

Perancangan Indikator Arus Netral Pada Beban Tiga Phase (Studi Kasus di Pabrik Kelapa Sawit Sungai Buaya)

Ockri Tamba^{1,*}, Deni Rachmat S.T., M.T.¹, dan Novelita Wahyu Modamina S.Si., M.Sc²

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

Abstrak. Listrik merupakan komponen yang sangat penting dalam dunia industri, khususnya dalam industri pengolahan kelapa sawit. Proses pembangkitan listrik pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) menggunakan *Alternator Turbin Uap* dan *Diesel Generator* yang dihubungkan ke beban-beban listrik di PKS. Listrik yang dibangkitkan tersebut digunakan untuk memasok daya listrik keperluan proses dan keperluan domestik. *Diesel Generator* digunakan untuk memasok daya listrik khusus keperluan domestik. Proses pendistribusian listrik pada PKS selalu mengalami ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan beban yang terjadi menyebabkan timbulnya arus pada penghantar netral (Arus Netral) dan arus yang mengalir ke penghantar tanah (*Arus Grounding*). Arus yang timbul pada penghantar netral *Diesel Generator* menyebabkan rugi-rugi pada sistem pengaliran listrik (*losses*), yaitu *losses* akibat adanya arus pada netral *Diesel Generator* dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Penelitian ini adalah merancang suatu alat yaitu indikator arus pada penghantar netral sebagai upaya untuk mengetahui arus yang mengalir akibat ketidakseimbangan beban. Perancangan indikator ini menggunakan rangkaian Elektronik *Mikrokontroler* dengan Sensor *ACS712 20A* dan rangkaian elektrik trafo arus 30/5A. Selain itu penelitian ini juga dilakukan kajian terhadap pembebanan dan ketidakseimbangan beban *Diesel Generator* sebagai data pendukung perancangan alat. Setelah dilakukan pengukuran menggunakan *Digital Clamp Meter* dan dianalisa, diperoleh bahwa bila terjadi ketidakseimbangan beban sebesar 8,83%, maka arus netral yang terbaca oleh Sensor *ACS712 20A* sebesar 26,85 A, dan *losses* yang mengalir ke tanah sebesar 0,000446%, dari data perbandingan Sensor *ACS712 20A* terhadap *Digital Clamp Meter* didapat *error* rata-rata Sensor *ACS712 20A* sebesar 2,68%.

Kata kunci : Arus netral, *Diesel Generator*, ketidakseimbangan beban Sensor *ACS712 20A*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini listrik merupakan kebutuhan pokok yang harus terpenuhi, Listrik diperlukan untuk menjalankan berbagai kepentingan, dimulai dari kebutuhan perumahan dengan skala pemakaian listrik yang kecil hingga untuk kebutuhan industri dengan skala pemakaian yang besar. Agar kebutuhan listrik di semua sektor ini dapat terpenuhi maka diperlukan suatu sistem tenaga listrik yang handal agar posokan listrik dapat terjaga dan merata untuk semua wilayah yang membutuhkan. Pada pabrik kelapa sawit (PKS), listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang harus dipenuhi untuk menjalankan berbagai mesin pengolahan. Pada PKS sistem pendistribusian listrik menggunakan sistem pengaliran tiga (3) phase. Daya listrik yang dibangkitkan pada sistem pengaliran tiga phase dibangkitkan oleh generator tiga phase yang disalurkan menggunakan transmisi tiga phase. Daya yang disalurkan pada sistem tiga phase

menggunakan 3 kabel phase dan 1 kabel netral. Menurut Johan Driesen (2012), Sistem tenaga listrik dikatakan seimbang atau simetri jika tegangan tiga phase dan arusnya memiliki amplitudo yang sama dan mempunyai beda phase sebesar 120° terhadap satu sama lain. Apabila syarat tersebut tidak terpenuhi maka sistem dikatakan tidak seimbang (*Unbalanced*). Sistem yang tidak seimbang tersebut dapat menyebabkan arus mengalir pada penghantar netral. Pada kondisi normal arus yang mengalir pada tiap phase haruslah mempunyai nilai yang sama, namun pada kenyataannya sering terjadi ketidakseimbangan beban antara phase satu dengan phase lainnya. Ketidakseimbangan beban disebabkan oleh beberapa faktor, dimulai dari pemakaian beban yang tidak seimbang hingga waktu pemakaian yang tidak sama. Ketidakseimbangan beban dapat mengakibatkan *losses* sistem pengaliran listrik, kerusakan peralatan seperti trafo, proteksi, motor. Berdasarkan pemaparan di atas perlu dilakukan pengkajian ketidakseimbangan beban guna mengurangi arus pada penghantar netral, hal ini juga diperlukan sebagai data pendukung pembuatan alat pengukur arus netral. Pada

