangi, ² Awan Uji Krismanto

¹ Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

¹ azidani13@gmail.com, ² awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Distorsi pada sistem kelistrikan atau gangguan distribusi tenaga listrik disebut Harmonisa. Gelombang nyata merupakan hasil perpaduan gelombang ideal dan harmonisa. Bentuk gelombang tegangan dan arus ideal, atau bentuk gelombang bebas harmonisa, adalah bentuk gelombang yang hanya mengandung satu frekuensi. Penggunaan beban nonlinier dapat menyebabkan buruknya kualitas daya pada perangkat dan jaringan listrik industri. Penelitian ini dilakukan di pabrik Gunung Mandala, membahas tentang distorsi harmonisa pada sistem pabrik Gunung Mandala dan mengembangkan filter pasif harmonik untuk mengoreksi harmonisa pabrik Gunung Mandala sesuai standar IEEE 519 Kami akan mulai mengumpulkan data mengenai Pabrik Gunung Mandala. Selanjutnya merancang model sistem pada software ETAP 16.0.0. Simulasi dilakukan dengan menggunakan analisis harmonik. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem THD_v mempunyai distorsi harmonik sebesar 10,51% dan THD_i sebesar 3,48%. Filter kemudian dikembangkan dari hasil ini untuk memperbaiki distorsi. Dengan memasang filter pasif yang dikembangkan secara khusus, kami berhasil mengurangi gelombang distorsi harmonik. Pada bus 220v menurun dari THD_v senilai 10,51% menjadi 0,78%, sedangkan pada THD_i turun dari yang bernilai 3,48% menjadi 0,50%

Kata Kunci: distorsi harmonisa, filter pasif, beban non linier, etap 16

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang sangat pesat dari tahun ke tahun menyebabkan banyak hal yang berubah dari cara hidup manusia. Makanan, minuman, dan pakaian sekarang dapat dibuat dengan tenaga yang kecil dan dapat tanpa campur tangan manusia sama sekali. Bangkitnya mesin mesin yang memudahkan dan membantu manusia sekarang dapat mempercepat proses dan menambah kuantitas dari barang yang perlu diproduksi. Dalam dunia manufaktur modern yang dinamis, mesin pabrik berdiri sebagai tulang punggung teknologi yang mendorong kemajuan industri[1]. Keajaiban yang direkayasa secara presisi ini telah merevolusi proses produksi, memungkinkan terciptanya beragam produk dengan efisiensi, akurasi, dan skala yang sebelumnya dianggap tidak dapat dicapai[1]. Di jantung setiap pabrik, mesin ini tanpa lelah menjalankan tugas mulai dari fabrikasi canggih dan perakitan rumit hingga kontrol kualitas yang

cermat. Kehebatan mekanis mereka, ditambah dengan otomatisasi canggih dan kontrol cerdas, mengubah bahan mentah menjadi barang jadi, mewujudkan seni transformasi industri.

Pada setiap pabrik terdapat macam macam peralatan yang terhubung dengan listrik yang membantu pekerjaan lebih mudah. Mulai dari elemen pemanas, mesin dengan motor, dan bermacam macam komputer[2]. Di tengah simfoni ritmis mesin dan tarian lini produksi yang rumit, kekuatan diam yang dikenal sebagai analisis harmonik muncul sebagai konduktor penting dalam dunia manufaktur. Dalam lanskap pabrik modern, di mana efisiensi, presisi, dan keandalan menjadi yang tertinggi, studi dan penerapan analisis harmonik telah menjadi bagian integral untuk memastikan pengoperasian yang lancar dan kinerja yang optimal[2].

Harmonisa merupakan manifestasi dari distorsi gelombang arus dan tegangan sinusoidal pada jaringan listrik [3]. Harmonisa disebabkan oleh beban yang tidak seimbang pada peralatan elektronik termasuk semikonduktor. Ada dua jenis beban pada jaringan listrik yaitu beban linier dan beban nonlinier [3]. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran linier dimana arus yang ditarik sebanding dengan perubahan impedansi dan tegangan, Beban linier ini bersifat pasif dan tidak dapat menghasilkan energi listrik, melainkan menjadi konsumen energi listrik dalam kehidupan sehari-hari, seperti elemen pemanas atau bola lampu.

Pabrik Gunung Mandala adalah pabrik yang bergerak dalam bidang produksi mie yang terletak di Samarinda Kalimantan Timur. Pabrik Gunung menggunakan daya dari PLN untuk rumah dan terhubung pabrik dengan daya sebesar 3500 Va. Dalam satu hari pabrik Gunung Mandala dapat mengolah 600 Kg tepung untuk diolah menjadi mie

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang di atas, maka dapat disusun rumusan masalah, sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menganalisa harmonisa pada pabrik Gunung Mandala ?
2. Bagaimana cara mengurangi harmonisa pabrik Gunung Mandala ?
3. Bagaimana cara merancang filter harmonisa untuk memperbaiki harmonisa pada pabrik Gunung Mandala?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya ini yaitu :

1. menganalisa harmonisa pada pabrik mie Gunung Mandala
2. mengurangi harmonisa pada mie Gunung Mandala
3. Merancang filter harmonisa untuk memperbaiki harmonisa pabrik mie Gunung Mandala

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Harmonisa

Harmonisa adalah gelombang sinusoidal tegangan atau arus yang besar frekuensinya merupakan kelipatan bulat dari frekuensi dasar. Frekuensi dasar suatu sistem biasanya dirancang untuk beroperasi pada 50 Hz atau 60 Hz, di Indonesia frekuensi dasar yang digunakan adalah 50 Hz[4].

