



POLITEKNIK NEGERI BALI

matrix

JURNAL MANAJEMEN TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA



Vol. 7 No. 2 | Hal. 27-52 | Juli 2017 | ISSN 2580-5630

Editors

Editor-in-chief :

Dr. Anak Agung Ngurah Gde Sapteka.

Editorial Boards :

Dr. I Ketut Swardika, ST, MSi.

I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD.

Ir. I Wayan Wiraga, MT.

I Nyoman Kusuma Wardana, ST, MSc.

Ni Wayan Wisswani, ST, MT

Language Editors :

Gusti Nyoman Ayu Sukerti, SS, MHum.

Ni Nyoman Yuliantini, SPd, MPd.

Reviewers

Dr. Catur Apriono (Teknik Elektro, Universitas Indonesia).

Dr. Henry Binsar H. Sitorus (Teknik Elektro, Universitas Lampung).

Dr. Rahmat W. Sembiring (Teknik Komputer & Informatika, Politeknik Negeri Medan).

Mohammad Noor Hidayat, PhD (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang).

Daftar Isi

I Ketut Darminta, I Nyoman Sukarma, I Made Budiawan, SIMULASI PEMISAH KEMATANGAN BUAH JERUK BERDASARKAN WARNA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328P	27-31
Ni Wayan Rasmini, PERENCANAAN PEMILIHAN POMPA DAN SISTEM KONTROL KERJA POMPA UNTUK PENYEDIAAN AIR BERSIH PADA RUMAH TANGGA	32-37
I Gede Suputra Widharma, PERANCANGAN SIMULASI SISTEM PENDAFTARAN KURSUS BERBASIS WEB DENGAN METODE SDLC	38-41
I Ketut Ta, I Gede Nyoman Sangka, I Wayan Sudiarta, Ida Bagus Edy Ambhara Wijaya, ANALISIS PERSENTASE PEMBEBANAN DAN DROP TEGANGAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH PADA GARDU DISTRIBUSI GA 0032 PENYULANG WIBRATA	42-46
I Putu Semara Adhi Paramarta, Djoko Suhantono, Kadek Amerta Yasa, ANALISIS PENGARUH REKONFIGURASI <i>GROUNDING</i> KABEL <i>POWER</i> 20 kV TERHADAP <i>ERROR RATIO CURRENT TRANSFORMERS</i> PELANGGAN TEGANGAN MENENGAH DI HOTEL GOLDEN TULIP SEMINYAK	47-52

SIMULASI PEMISAH KEMATANGAN BUAH JERUK BERDASARKAN WARNA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 328P

I Ketut Darminta¹, I Nyoman Sukarma², I Made Budiawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

¹darminta@pnb.ac.id

Abstrak: Pada saat ini masih banyak pekerjaan pertanian yang menggunakan tenaga pekerja dalam melaksanakan kegiatan produksi dan menyelesaikan proses setelah produksi tanaman jeruk diantaranya proses penyortiran buah. Penyortiran buah merupakan tahap pemisahan buah hasil panen berdasarkan tingkat kematangan buah, ditandai dengan perbedaan warna buah jeruk. Tingkat kematangan pada buah jeruk dibagi menjadi 3 tingkatan, yaitu: hijau, hijau kekuning-kuningan dan kuning. Warna hijau biasanya memiliki kandungan rasa yang asam, warna hijau kekuning-kuningan memiliki karakteristik rasa yang manis disertai dengan sedikit rasa asam dan memiliki kandungan banyak air, sedangkan warna kuning memiliki rasa yang manis. Pengelompokan buah jeruk pada beberapa industri pertanian saat ini masih dilakukan dengan cara konvensional. Proses ini memiliki kekurangan karena manusia memiliki keterbatasan dalam waktu pengerjaan dan berpikir serta seringkali merasa jenuh atau lalai ketika melakukan kegiatan penyortiran dalam waktu yang lama. Perancangan sistem yang berbasis mikrokontroler ATmega 328P dapat membantu meringankan pekerjaan manusia sebagai pengatur alat pemisah buah berdasarkan warna yang dilengkapi dengan sensor photodiode sebagai pemilih warna serta motor servo sebagai pemisah.

Kata kunci: Jeruk, Mikrokontroler ATmega 328P, Pemisah Kematangan Buah, Sensor Photodiode.