^{1*}Corresponding author: ockritamba@gmail.com

penelitian ini dilakukan penambahan indikator arus pada penghantar netral guna mengetahui besar arus yang mengalir akibat ketidakseimbangan beban yang terjadi. Oleh sebab itu “Perancangan Indikator Arus Netral Berdasarkan Kajian Ketidakseimbangan Beban Tiga Phase Pada Generator di Sungai Buaya Mill” guna mengetahui ketidakseimbangan beban yang terjadi pada generator di Sungai Buaya Mill (SBYM)

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini antara lain:

1. Berapakah besar ketidakseimbangan beban pada tiap phase pada Diesel Generator di Sungai Buaya Mill?
2. Pengaruh yang ditimbulkan akibat beban tidak merata pada Diesel Generator di Sungai Buaya Mill?
3. Berapakah *losses* pada sistem pengaliran listrik di Sungai Buaya Mill?
4. Bagaimana rancangan alat Pengukur Arus Netral pada Diesel Generator menggunakan sensor ACS712
5. Bagaimana unjuk kerja alat Pengukur Arus Netral pada Diesel Generator menggunakan sensor ACS712?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini dilakukan di Diesel Generator tiga phase
2. Penelitian ini dilakukan di PKS Sungai Buaya
3. Pengukuran ini dilakukan pada saat generator beroperasi

2. Landasan Teori

2.1 Generator

2.1.1 Teori Generator

Generator adalah sumber tegangan listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul gaya gerak listrik induksi. Generator mempunyai dua komponen utama, yaitu bagian yang diam (*stator*) dan bagian yang bergerak (*rotor*). *Rotor* berhubungan dengan poros generator yang berputar di pusat *stator*. Poros generator biasanya diputar menggunakan usaha luar yang

dapat berasal dari turbin, baik turbin air atau turbin uap dan selanjutnya diubah menjadi arus listrik

2.1.2 Generator Tiga (3) Phase

Generator adalah sumber tegangan listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul gaya gerak listrik induksi. Generator mempunyai dua komponen utama, yaitu bagian yang diam (*stator*) dan bagian yang bergerak (*rotor*). *Rotor* berhubungan dengan poros generator yang berputar di pusat *stator*. Poros generator biasanya diputar menggunakan usaha luar yang dapat berasal dari turbin, baik turbin air atau turbin uap dan selanjutnya diubah menjadi arus listrik.



Gambar 1. Generator 3 Phase

2.2 Sensor ACS712

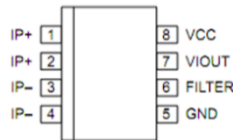
Sensor ACS 712 atau *Hall Effect Current Sensor* adalah modul yang berfungsi untuk mendeteksi arus listrik yang melewatinya. Pada umumnya aplikasi sensor ini digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies*, dan proteksi beban berlebih. Sensor ini dipasang seri dengan beban yang diukur. Adapun bentuk fisik dari sensor dapat dilihat pada (Gambar 2).



Gambar 2. Sensor ACS712

Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui penghantar yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *Integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor

dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *hall transducer* secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS Hall IC yang didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. Berikut terminal list dan gambar pin out ACS712



Gambar 3 Pin Out Diagram

Adapun (Gambar 3) Dijelaskan oleh (Tabel 1) dibawah ini

Tabel 1. Penjelasan Pada Pin Out Diagram

Nomor	Nama	Deskripsi
1 dan 2	IP +	Terminals for current being sampled ; fused internally
3 dan 4	IP -	Terminals for current being sampled ; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	V _{OUT}	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

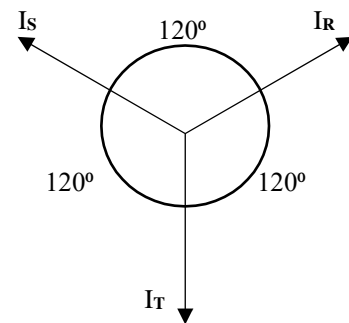
2.3 Ketidakseimbangan Beban Pada Generator

Dikatakan beban seimbang apabila beban dimana arus yang mengalir pada tiap phase simetris dan beban tersebut dihubungkan pada tegangan yang simetris pula. Yang dimaksud dengan keadaan seimbang (*Balanced*) adalah suatu keadaan di mana