Harmonisa timbul akibat adanya beban-beban non linier yang terhubung ke sistem distribusi. Beban non linier ini umumnya adalah peralatan elektronik yang di dalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, yang dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Beberapa contoh beban non linier adalah berupa aplikasi elektronika daya antara lain: static power converter (rectifiers atau inverters), pengisi batere (bateray chargers), electronic ballast, variable frequency, electric arc furnace, thyristor ac power controllers, thyristor-controlled reactor (TCR), silicon controlled rectifier (SCR), dan adjustable speed drive (ASD), yang ini semuanya merupakan penyumbang harmonic[4]

B. Distorsi Harmonisa

Distorsi harmonisa diterjemahkan melalui suatu distorsi dari gelombang arus dan tegangan di jaringan yang tidak lagi sinusoidal, hal tersebut akan menyebabkan timbulnya arus, tegangan dan daya harmonik di dalam jaringan yang mengandung beban-beban non linier. Distorsi harmonisa, yang membentuk suatu bentuk distorsi mutu dari pada arus, tegangan, daya jaringan adalah besaran variabel yang berubah- ubah, besaran distorsi tersebut dapat dinyatakan dengan total harmonic distortion

Distorsi harmonisa merupakan deviasi gelombang sinusoidal 50 Hz pada gelombang tegangan atau arus yang disebabkan oleh komponen harmonisa. Terdapat beberapa indeks harmonisa individu (Individual Harmonic Distortion atau IHD), distorsi harmonisa total (Total Harmonic Distortion atau THD), dan Total Demand Distortion (TDD).

1. Individual Harmonic Distortion (IHD)

Distorsi Harmonisa Individu (IHD) merupakan rasio nilai RMS dari komponen harmonisa orde tertentu terhadap nilai RMS komponen fundamental. Nilai IHD untuk harmonisa tegangan dan arus pada orde ke-h didefinisikan sebagai berikut:

- Distorsi Harmonisa Tegangan Individu

$$IHD_v = \frac{V_h}{V_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

IHD_v = distorsi harmonisa individu tegangan (%)

V_h = komponen harmonisa tegangan ke-h dalam rms (V)

V₁ = tegangan pada frekuensi fundamental dalam rms (V)

H = orde harmonisa ke-N

- Distorsi Harmonisa Arus Individu

$$IHD_i = \frac{I_h}{I_1} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

IHD_i = distorsi harmonisa individu arus (%)

I_h = komponen harmonisa arus ke-h dalam rms (A)

I₁ = arus pada frekuensi fundamental dalam rms (A)

H = orde harmonisa ke-N

2. Distorsi Harmonisa Total (Total Harmonic Distortion atau THD)

Distorsi Harmonisa Total (THD) merupakan rasio penjumlahan nilai rms seluruh komponen harmonisa arus atau tegangan hingga orde tertentu terhadap nilai rms komponen fundamental dan biasanya dinyatakan dalam persen (%). THD tegangan dan arus didefinisikan sebagai berikut[5]:

- Distorsi Harmonisa Tegangan Total

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \quad (3)$$

Dimana:

THD_v = total distorsi harmonisa tegangan (%)

V_h = nilai rms tegangan harmonik ke-n

H = orde harmonisa

V₁ = nilai rms tegangan pada frekuensi dasar

- Distorsi Harmonisa Arus Total

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \quad (4)$$

Dimana:

THDi = total distorsi harmonisa arus (%)

I_h = nilai rms arus harmonik ke-n

h = orde harmonisa

I₁ = nilai rms arus pada frekuensi dasar

3. Total Demand Distortion (TDD)

Tingkat distorsi arus dapat dilihat dari nilai THD, akan tetapi hal tersebut dapat saja salah saat diinterpretasikan. Aliran arus yang kecil dapat memiliki nilai THD yang tinggi, namun tidak menjadi ancaman yang dapat merusak ke sistem tenaga listrik. Beberapa analisis mencoba untuk menghindari kesulitan seperti ini dengan melihat THD pada arus beban puncak frekuensi dasar dan bukan melihat sampel sesaat pada frekuensi dasar. Nilai TDD dapat didefinisikan sebagai berikut[5]:

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana:

TDD = Total Demand Distortion (%)

I_h = arus harmonik orde ke-h

I_L = arus beban maksimum pada frekuensi dasar pada PCC(Point of Common Couplin)

C. ETAP (Electrical Transient Analyzer Program)

ETAP adalah alat analisis komprehensif untuk desain dan pengujian sistem energi yang dikembangkan oleh Operation Technology, Inc (OTI). ETAP adalah perangkat lunak bisnis dengan antarmuka grafis. Penggunaan ini sangat nyaman karena memungkinkan Anda mengubah beberapa antarmuka fungsi dalam program yang sama[6]. ETAP menyimpan data rinci untuk setiap perangkat listrik dalam sistem. Editor data mempercepat proses entri data karena data yang diperlukan untuk penelitian minimal. Editor terstruktur secara logis untuk memfasilitasi entri data. Pembuatan diagram satu garis (one-line diagram) di ETAP juga mendukung penataan jaringan dengan kompleksitas yang berbeda-beda. Misalnya, setiap elemen dapat memiliki orientasi, ukuran, dan representasi simbolis dalam diagram (menurut standar IEC atau ANSI). Diagram garis tunggal ini juga memungkinkan pemasangan beberapa perangkat proteksi antara saluran dan busbar.