Abstract: *At present there are still a lot of agricultural works that use workers in carrying out production activities and completing the processes after the production of orange crops such as fruit sorting process. Fruit sorting is the stage of separation of the fruit of the harvest based on the fruit maturity level, characterized by the color difference of orange fruit. Level of maturity in orange fruit is divided into 3 levels, i.e., green, yellowish green and yellow. The green color usually has a sour taste, yellowish green color has a sweet taste characteristics accompanied by a little sour taste and has a lot of water content, while the yellow color has a sweet taste. The grouping of orange fruits in some agricultural industries is still done in the conventional way. This process has a deficiency because humans have limitations in the workmanship and thinking and often feel bored or negligent when doing sorting activities in a long time. The design of microcontroller based systems ATmega 328P can help alleviate human work as a fruit separator controller based on color that is equipped with a photodiode sensor as a color selector and servo motor as a separator.*

Keywords: *Orange, ATmega 328P Microcontroller, Fruit Maturity Separator, Photodiode Sensor.*

I. PENDAHULUAN

Sejalan dengan semakin meningkatnya produksi dan permintaan pasar, maka diperlukan berbagai bentuk teknologi yang dapat menunjang percepatan produksi serta efisiensi proses setelah produksi tanaman jeruk. Teknologi tersebut dapat meringankan beban pekerja dan dapat mengurangi ongkos yang harus dikeluarkan dalam melakukan produksi hingga penjualannya. Pada saat ini, masih terdapat banyak pekerjaan pertanian yang menggunakan tenaga pekerja (tradisional) dalam melakukan kegiatan produksi dan setelah produksi tanaman jeruk, salah satu contoh adalah proses penyortiran buah. Penyortiran buah merupakan tahap pemisahan buah hasil panen berdasarkan tingkat kematangan buah, ditandai dengan perbedaan warna buah jeruk. Tingkat kematangan pada buah jeruk dibagi menjadi 3 tingkatan, yaitu: hijau, hijau kekuning-kuningan dan kuning. Warna hijau biasanya memiliki kandungan rasa yang asam, namun tak jarang memiliki rasa yang manis. Warna hijau kekuning-kuningan memiliki karakteristik rasa yang

manis disertai dengan sedikit rasa asam dan memiliki kandungan banyak air. Sedangkan warna kuning memiliki rasa yang manis, namun terkadang ada yang memiliki rasa hambar dan kadar air yang sedikit.

Pengelompokan atau sortir buah jeruk pada beberapa industri pertanian saat ini masih dilakukan dengan cara konvensional (oleh tenaga manusia). Pengelompokan atau sortir dengan cara ini tentunya memiliki beberapa kekurangan karena manusia memiliki keterbatasan dalam waktu pengerjaan dan berpikir serta sering kali merasa jenuh atau lalai dalam melakukan penyortiran untuk jangka waktu yang lama. Oleh sebab itu, dibutuhkan teknologi yang dapat membantu manusia dalam melakukan proses penyortiran buah.

TCS3200 merupakan IC yang dapat diprogram untuk mengkonversi warna cahaya ke frekuensi dengan *output* berbentuk sinyal kotak. Terdapat dua komponen utama pembentuk alat ini, yaitu *photodiode* dan pengkonversi arus ke frekuensi (ADC). Pada dasarnya, sensor warna TCS3200 merupakan sensor

cahaya yang dilengkapi dengan filter cahaya untuk warna dasar RGB [1-2].

Penentuan warna buah dapat dilakukan dengan cara menjumlahkan tiap *pixel grayscale* pada benda yang sudah dideteksi. Karena perbedaan warna merah dengan hijau terlihat mencolok pada nilai hasil penjumlahan tiap *pixel*, sehingga dapat ditentukan nilai tengah (*threshold*) untuk memberikan perbedaan warna pada buah [3].

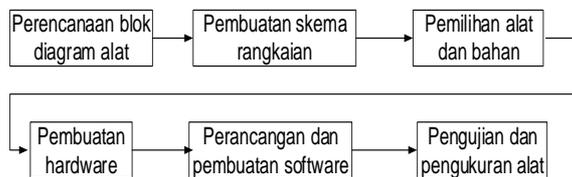
LED RGB yang terdiri atas 3 buah warna dasar yaitu merah (*red*), hijau (*green*) dan biru (*blue*), yang ditambahkan dengan berbagai cara untuk menghasilkan bermacam-macam warna sebagai kontrolnya [4-6].

Perancangan sistem dibuat dengan tujuan agar dapat membantu meringankan pekerjaan manusia dengan membuat alat pemisah buah berdasarkan warna yang dilengkapi dengan sensor photodiode sebagai pemilah warna serta motor servo sebagai pemisah.

Mikrokontroler merupakan pusat pengendali namun dalam aplikasinya mikrokontroler memerlukan rangkaian tambahan supaya bisa berjalan, mikrokontroler dengan rangkaian tambahan yang sering disebut minimum sistem dari mikrokontroler [1]. Pada mikrokontroler Atmel (jenis mikrokontroler pada Arduino Uno), register untuk melakukan konfigurasi komunikasi secara SPI dikenal sebagai SPCR (SPI Control Register) [7].