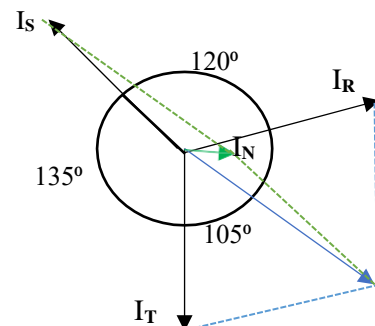
1. Ketiga vektor arus / tegangan sama besar.
2. Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satusama lain.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan dimana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu :

1. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain.
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain



Gambar 4. Vektor Diagram Arus (Seimbang)



Gambar 5. Vektor Diagram Arus (Tidak seimbang)

Pada (Gambar 4) menunjukkan vector arus pada keadaan seimbang. Di sini terlihat bahwa pada saat ketiga vektor (I_R , I_S , I_T) dijumlahkan akan menghasilkan nilai nol sehingga arus netral tidak keluar. Sedangkan pada (Gambar 5) menunjukkan diagram vector arus tidak seimbang terlihat apabila vektor arusnya (I_R , I_S , I_T) dijumlahkan akan menghasilkan nilai sehingga arus pada netral akan keluar. Besarnya arus netral tergantung pada faktor ketidakseimbangannya.

Daya Generator dapat dirumuskan sebagai berikut

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

dimana:

S = daya generator (kVA)
 V = tegangan generator (kV)
 I = arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat dihitung dengan rumus

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

dimana :

IFL = Arus beban penuh (A)
 S = Daya generator (kVA)
 V = Tegangan generator (kV)

2.4 Susut Pada Sistem Distribusi

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap phase (phase R, phase S, phase T) mengalirlah arus di netral generator. Arus yang mengalir pada penghantar netral generator ini menyebabkan *losses* (rugi-rugi). *Losses* pada penghantar netral generator dapat dirumuskan sebagai berikut

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

Dimana

PN = *losses* pada penghantar netral generator (watt)
 IN = arus yang mengalir pada penghantar netral generator (A)
 RN = tahanan penghantar netral generator (Ω)

Sedangkan *losses* yang diakibatkan oleh arus netral yang mengalir ke tanah (ground) dapat dihitung dengan perumusan berikut

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G$$

dimana:

PG = *losses* akibat arus netral generator yang mengalir ke tanah (watt)
 IG = arus netral generator yang mengalir ke tanah (A)
 RG = tahanan pembumian generator (Ω)

2.5 Daya Pada Sistem Distribusi

Misalnya daya sebesar P disalurkan melalui satu saluran dengan penghantar netral. Apabila dalam penyaluran ini arus phase dalam keadaan

seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut

$$P = 3 \cdot VL-L \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Dengan

P = daya generator
 V = tegangan generator
 Cos φ = faktor daya

Jika [I] adalah besaran arus phase dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tak seimbang besarnya arus-arus phase dapat dinyatakan dengan koefisien a, b, dan c berikut:

$$\begin{aligned} [IR] &= a [I] \\ [IS] &= b [I] \\ [IT] &= c [I] \end{aligned}$$

Dengan IR, IS, IT, adalah arus di phase R, S, T. Bila faktor daya di ketiga phase dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda, besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P = (a + b + c) \cdot [V] \cdot [I] \cos \varphi$$

Apabila persamaan diatas menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh persyaratan untuk koefisien a, b, dan c yaitu:

$$a + b + c = 3$$

Dimana pada keadaan seimbang

$$a = b = c = 1.$$

3. Metode Penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 2 Maret 2020 – 30 Juni 2020 dan bertempat di PT. Sumber Indah Perkasa, Sungai Buaya Mill. Desa Talang Batu, Kecamatan Mesuji Timur, Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung

3.2 Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah *Diesel Generator* pada Pabrik Kelapa Sawit Sungai Buaya

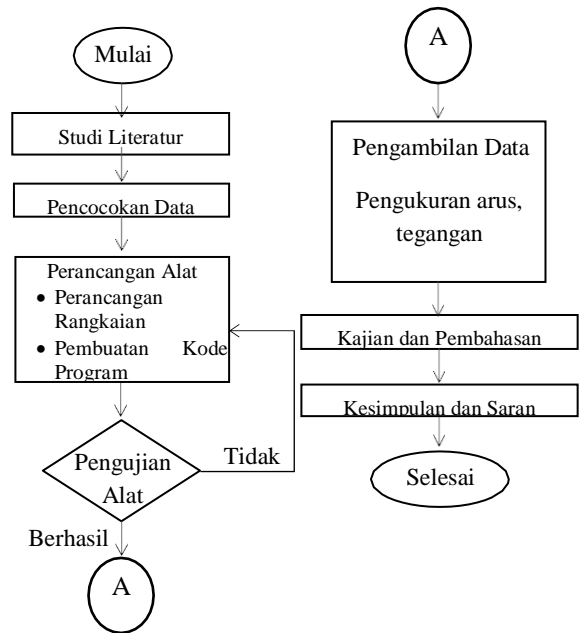


Gambar 6. Diesel Generator

Dengan data teknis *Diesel Generator* adalah sebagai berikut

Merk Generator : Cummins Power Generations
 Year off Manufacture : 2003
 Rated Power KW : 148 kW
 Rated Power KVA : 185 KVA
 Rated Current (0.8 PF) : 280 A
 Voltage : 220/380 V
 Rotating Speed : 1500 RPM
 Genset Mass : 2195 Kg