Analisa sistem tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP antara lain :

1. Analisa aliran daya

Analisis sistem tenaga adalah perhitungan aliran daya. Studi aliran daya menghitung tegangan arus, daya aktif, daya reaktif dan faktor daya pada suatu sistem tenaga.. Perencanaan, pendesainan dan pengoperasian sistem tenaga membutuhkan perhitungan-perhitungan tersebut untuk menganalisis performa sistem pada kondisi mantap pada berbagai macam kondisi operasi.

Analisa solusi aliran daya ini akan memberitau apakah sistem tenaga yang ada memiliki performansi yang memenuhi kriteria-kriteria yang telah ditetapkan pada sistem tersebut, seperti antara lain:

- Pembebanan komponen dan rangkaian;
- Aliran daya reaktif;
- Rugi-rugi sistem.
- Tegangan bus pada kondisi optimal

2. Analisa hubung singkat

Hubung singkat dilakukan untuk mengetahui besar arus yang mengalir melalui saluran-saluran pada sistem tenaga di dalam interval waktu tertentu ketika sebuah gangguan hubung singkat terjadi. Besar arus-arus yang mengalir melalui saluransaluran pada sistem tenaga pada saat sebuah gangguan hubung singkat terjadi akan berubah terhadap waktu sampai dengan besar arus tersebut mencapai kondisi mantapnya. Pada interval waktu inilah sistem proteksi harus dirancang untuk dapat mendeteksi, memutuskan dan mengisolasi gangguan-gangguan tersebut secara cepat dan efektif.

3. Starting motor Arus

Pengasutan pada sebagian besar motor arus bolak-balik memiliki besar beberapa kali besar arus beban penuh pada kondisi normal. Baik motor serempak maupun motor induksi dapat menarik arus 5 hingga 10 kali lipat lebih besar dari arus beban penuh pada kondisi normal pada saat pengasutan motor tersebut pada sebuah saluran. Torka pengasutan motor akan berubah sebanding dengan nilai kuadrat tegangan yang terhubung.

Jika tegangan terminal yang terhubung drop dengan parah, motor dapat kekurangan torka yang cukup untuk berakselerasi, bahkan motor dapat gagal beroperasi. Pada kondisi lain, jika motor berulang-ulang dihidupkan dan dimatikan di dalam sistem, dapat terjadi tegangan turun yang berulang-ulang pula, yang misalnya dapat mengakibatkan pencahayaan lampu yang seperti berkelip-kelip sehingga dapat mengganggu kenyamanan pada pencahayaan tersebut.

Pengaman proteksi pada sistem tenaga listrik adalah sistem pengamanan yang dilakukan untuk peralatan-

peralatan listrik, yang terpasang pada sistem tenaga listrik. Contohnya seperti generator, transformator, jaringan transmisi / distribusi dan lain lain, terhadap kondisi operasi abnormal dari sistem. Yang dimaksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa : hubung singkat, tegangan lebih/kurang, beban lebih, frekuensi sistem turun/naik dan lain-lain

4. Analisa kestabilan transien.

Stabilitas adalah kemampuan sebuah sistem tenaga yang memiliki dua atau lebih mesin berkerja serempak, untuk terus beroperasi setara terus menerus setelah sebuah perubahan terjadi di dalam sistem. Kestabilan peralihan adalah kemampuan dari sistem untuk bertahan dalam keadaan sinkron atau terhubung satu sama lain, saat terjadinya kondisi-kondisi peralihan, misalnya pada saat terjadi gangguan-gangguan hubung singkat, atau operasi-operasi pembukaan atau penutupan switching. Pada suatu sistem tenaga listrik industri, stabilitas dapat melibatkan satu atau lebih generator atau motor serempak pada sistem. Kontingensi seperti pelepasan beban, kegagalan generator atau saluran utilitas yang tiba-tiba putus, pengasutan motor-motor yang berdaya besar atau gangguan hubung singkat (termasuk jangka waktu terjadinya gangguan) memiliki akibat yang langsung berhubungan dengan stabilitas sistem. Ada bermacam-macam gangguan yang dapat terjadi pada sistem, baik tipe gangguannya, maupun lokasi gangguan. Pada saat gangguan hubung singkat yang terjadi melibatkan keseluruhan 3 fasa yang ada pada sistem, maka dikatakan bahwa gangguan hubung singkat yang terjadi adalah gangguan hubung singkat simetris.

D. Filter Harmonisa

Filter harmonisa adalah suatu alat yang didalamnya terdapat rangkaian yang berfungsi untuk mengurangi harmonisa. Filter harmonisa dapat dibagi dua yaitu filter pasif atau filter aktif. Filter pasif disetel untuk frekuensi tertentu, yang berarti bahwa resonansi frekuensi rangkaian filter seri sangat dekat dengan yang ada harmonik[7]. Studi Beban dan kualitas daya yang sangat hati- penting untuk merancang filter yang disetel dengan tepat.

Berikut beberapa jenis filter yang digunakan untuk mengurangi besar nilai harmonisa:

1. Filter Aktif

Filter aktif merupakan tipe baru untuk peralatan filter eliminasi harmonisa dalam sistem tenaga. Prinsip dasar dari filter aktif menggunakan teknologi komponen elektronika daya, kapasitor, resistor untuk menghasilkan arus spesifik yang bertujuan untuk menggagalkan komponen arus harmonisa yang dihasilkan beban non linier[8].