II. METODE PENELITIAN

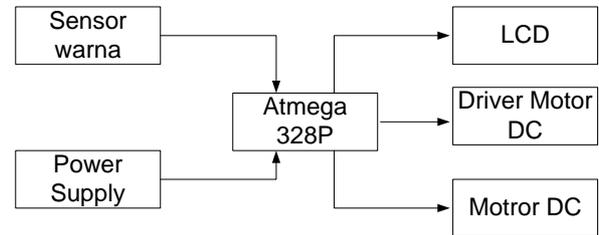
Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan mempelajari referensi dari buku-buku, situs-situs *web*, dan *datasheet* komponen. Seperti mencari teori tentang rangkaian sensor warna, rangkaian *power supply*, mikrokontroler ATmega 328P dan komponen lainnya yang bersangkutan dengan pembuatan alat, dan nantinya dipakai sebagai acuan di dalam pembuatan alat [8-9]. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem yang diawali dengan pembuatan blok diagram rangkaian, pembuatan skematik dan *layout* rangkaian, proses pemindahan *layout* ke PCB, proses pelarutan PCB, pemasangan komponen, proses penyolderan, pembuatan *flowchart* program, dan pembuatan program hingga alat selesai [8-10], sesuai gambar diagram alir berikut ini.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan alat

Terakhir dilakukan analisis data berdasarkan hasil pengujian pada rangkaian *power supply*, mikrokontroler, LCD, rangkaian *Driver Motor* dengan mengukur tegangan pada output 1 dan output 2, rangkaian *limit switch* dengan mengukur tegangan pada limit kanan, kiri maupun tengah, rangkaian

sensor warna dengan mengukur tegangan pada anoda photodiode R G B, serta rangkaian keseluruhan untuk mengetahui apakah rangkaian telah bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan. Selain itu, dilakukan juga pengujian terhadap seluruh sistem yang telah terpasang pada alat sehingga dapat diketahui apakah alat yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik.



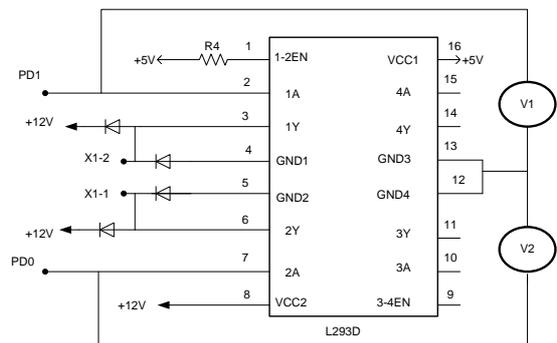
Gambar 2. Konfigurasi alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Rangkaian Driver Motor

Rangkaian *Driver Motor DC* berfungsi agar mikrokontroler dapat menggerakkan motor DC. Rangkaian ini menggunakan sebuah IC yaitu IC L293D yang merupakan IC yang memang dirancang khusus untuk menggerakkan dan mengendalikan motor DC. Rangkaian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari data hasil pengujian rangkaian ini diperoleh hasil pengukuran output mikrokontroler sebesar 4,94 Vdc pada pin 1 dan 4,96 Vdc pada pin 2. Pada input Vcc 1, diperoleh hasil pengukuran sebesar 4,8 Vdc dan 11,5 Vdc pada Vcc 2 untuk output motor *driver* motor 1 mendapatkan hasil pengukuran 10,64 Vdc serta 10,67 Vdc pada output 2. Dari hasil pengujian tersebut, maka output *driver* motor 1 dan 2 yang digunakan untuk menggerakkan atau menjalankan motor penggerak sudah dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 3. Rangkaian *driver* motor

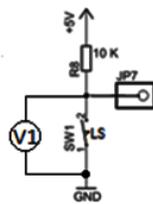
Tabel 1. Pengukuran *driver* motor

Output Mikrokontroler	Input Vcc ₁ (Vdc)	Input Vcc ₂ (Vdc)	Output Driver Motor
Pin 1 (Vdc)	Pin 2 (Vdc)		Output 1 (Vdc) Output 2 (Vdc)
4.94	4.96	4.8 11.5	10.64 10.67

3.2. Rangkaian Limit Switch

Limit switch merupakan salah satu input dari sistem yang berfungsi menghentikan kerja motor apabila pemilah mencapai posisi maksimal pada saat putar ke kanan dan saat putar ke kiri begitu juga saat di tengah-tengah. Hal ini bertujuan agar motor penggerak dapat berhenti secara otomatis. Rangkaian ini ditunjukkan pada Gambar 4.

Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2. Dari data pengukuran pada Tabel 2, ketika pemilah tidak menyentuh *limit switch*, maka tegangan yang di hasilkan 4,98 Vdc. Sedangkan ketika pemilah telah mencapai batas maksimal saat putar ke kanan dan saat putar ke kiri begitu juga saat di tengah sehingga menyentuh *limit switch*, maka tegangan yang dihasilkan oleh *limit switch* sebesar 0 Vdc.