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

4. Data dan Pembahasan

4.1 Data Penelitian

Tabel 2. Data Pengukuran Arus, Tegangan, Cos ϕ

Tanggal	Pukul (WIB)	IR (Ampere)	IS (Ampere)	IT (Ampere)	IN (Ampere)		IG (Ampere)	VRS (Volt)	VST (Volt)	VTR (Volt)	VRN (Volt)	VSN (Volt)	VTN (Volt)	Cos Phi
					Digital Clamp Meter (Ampere)	Sensor ACS 712 (Ampere)								
1 Juni 2020	17:00	170	210	200	33.5	33.65	4.5	392	392	392	234	234	234	0.85
	18:00	196	264	209	33.4	34.09	4.2	393	390	390	232	232	232	0.92
	19:00	127	173	120	33.8	35.13	3.1	393	397	393	232	228	230	0.85
	20:00	94	124	88	32.9	34.05	5.1	393	393	393	230	230	232	0.88
	21:00	111	155	134	30.2	31.02	3.6	385	387	392	231	232	231	0.9
	22:00	173	204	197	28.9	29.76	2.5	397	394	392	232	228	234	0.88
3 Juni 2020	23:00	194	253	195	24.9	25.06	2.2	397	397	397	234	232	231	0.92
	04:00	150	213	170	19.1	19.8	2.3	392	392	392	231	234	235	0.88
	05:00	170	210	182	24.2	24.7	3.8	394	397	397	230	230	230	0.88
	06:00	176	214	175	27.9	28.6	2.1	397	397	397	230	230	227	0.88
5 Juni 2020	07:00	127	173	120	24.6	25.2	2.4	395	395	396	232	230	235	0.92
	04:00	148	176	152	18.4	18.5	3.6	393	397	393	232	228	230	0.92
	05:00	165	198	171	20.3	20.7	2.9	393	393	393	230	230	232	0.92
	06:00	166	200	184	17	17.6	2.3	385	387	392	231	232	231	0.92
	07:00	170	206	165	27.8	28.5	5.3	397	394	392	232	228	234	0.92
7 Juni 2020	05:00	131	145	132	19.2	20.74	2.3	397	397	397	234	232	231	0.92
	06:00	192	257	198	20.5	21.24	3.8	392	392	392	231	234	235	0.92
	07:00	199	238	215	20.7	20.69	2.1	394	397	397	230	230	230	0.92
	18:00	124	175	143	27.6	28.33	2.4	397	397	397	230	230	227	0.92
	19:00	220	248	229	26.4	27.91	3.6	395	395	396	232	230	235	0.92
Rata-rata	20:00	173	204	197	30.1	30.45	2.9	392	392	392	234	234	234	0.85
	21:00	196	243	209	28	28.91	2.3	393	390	390	232	232	232	0.92
	22:00	173	204	197	31.8	32.84	5.3	393	397	393	232	228	230	0.85
			162.82	203.78	173.13	26.14	26.85	3.24	393.43	393.86	393.69	231.65	230.78	231.82

4.2 Analisa Pembebanan Generator

Diketahui

$$S = 185 \text{ KVA}$$

$$V = 380 \text{ V L-L}$$

Maka,

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$185 \text{ KVA} = \sqrt{3} \cdot 0.38 \text{ kV} \cdot I_{FL}$$

$$I_{FL} = 281,08 \text{ A}$$

$$I_{Rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$= \frac{162,83 + 203,78 + 173,13}{3}$$

$$= 179,91 \text{ A}$$

Jadi presentase pembebanan Generatornya adalah:

$$\% \text{Pembelian} = \frac{I_{Rata-Rata}}{I_{FL}} \times 100\%$$

$$= \frac{179,91 \text{ A}}{281,08} = 64,007\%$$

4.3 Anslisa Ketidakseimbangan Generator

$$I_R = a \cdot I_{Rata-Rata} \text{ Maka } a = \frac{I_R}{I_{Rata-Rata}}$$

$$= \frac{162,83}{179,91} = 0,905$$

$$I_S = b \cdot I_{Rata-Rata} \text{ Maka } b = \frac{I_S}{I_{Rata-Rata}}$$

$$= \frac{203,78}{179,91} = 1,132$$

$$I_T = c \cdot I_{Rata-Rata} \text{ Maka } c = \frac{I_T}{I_{Rata-Rata}}$$

$$= \frac{173,13}{179,91} = 0,962$$

Pada keadaan seimbang besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %)

$$= \frac{\{|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{\{|0,905 - 1| + |1,132 - 1| + |0,962 - 1|\}}{3} \times 100\% = 8,83\%$$