2. Filter Pasif

Filter pasif adalah elemen induktansi, kapasitansi, dan resistansi yang dikonfigurasi dan disetel untuk

mengontrol harmonik. Filter pasif umum digunakan karena relatif murah dibandingkan dengan cara lain untuk menghilangkan distorsi harmonik. Namun, filter pasif memiliki kelemahan yang berpotensi berinteraksi secara negatif dengan sistem daya dan penting untuk memeriksa semua interaksi sistem yang memungkinkan ketika filter dirancang.[8]

E. Mesin Pengaduk dan Pencetak Adonan Mie

Mixer adalah alat yang bekerja untuk mencampurkan seluruh bahan adonan yang diletakkan pada sebuah mangkuk adonan saat membuat sebuah kue atau roti. Keberadaan alat ini memudahkan Anda untuk mengaduk tepung terigu, susu, telur, soda kue, dan berbagai bahan adonan lainnya dengan cepat dan hasil yang baik. Jika biasanya Anda menggunakan seluruh tenaga untuk mencampurkan bahan agar halus dan menjadi sebuah adonan roti yang kalis, *mixer* akan menggantikan peran tersebut. Tidak berhenti sampai di situ, *mixer* juga membuat adonan lebih higienis sebab meminimalisir kotoran yang mungkin menempel pada tangan. Kecepatannya dalam mengaduk adonan menjadikan proses pembuatan roti menjadi lebih cepat. *Mixer* sendiri memiliki beberapa jenis, diantaranya *planetary mixer*, *hand mixer*, *dough mixer*, *stand mixer*, *spiral mixer*, dan masih banyak lagi. Dalam dunia *bakery*, *planetary mixer* menjadi jenis *mixer* yang paling banyak digunakan untuk menguleni adonan roti.

Sebagaimana komponen pengaduk, pada tiap *mixer* juga pasti dilengkapi dengan komponen pengaturan kecepatan. Biasanya komponen ini ada di bagian kepala *mixer*. Umumnya opsi kecepatannya ada 3, namun ada juga yang lebih banyak tingkatan kecepatannya. Yang jelas semakin besar angka kecepatannya maka kerja *mixer* juga akan semakin cepat. Sangat disarankan untuk pemakaian di awal sebaiknya gunakan kecepatan rendah. Setelah adonan setengah hancur, barulah bisa menambah kecepatan *mixer*. Cara kerja mesin *mixer* dalam pengaturan kecepatan ini bisa dilakukan dengan bertahap atau langsung. Artinya untuk mengubah kecepatan ada yang mematikan *mixer* dulu atau bisa juga langsung dilakukan peralihan kecepatan tanpa mematikan *mixer* terlebih dulu. Agar menghindari kerusakan, sebaiknya lakukan peralihan kecepatan dengan mematikan *mixer* lebih dulu. Teknik mengatur kecepatan ini juga punya peran yang penting demi efisiensi hasil adonan dan waktu yang dibutuhkan untuk mengaduk.

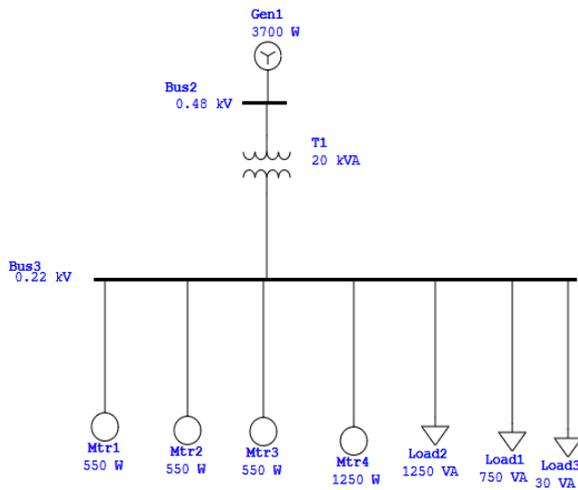
Mesin pengaduk dan pencetak adonan mie adalah mesin menggunakan motor listrik 1 fasa tipe GMYL-712-4 dengan daya 0,5 hp, tegangan 220 V, dan kecepatan putar 1400 rpm sebagai penggerak. Tujuh buah roda gigi digunakan untuk mereduksi kecepatan putaran menjadi 50 rpm. Sistem transmisi menggunakan puli dan sabuk dua tingkat dengan rasio tiap tingkat sebesar 1:4. Prinsip kerja dari mesin pembuat mie ini adalah putaran motor listrik dihantarkan melalui sistem transmisi puli dan sabuk dengan poros penghubung antara puli dan roda gigi sehingga memutar poros pemipih yang menekan adonan mie menjadi tipis. Adonan masuk melalui saluran masuk. Kemudian adonan

akan masuk ke dalam poros pemotong sehingga akan terpotong dengan dimensi yang telah ditentukan, yaitu ukuran 3 mm × 3 mm, dan keluar melalui saluran keluar[9]

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Survei Lapangan

Berdasarkan survey lapangan di Pabrik Mie Gunung Mandala diketahui pabrik mie Gunung mandala memiliki sistem kelistrikan seperti gambar 1. Pada Pabrik Mie Gunung Mandala terdapat pembangkit utama terletak digambar pada bagian paling atas yang berdaya sebesar 3500w yang terhubung dengan bus 2 dan trafo 1 yang bermuatan 20 kva. Trafo 1 mengalirkan daya ke beban beban pada bus 3 yang bertegangan 220v.



Gambar 1. Single Line Diagram Pabrik Mie Gunung Mandala

Tabel 1 Data Beban Pabrik Mie Gunung Mandala

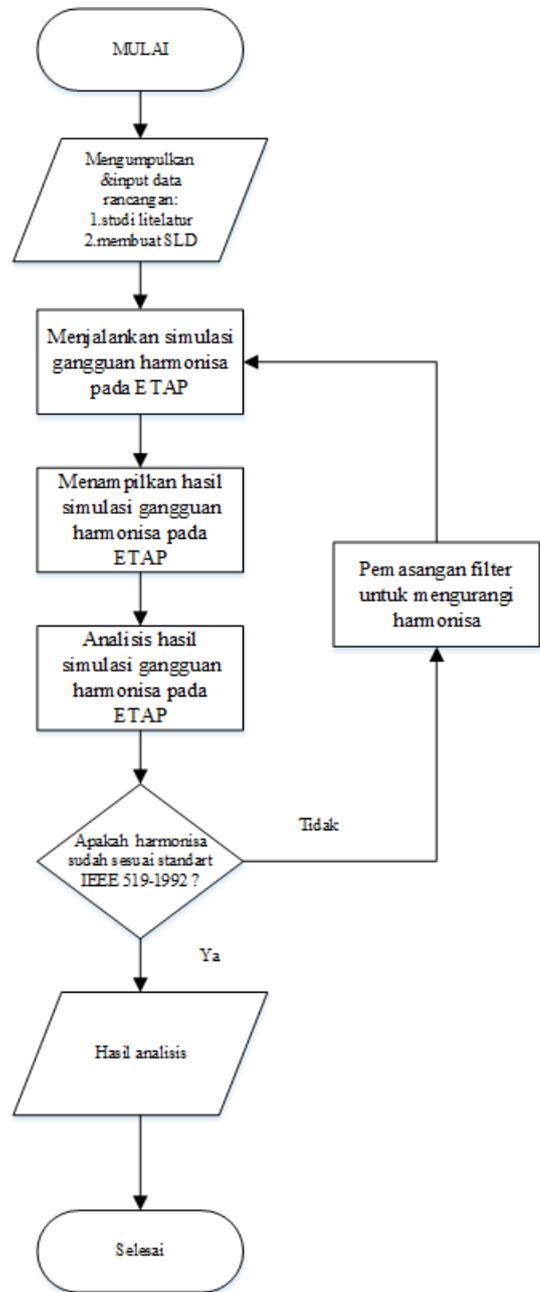
Nama Beban	Kapasitas Beban (W)
Mesin pencetak mie	550
Mesin pencetak mie	550
Mesin pencetak mie	550
Mesin pengaduk adonan	1250
Mesin seal kemasan	1250
Lampu	100
Kipas dan AC	750

Tabel 2. Data Pembangkit

Data Pembangkit	Kapasitas
Generator 1	3500 w
Trafo 1	20 kva

B. Flowchart

Alur penelitian yang akan dilakukan terlampirkan dalam Flowchart gambar 2. penulisan yang sistematis dengan tujuan memudahkan bagaimana langkah pengerjaan jurnal dan proses pengerjaan. Tahap tahap penelitian yang akan dilakukan untuk menyelesaikan jurnal dengan secara runtut dalam bentuk konsep penelitian berupa diagram alur penelitian.



Gambar 2. Flowchart penelitian

>1000	15	7	6	2.5	1.4	20
-------	----	---	---	-----	-----	----

IV. SIMULASI DAN ANALISA

A. Standard Harmonisa pada Sistem tenaga listrik (THD)

Harmonisa tegangan memiliki batasan yang disetujui oleh IEEE. Di bawah ini adalah batas tegangan sistem dan

Bus Voltage V at PCC	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distorsion (THD) (%)
$V \leq 1 \text{ kV}$	5	8
$1 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$	3	5
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1	1,5

batas harmonik yang diijinkan IEEE 519-2014.

Tabel 3. Batas Distorsi Tegangan

sistem tenaga listrik pada area ini adalah 220V, Berdasarkan referensi IEEE 519-2014 THD_v yang digunakan adalah 8%

Tabel perbandingan berikut digunakan untuk menentukan standar arus harmonik

Tabel 4. Batas Distorsi Arus

Maksimum harmonic current distortion in percent of I _L						
Individual harmonic order (odd harmonic)						
I _{sc} /I _L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	THD (%)
<20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20<50	7	3.5	2.5	1.0	0.5	8
50<100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100<1000	12	5.5	5	2	1	15

Batas distorsi arus atau THDi di tentukan dengan menggunakan *SCR*Ratio, dengan rumus berikut.

$$I_{sc} = \frac{KVA \times 100}{\sqrt{3} \times KV \times Z(\%)} \quad (6)$$

I_{sc} = Arus hubung singkat

Z = Impedansi (%)

Berikut adalah data dari transformator

- Kapasitas Transformator (kVA) = 20 kVA
- Tegangan Sekunder (kV) = 220 V = 0,22 kV
- Impendansi (%) = 2.3 %

$$I_{sc} = \frac{KVA \times 100}{\sqrt{3} \times KV \times Z(\%)} = \frac{20 \times 100}{\sqrt{3} \times 0.22 \times 2.3} = \frac{2000}{0.87} = 2282.016874 \text{ A}$$

. Jadi nilai I_{sc} yaitu sebesar 2282.016874 Ampere.