Menurut satandar IEC (International Electrotechnical Commission) atau standar yang sudah ditetapkan dalam dunia listrik adalah sebesar 5% yang mana *Diesel Generator* yang diteliti sudah melebihi standar, maka seharusnya *Diesel Generator* perlu dilakukan penyeimbangan beban dengan cara:

1. Transposisi beban ulang agar beban tiap phase R,S,T dapat seimbang dan mengurangi ketidakseimbangan yang terjadi
2. Peanambahan kapasitor kompensasi. Hal ini dilakukan karena apabila ketidakseimbangan terjadi otomatis arus netral akan keluar dan menyebabkan *losses*, kapasitor kompensasi berfungsi mengurangi rugi- rugi (*losses*)

4.4 Analisa Losses Akibat Adanya Arus Netral Yang Mengalir Pada Penghantar netral Generator

A. Digital Clamp Meter

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

$$= (26,13)^2 \cdot 0.025\Omega$$

$$= 17.06 \text{ Watt}$$

Dimana daya aktif Generator (P):

$P = S \cdot \cos \phi$, (dimana $\cos \phi$ yang digunakan adalah 0.8)

$$P = 185 \cdot 0.8 = 148 \text{ Kw}$$

Sehingga persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral generator adalah

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,0176 \text{ kW}}{148 \text{ kW}} = 0,115\%$$

Menurut Budget Internal Sungai Buaya Mill tahun 2020, total jam kerja *Diesel Generator* pada tahun 2019 yang mana diambil sebagai acuan adalah 1608 Jam/Setahun, dan juga apabila mengacu kepada Budget Internal Sungai Buaya Mill, harga listrik per kWh adalah sebesar Rp.446/kWh, apabila dikonversikan kedalam rupiah adalah sebagai berikut

$$= 0,0176 \text{ kW} \times 3600 \text{ dtk} \times 1608 \text{ Jam/Tahun} \times \text{Rp. } 446/\text{kWh} = \text{Rp. } 45.439.764/\text{Tahun}$$

B. Alat Pengukur Arus Netral

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

$$= (26,85)^2 \cdot 0.025\Omega$$

$$= 18.02 \text{ Watt}$$

Dimana daya aktif Generator (P):

$P = S \cdot \cos \phi$, (dimana $\cos \phi$ yang digunakan adalah 0.8)

$$P = 185 \cdot 0.8 = 148 \text{ Kw}$$

Sehingga persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral generator adalah

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,01802 \text{ kW}}{148 \text{ kW}} = 0,128\%$$

Menurut Budget Internal Sungai Buaya Mill tahun 2020, total jam kerja *Diesel Generator* pada tahun 2019 yang mana diambil sebagai acuan adalah 1608 Jam/Setahun, dan juga apabila mengacu kepada Budget Internal Sungai Buaya Mill, harga listrik per kWh adalah sebesar Rp.446/kWh, apabila dikonversikan kedalam rupiah adalah sebagai berikut

$$= 0,0182 \text{ kW} \times 3600 \text{ dtk} \times 1608 \text{ Jam/Tahun} \times \text{Rp. } 446/\text{kWh} = \text{Rp. } 46.813.516/\text{Tahun}$$

4.5 Analisa Losses Akibat Arus Netral Yang Mengalir Ke Tanah

$$\begin{aligned} P_G &= I_G^2 \cdot R_G \\ &= (3,24)^2 \cdot 0.063\Omega \\ &= 0,661 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dimana daya aktif Generator (P):

$P = S \cdot \cos \phi$, (dimana $\cos \phi$ yang digunakan adalah 0.8)

$$P = 185 \cdot 0.8 = 148 \text{ Kw}$$

Sehingga persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral generator adalah

$$\begin{aligned} \%P_N &= \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,000661 \text{ kW}}{148 \text{ kW}} \\ &= 0,000446\% \end{aligned}$$