Diperlukan total daya aktif sistem, power factor, dan tegangan sekunder dari transofmator untuk menghitung arus beban maksimum, dengan rumus :

$$I_L = \frac{KW}{PF \times \sqrt{3} \times KV} \quad (7)$$

I_L = Arus beban maksimum (A)

PF = Power Factor

Daya aktif sistem 6,5 kW, faktor daya 0,89, dan tegangan sekunder transformator 0,22 kV. Sehingga :

$$I_L = \frac{KW}{PF \times \sqrt{3} \times KV} = \frac{6,5}{0,89 \times \sqrt{3} \times 0,22} = \frac{6.5}{0.339} = 19.16637768 \text{ A}$$

Jadi nilai I_L yaitu sebesar 19.16637768 Ampere

Jika kedua nilai I_{sc} dan I_L telah diketahui, maka rasio hubung singkat (*SCR*Ratio) dapat ditentukan menjadi,

$$SCR_{Ratio} = \frac{I_{sc}}{I_L} \quad (8)$$

SCR_{Ratio} = Rasio hubung singkat (A)

I_{sc} = Arus hubung singkat

I_L = Arus beban maksimum

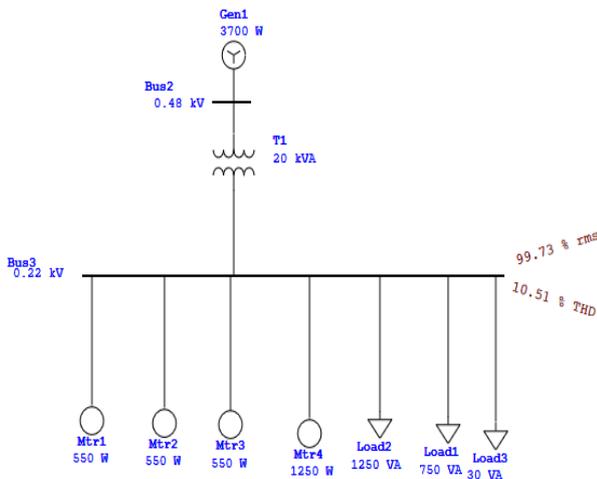
Nilai I_{sc} yang diperoleh 2282.016874 A, dan nilai arus beban maksimum I_L sebesar 19.16637768 A.

$$SCRatio = \frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{2282.016874}{19.16637768} = 11.9$$

Oleh karena itu, kita mendapatkan hasil *SCRatio*, yaitu sebesar 11. Karena rasio SCR kurang dari 20 A, maka THDi yang digunakan adalah 5% IEEE 519-2014.

B. Simulasi Analisis Harmonisa

Berikut merupakan simulasi Total Harmonic Distortion (THD) pada Pabrik Mie Gunung Mandala



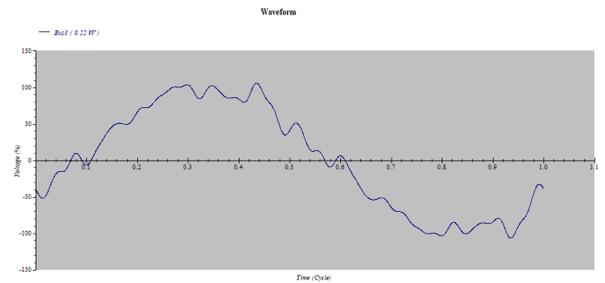
Gambar 3. Hasil simulasi harmonisa Sistem Kelistrikan Pabrik Mie Gunung Mandala sebelum diberi filter

Tabel 5 Hasil simulasi THD Sistem Kelistrikan Pabrik Mie Gunung Mandala sebelum diberi filter

THDv (%)		Keterangan
ETAP 16.0	Standar IEEE 519- 2014	
10.51	8	Tidak sesuai
Kandungan THDi (%)		Keterangan
ETAP 16.0	Standar IEEE 519- 2014	
3.48	5	Memenuhi

Tabel 5 menunjukkan tabel perbandingan hasil simulasi THDv dan THDi. Hasil simulasi THDv tidak sesuai dengan standar IEEE 519-2014, Dimana THDi sesuai standar. Nilai THDv (THDv 10.51 %) dan nilai THDi (THDi=3.48%)

Terlihat pada gambar waveform yaitu simulasi gelombang frekuensi pada bus 220v yang acak dan rusak akibat harmonisa yang melebihi batas yang disarankan dari IEEE 519- 2014



Gambar 4 Gelombang Sinusodial yang Tidak Beraturan Karena Harmonisa

C. Perancangan Filter Pasif untuk Meredam Distorsi Harmonisa

Pemasangan Filter pasif jenis *Single Tuned* dapat untuk meredakan distorsi harmonisa akibat adanya beban non-linier. Kelebihan dari filter tersebut yang terdapat komponen kapasitor yaitu dapat memperbaiki nilai faktor daya.

Dilakukan perhitungan terhadap orde 11, dikarenakan adanya harmonisa terbesar,perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menentukan nilai perbaikan faktor daya

Untuk memperbaiki nilai factor daya yang berkurang kerna harmonisa maka nilai perbaikan dihitung dengan rumus [11] :

$$QC = P(\tan\phi_{awal} - \tan\phi_{akhir}) \quad (9)$$

Dengan :

QC = Perbaikan faktor daya (kVAR)

P = Daya nyata (kW)

$\cos\phi_{awal}$ = Faktor daya pada sistem = 89% = 0,89

$\cos\phi_{akhir}$ = Faktor daya normal = 97% = 0,97

QC = 6.5 kw (faktor daya awal 89% - faktor daya normal 97%)

$$QC = 6,5 \text{ kW} (\cos 0,89 - \cos 0,97)$$

$$QC = 6,5 \text{ kW} (\cos 27.12 - \cos 14.06)$$

$$QC = 6,5 \text{ Kw}(0.21291776)$$

$$QC = 30.5283 \text{ atau } 30 \text{ kVAR}$$

2. Menentukan Nilai Xc

Reaktansi kapasitif atau reaktansi kapasitif mengacu pada resistansi yang terjadi pada kapasitor yang dilewati oleh arus dan menyamakan frekuensi sesuai dengan yang diberikan untuk memperbaiki harmonisa dan dihitung dengan rumus berikut[11]

$$X_C = \frac{0.22^2}{Q_C} \quad (10)$$

Dengan :

Xc = Reaktansi kapasitif (Ω)

V = Tegangan pada saluran (kV)

Qc = Perbaikan faktor daya (kVAR)

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{0.22^2}{30.5283} = 0.015 \Omega$$

Xc = 0.015 Ω

3. Ketika XC diperoleh, maka nilai kapasitor ditentukan Dengan untuk memaksa arus mengalir ke jaringan filter pada orde tertentu maka besaran kapasitor harus ditentukan agar terjadi resonansi pada jaringan dengan rumus perhitungan[11] :

$$C = \frac{1}{2\pi f \times X_C} \quad (11)$$

Dengan :

C = Nilai kapasitor (F)

Xc = Reaktansi kapasitif (Ω)

f = Frekuensi fundamental (50 Hz)

$$C = \frac{1}{2\pi f \times X_C} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 0.015} = 0.2123 = 2123 \mu F$$

C = 2123 μF

4. Menghitung nilai dan impedansi induktor

Induktor digunakan untuk melawan fluktuasi arus yang disebabkan oleh harmonisa dan menyaringnya. Untuk mendapatkan nilai induktor dan impedansi yang dibutuhkan maka dilakukan perhitungan sebagai berikut[11]:

$$L = \frac{1}{(C)(2\pi f \times n)^2} \quad (12)$$

Dengan :

L = Nilai induktor (H)

C = Nilai kapasitor (F)

f = Frekuensi fundamental (50 Hz)

n = Nilai ordo harmonisa yang akan dieliminasi

XL = Reaktansi induktif (Ω)

$$L = \frac{1}{(C)(2\pi f \times n)^2} = \frac{1}{((0.2123)(2 \times 3,14 \times 50 \times 11)^2} = 0,00000015 H$$

L= 0,00000015 H

Impedansi Induktor

$$X_L = 2\pi f L$$

$$X_L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0,00000015 = 0.0000047 \Omega$$

5. Nilai Resistor

$$R = \frac{n \times X_L}{Q} \quad (13)$$

Dengan :

R = Nilai resistor (Ω)

XL = Reaktansi induktif (Ω)

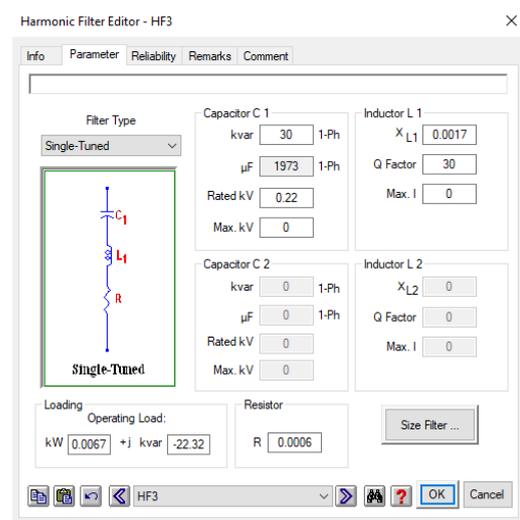
n = Nilai ordo harmonisa yang akan dieliminasi

Q = Ukuran ketajaman filter

$$R = \frac{n \times X_L}{Q} = \frac{11 \times 0.0000047}{30} = 0.000017$$

R = 0.000017 Ω

Gambar dibawah ini adalah detail filter yang akan dipasang pada system yang disesuaikan dengan nilai yang didapatkan dari persamaan sebelumnya.



Gambar 5. Spesifikasi Filter

Filter single tuned yang akan dipasang memiliki kapasitas berupa :

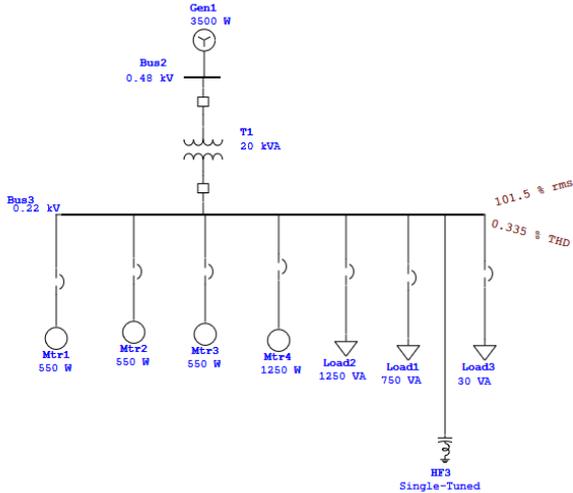
Kapasitas : 30kva

Capasitor : 1973μF

Inductor : 0.00015H
 Resistor : 0.000017 Ω
 Dengan ketajaman filter atau Q factor sebesar 30 dan dipasang pada tegangan 220v.