Menurut Budget Internal Sungai Buaya Mill tahun 2020, total jam kerja *Diesel Generator* pada tahun 2019 yang mana diambil sebagai acuan adalah 1608 Jam/Setahun, dan juga apabila mengacu kepada Budget Internal Sungai Buaya Mill, harga listrik per kWh adalah sebesar Rp.446/kWh, apabila dikonversikan kedalam rupiah adalah sebagai berikut

$$= 0,000661 \text{ kW} \times 3600 \text{ dtk} \times 1608 \text{ Jam/Tahun} \times \text{Rp. } 446/\text{kWh} = \text{Rp. } 1.706.573/\text{Tahun}$$

4.6 Proses Pembuatan Alat Pengukur Arus Netral

A. Identifikasi Kebutuhan

Kebutuhan perangkat umum untuk Tugas Akhir ini diantaranya adalah

1. Sungai Buaya Mill belum memiliki indikator pengukur besarnya arus yang mengalir pada phase netral
2. Perlunya sensor arus sebagai pengukur perubahan besaran arus listrik yang mengalir di phase netral
3. Perlunya komponen penampil karakter yaitu berupa LCD I2C 16x2
4. Perlunya rangkaian pendukung Kapasitor keramik 100nF 104, Dioda IN4148 DIP DO-35 sebagai penstabil pembacaan nilai arus
5. Perlunya Current Transformer sebagai input sensor arus karena diameter penghantar netral tidak bisa langsung dihubungkan langsung ke sensor arus ACS712

B. Kajian Kebutuhan

Tugas Akhir ini menggunakan Sensor ACS712 20A, ini merupakan alat yang bertujuan untuk mengukur besarnya laju aliran arus pada penghantar netral generator akibat ketidakseimbangan beban yang terjadi. Alat ini berfungsi sebagai indikator arus pada penghantar netral generator atau sebagai pendeteksi ketidakseimbangan beban yang terjadi.

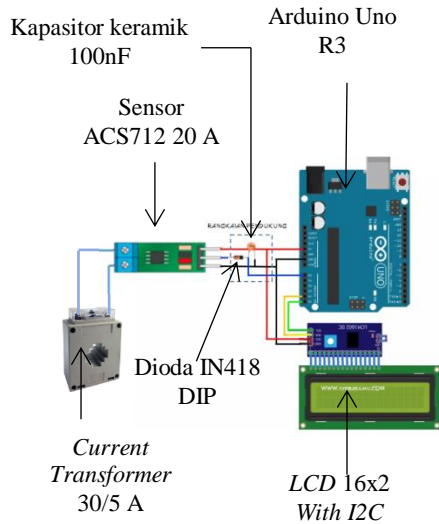
Proses pembuatan alat ini menggunakan beberapa komponen antara lain dapat dilihat pada (Tabel 4.2)

Tabel 3.. Komponen Alat Pengukur Arus Netral

No	Nama Barang	Unit
1	Sensor Arus ACS712	1
2	LCD I2C 16x2 Biru	1
3	Arduino Uno	1
4	Kabel Jumper	20
5	Current Transformer 30/5A Larkin LQ-30M	1
6	Kapasitor keramik 100nF 104	1
7	Dioda IN4148 DIP DO-35	1

C. Perancangan Alat

Pada proses perancangan alat ini, dilakukan perancangan rangkaian seperti yang ditampilkan pada (Gambar 4.1) dibawah ini



Gambar 8. Rangkaian Alat Pengukur Arus Netral

Dari (Gambar 8) kemudian dirangkai sesuai dengan yang sudah tertera. Untuk bentuk rangkaian pengukur ditampilkan pada (Gambar 9)



Gambar 9. Alat Pengukur Arus Netral

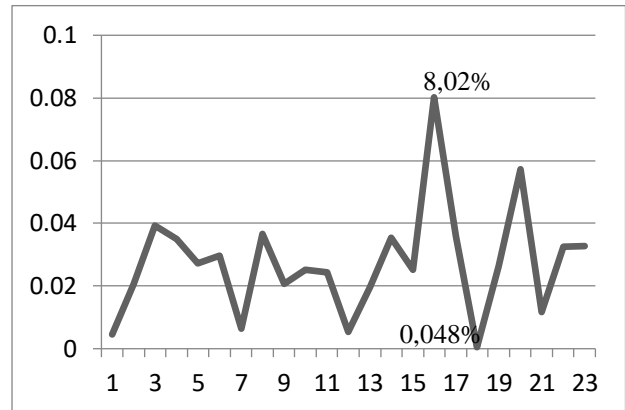
Setelah dilakukan perangkaian seperti (Gambar 9) maka dilakukan pemrograman untuk dilakukan *uploading* program alat pengukur ke dalam Arduino.

D. Implementasi dan Pengujian Alat

Setelah dilakukan perancangan dan pemrograman maka dilakukan implementasi dan pengujian alat guna mengetahui kinerja alat dan error yang alat hasilkan. Untuk data pengujian alat dapat dilihat pada (Tabel 2) sehingga dilakukan perhitungan nilai error alat pengukur menggunakan rumus dibawah ini

$$\%Error = \left| \frac{A_{Amperemeter} - A_{Pengukuran}}{A_{Amperemeter}} \right| \times 100\%$$

Dan dilakukanlah perhitungan nilai error dengan hasil seperti yang ditunjukkan oleh (Gambar 10)



Gambar 10. Grafik Error Pembacaan Alat Terhadap *Digital Clamp Meter*

Dari (Gambar 10) dan (Tabel 2) dapat dijelaskan bahwa

1. Error tertinggi terjadi pada tanggal 5 Juni 2020 Pukul 05.00 WIB yaitu sebesar 8,02%
2. Error terendah terjadi pada tanggal 5 Juni 2020 Pukul 07.00 WIB yaitu sebesar 0,048%
3. Rata-rata error pembacaan alat adalah 2,63%

E. Perbandingan Biaya Alat Ukur Dengan *Digital Clamp Meter*

Setelah didapatkan nilai *error* pembacaan alat dilakukan juga perbandingan harga alat ukur dengan *Digital Clamp Meter* yang digunakan sebagai pembandingan

Tabel 4. Total Biaya Alat Ukur

No	Nama Barang	Harga	unit	Total Harga
1	Sensor Arus ACS712	Rp.37.900	1	Rp.37.900
2	LCD I2C 16x2 Biru	Rp.30.000	1	Rp.30.000
3	Arduino Uno	Rp.75.000	1	Rp.75.000
4	Kabel Jumper	Rp.1.000	20	Rp.20.000
5	Current Transformer 30/5A	Rp.38.000	1	Rp.38.000

6	Kapasitor keramik 100nF 104	Rp.150	1	Rp.150
7	Dioda IN4148 DIP DO-35	Rp.200	1	Rp.200
Total Harga				Rp.201.250

Sedangkan untuk pembelian *Digital Clamp Meter* yang banyak disediakan pada toko online sebesar Rp.269.000, dimana *Digital Clamp Meter* yang digunakan pada Sungai Buaya Mill ini dapat mengukur arus sebesar 600 A dengan *limitating error* sebesar (1,5%+5).

Sehingga apabila dilakukan perbandingan harga maka terdapat selisih harga sebesar Rp.67.000,00, dimana alat yang sudah dibuat lebih murah dibandingkan dengan *Digital Clamp Meter* yang digunakan di Sungai Buaya Mill.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: (1) Persentase ketidakseimbangan pembebanan sebesar 8,83 %, maka berdasarkan standard yang sudah ditetapkan oleh IEC maka beban yang disuplai oleh diesel generator perlu dilakukan penyeimbangan. (2A) Persentase rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus pada penghantar netral adalah sebesar 0,128 % atau sebesar 18,02 W. yang mana apabila dikonversi menjadi rupiah/bulan adalah sebesar Rp. 46.813.516/Tahun (Alat Pengukur Arus Netral). (2B) Persentase rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus pada penghantar netral adalah sebesar 0,115 % atau sebesar 17,06 W. yang mana apabila dikonversi menjadi rupiah/bulan adalah sebesar Rp. 45.439.764/Tahun (*Digital Clamp Meter*). (3) Persentase rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus pada penghantar grounding adalah sebesar 0,000446% atau sebesar 0,661 W yang mana apabila dikonversi kedalam rupiah/bulan adalah sebesar Rp.1.706.573/Tahun. (4) Pengaruh yang timbul akibat ketidakseimbangan beban pada diesel generator adalah timbulnya arus netral dengan rata-rata sebesar 26,85 A dengan menggunakan alat pengukur arus netral dan 26,13 A dengan menggunakan *Digital Clamp Meter* dan arus ground. (5) Proses pembuatan alat pengukur arus netral dengan menggunakan sensor ACS712 dikatakan berhasil dan dilalui dengan beberapa tahapan yaitu: Perancangan rangkaian, Pemrograman, Implementasi. (6) Error rata-rata alat pengukur arus apabila

dibandingkan dengan *Digital Clamp Meter* adalah sebesar 2.63%, dan apabila dibandingkan dengan amperemeter analog yang banyak digunakan pada PKS Sungai Buaya dengan *limitating error* sebesar $\pm 10\%$ terhadap nilai real arus maka dapat disimpulkan alat yang sudah dibuat dapat digunakan untuk mengukur arus walaupun dalam segi harga masih tergolong mahal