D. Simulasi Harmonisa setelah Pemasangan Filter

filter single tuned yang diberi parameter yang telah dihitung sebelumnya untuk mengurangi harmonisa secara efektif pada pabrik mie Gunung Mandala



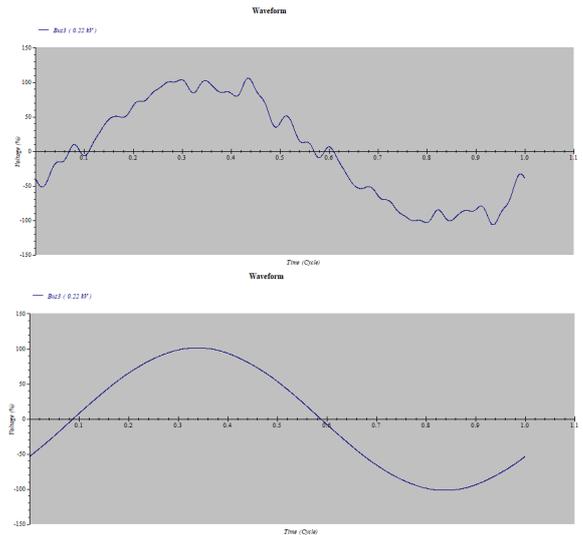
Gambar 6. Hasil pemasangan filter pada pabrik Mie Gunung Mandala

Tabel 6. Harmonisa Sistem Kelistrikan PLTU Bagian Auxilary setelah pemasangan filter

THDv (%)		Keterangan
ETAP 16.0	Standar IEEE 519-2014	
0.34	8	Terpenuhi
Kandungan THDi (%)		Keterangan
ETAP 16.0	Standar IEEE 519-2014	
1.32	5	Terpenuhi

Tabel 6 membandingkan hasil simulasi THDv dan THDi. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa konten THDv dan THDi pada bus 220V telah memenuhi standar IEEE 519-2014. THDv% menjadi 0.34% dan THDi

menjadi 1.32% . Gambar 7 menunjukkan hasil perbandingan simulasi berupa gelombang sinus pada bus 220V setelah dipasang single tuned filter dan sebelum.



Gambar 7 Gelombang sinusoidal Pada Bus 220v sebelum dan sesudah pemasangan filter single tuned

Terlihat perbedaan yang sangat signifikan pada bentuk gelombang sinusoidal yaitu simulasi gelombang frekuensi pada bus 220v yang sebelumnya tidak beraturan sekarang sudah rapi dan tidak acak lagi setelah pemasangan filter single tuned dan memenuhi batas yang disarankan dari IEEE 519-2014

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Hasil simulasi pada Sistem kelistrikan Pabrik Mie Gunung Mandala dengan harmonisa pada sistem kelistrikan yang belum sesuai dengan standar yaitu 10.51% THDv dan 3.48% THDi. Kandungan harmonisa pada Pabrik Mie Gunung Mandala disimulasikan menggunakan software ETAP, sebelum pemasangan filter pasif single tuned pada Bus 220v kandungan THDv mencapai nilai 10.51% dan THDi 3.48% yang tidak sesuai standar IEEE 519-2014 yang diizinkan senilai 8% dan 5%. Setelah pemasangan filter pasive type single tuned pada Bus 220v THDv berkurang hingga 0.78% dan THDi berkurang hingga 0.70% dan telah memenuhi standar IEEE 519-2014 yang diizinkan senilai 8% dan 5%

B. Saran

sistem tenaga listrik diperlukan adanya pemasangan filter berdasarkan parameter parameter sistem sehingga selain dapat mengurangi disorsi harmonisa dengan efektif sehingga dapat mencapai nilai ekonomis yang bagus karna harga filter yang tidak murah.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. W. Putro, "Perkembangan Pabrik Gula Ketanen Tahun 1840-1930," *AVATARA J. Pendidik. Sej.*, vol. 12, no. 3, pp. 1–11, 2022.
- [2] I. M. Dan, P. Pabrik, and D. Indonesia, "Pola Pengembangan Industri Mesin Dan Peralatan Pabrik Di Indonesia *)," pp. 70–78.
- [3] 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.
- [4] Sugiarto Hadi, "Kajian Harmonisa dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak. Pontianak," vol. 8, no. 2, 2012.
- [5] Roger C. Dugan, *Electrical Power System Quality Second Edition*. New York: McGraw-Hill., 2004
- [6] K. Brown, F. Shokooh, H. Abcede, and G. Donner, "Interactive simulation of power systems: ETAP applications and techniques," *Conf. Rec. - IAS Annu. Meet. (IEEE Ind. Appl. Soc.*, no. pt 2, pp. 1930–1941, 1990, doi: 10.1109/ias.1990.152451.
- [7] L. Motta and N. Faúndes, "Active / passive harmonic filters: Applications, challenges & trends," *Proc. Int. Conf. Harmon. Qual. Power, ICHQP*, vol. 2016- December, no. 1, pp. 657–662, 2016, doi: 10.1109/ICHQP.2016.7783319.
- [8] U. Indonesia et al., "Peredaman Resonansi Harmonisa Pada Sistem Kelistrikan Industri Menggunakan Filter Hybrid Dengan Konduktansi Variable," *Issn*, vol. 2, no. 1, pp. 181–186, 2015.
- [9] Rofarsyam, "Mesin pemotong adonan mie mekanisme gerak rotasi penggerak motor listrik 0,5 hp," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 1, 2017.
- [10] L. Bam and W. Jewell, "Review: Power system analysis software tools," 2005 IEEE Power Eng. Soc. Gen. Meet., vol. 1, pp. 139–144, 2005, doi: 10.1109/pes.2005.1489097.

VII. BIODATA PENULIS



Abdul Aziz Akbar Siliwangi, lahir di Samarinda 15 Februari 2000. Penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMK PPMI Assalaam. Kemudian pada tahun 2018 penulis melanjutkan studi keperguruan tinggi suwasta Institut Teknologi Nasional Malang dengan program studi Teknik Elektro S1 konsentrasi Energi Listrik. Alamat email penulis yaitu azizdani13@gmail.com.