5.2 Saran

Untuk pengembangan Tugas Akhir ini agar lebih baik, penulis memberikan saran sebagai berikut : (1) Untuk memasang titik sambungan baru pada instalasi listrik harus memperhatikan data-data yang ada, agar dalam pelaksanaan penyambungan, beda pembebanan pada salah satu phase tidak terlalu besar atau menyebabkan *losses* pada penghantar netral. Untuk memasang titik sambungan baru pada instalasi listrik harus memperhatikan data-data yang ada, agar dalam pelaksanaan penyambungan, beda pembebanan pada salah satu phase tidak terlalu besar atau menyebabkan *losses* pada penghantar netral. (2) Melakukan transposisi beban ulang, dengan mengelompokkan pemasangan pada tiap-tiap phasanya dan memperhatikan waktu pembebanan agar tiap phase dapat lebih seimbang. (3) Menambahkan memori eksternal untuk menyimpan data pada alat pengukur arus netral, agar lebih mudah dalam proses monitoring arus yang timbul akibat ketidakseimbangan beban. (4) Stasiun *Power House* yang biasanya dilakukan pembersihan membuat alat rentan terkena air, sebaiknya alat monitoring arus dibuat agar lebih kedap terhadap air. (5) Penambahan kapasitor kompensasi agar mengurangi *losses* pada sistem pengaliran listrik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)", Jakarta : Badan Standarisasi Nasional, 2011
- [2] International Electrotechnical Commission (IEC) [3] Theraja, B.L., A.K. Theraja. 2005. "A Textbook of Electrical Technology Volume I Basic Electrical Engineering". Tarnekar, S.G (Ed). New Delhi :Ram Nagar
- [3] Sogen, Markus Dwiyanto Tobi. 2018. "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* Pada Transformator Distribusi di PT. PLN (PERSERO) Area Sorong Volume 4 (No. 1)". Sorong: Politeknik Katolik Saint Paul Sorong
- [4] Akbar, Rizal. 2018. "Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya, kWh, Serta

Estimasi Biaya Pemakaian Peralatan Listrik Pada Rumah Tangga”. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia

[5] Pratiwi, Nana. 2017. “Tutorial Arduino Mengakses Sensor Arus”. www.nyebarilmu.com. Nyebar Ilmu

[6] Zuhail. “Dasar Tenaga Listrik, Bandung: ITB

[7] Gunawan, Arif. “Pahami Perbedaan Genset AC 1 Phase dan 3 Phase”. www.abcpowergenset.com/pahami-genset-1-phase-dan-3-phase/. 22 Agustus 2020

[8] Andalan Elektro. 2018. “Karakteristik Sensor ACS7712”. www.andalanelektro.id/2018/11/Karakteristik-sensor-suhu-ac-712/. 22 Agustus 2020

[9] Si Manis. 2019. “Pengertian Pengukuran Adalah: Jenis, Contoh dan Alat Ukur Dalam Ilmu Fisika Lengkap”. www.pelajaran.co.id/2019/28/pengertian-pengukuran.html. 22 Agustus 2020

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Ahli Madya Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Institut Teknologi Sains Bandung. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada

1) Kedua orangtua yang selalu memberi doa, dukungan dan kasih sayang yang sangat besar.

2) Bapak Deni Rachmat S.T.,M.T. selaku pembimbing satu yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini

3) Ibu Novelita Wahyu Mondamina S.Si., M.Sc. selaku pembimbing dua yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

4) Ibu Hanifadonna, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan.

5) Bapak Wahyu B. Indradi selaku Factory Manager Sungai Buaya Mill yang telah mengizinkan penulis untuk melaksanakan Tugas Akhir dan sudah memberi bimbingan yang membangun.

6) Bapak Hasbullah dan Bapak Jimmi Antonio selaku pembimbing lapangan yang sudah memberikan masukan dan arahan

7) Seluruh Staff, karyawan Sungai Buaya Mill yang dengan segenap upaya membantu penulis dan selalu memberikan dukungan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8) Bapak Risyad Lingga Pangestu dan Bapak Ardiyanto selaku senior Teknologi Pengolahan Sawit yang sudah membantu baik moral maupun materil.

9) Bapak M. Yogi Yusuf yang sudah mengizinkan penulis menumpang selama penyusunan Tugas Akhir ini berlangsung

10) Sahabat angkatan 2017 Teknologi Pengolahan Sawit yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

11) Adi Krismawan yang sudah banyak membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir

12) Teman-teman PMK ITSB yang selalu memberikan semangat kepada penulis

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu

Kota Deltamas, 25 Agustus 2020

Penulis
Ockri Tamba