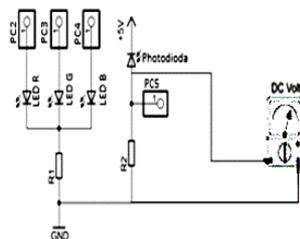
Gambar 4. Pengujian rangkaian *limit switch*

Tabel 2. Data hasil pengujian *limit switch*

<i>Limit Switch (LS)</i>	<i>LS ON (Vdc)</i>	<i>LS OFF (Vdc)</i>
LS Kiri	0	4,98
LS Kanan	0	4,98
LS Tengah	0	4,98

3.3. Rangkaian Sensor Warna

Rangkaian sensor warna adalah rangkaian yang berfungsi sebagai input yang akan mengirimkan data pembacaan warna ke mikrokontroler sesuai dengan data yang dibaca. Pada rangkaian ini, dilakukan pengujian dengan alat ukur AVO meter yang bertujuan untuk mengetahui besar tegangan output yang dihasilkan oleh sensor saat bekerja. Rangkaian ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian sensor warna

Berdasarkan data pengukuran menggunakan AVO meter pada anoda photodiode didapatkan hasil pengukuran sensor untuk masing-masing warna yaitu warna merah mendapat hasil pengukuran R = 4,1 Vdc; G = 2,1 Vdc; B = 1 Vdc; Warna hijau mendapat hasil pengukuran R = 2,3 Vdc; G = 3,6 Vdc;

B = 1,2 Vdc; Sedangkan biru mendapat hasil pengukuran R = 1,1 Vdc; G = 1,3 Vdc; B = 4,0 Vdc; Warna kuning mendapat hasil pengukuran R = 3,8 Vdc; G = 2,0 Vdc; B = 1 Vdc. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran rangkaian sensor warna

Warna Objek	<i>Pengukuran Tegangan Pada Anoda Photodiode</i>		
	<i>R (Vdc)</i>	<i>G (Vdc)</i>	<i>B (Vdc)</i>
Merah	4,1	2,1	1,0
Hijau	2,3	3,6	1,2
Biru	1,1	1,3	4,0
Kuning	3,8	2,0	1,0

3.4. Pengujian Alat

Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan 2 buah jeruk, yaitu buah jeruk yang berwarna kuning dan berwarna hijau. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali menggunakan buah jeruk berwarna hijau dan 10 kali menggunakan buah jeruk berwarna kuning. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4. Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan dua buah jeruk warna hijau dan warna kuning sebanyak sepuluh kali percobaan, tidak diperoleh kesalahan dalam pemilahan buah.

Pengujian kedua dilakukan dengan menggunakan 10 buah jeruk, yaitu 5 buah jeruk yang berwarna kuning dan 5 berwarna hijau yang dimasukkan bergantian. Pengujian ini dilakukan 5 kali menggunakan buah jeruk berwarna hijau dan 5 kali menggunakan buah jeruk berwarna kuning. Hasil pengujian yang dilakukan menggunakan 10 buah jeruk yaitu 5 buah jeruk yang berwarna kuning dan 5 berwarna hijau menunjukkan bahwa tidak terjadi kegagalan pemilahan buah. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.

Pengujian ketiga dilakukan dengan menggunakan 10 buah jeruk berwarna kuning kehijauan secara bergantian. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menggunakan 10 buah jeruk berwarna kuning kehijauan, diperoleh hasil 6 buah jeruk dipilah ke arah jeruk kuning dan 4 dipilah ke arah hijau. Ini terjadi karena 6 buah jeruk yang dipilah ke arah kuning dominan berwarna kuning dan jeruk yang dipilah ke arah hijau dominan berwarna hijau. Pengujian buah jeruk seperti ini ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 6.

Tabel 4. Hasil pengujian alat menggunakan 2 buah jeruk

Warna Buah Jeruk	Pengujian										Berhasil	Gagal
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Kuning	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10	0
Hijau	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10	0

Tabel 5. Tabel hasil pengujian alat menggunakan 10 buah Jeruk

Buah Jeruk	Warna Buah Jeruk	
	Kuning	Hijau
1	✓	✓
2	✓	✓
3	✓	✓
4	✓	✓
5	✓	✓
Jumlah Kegagalan	0	0

Gambar 6. Buah jeruk warna kuning kehijauan



Tabel 6. Tabel hasil pengujian alat menggunakan 10 buah berwarna kuning kehijauan

Buah Jeruk	Arah Buah Jeruk	
	Kanan (Kuning)	Kiri (Hijau)
1		✓
2	✓	
3	✓	
4		✓
5	✓	
6		✓
7	✓	
8		✓
9	✓	
10	✓	
Jumlah	6	4

IV. KESIMPULAN

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat ditarik setelah proses pembuatan simulasi alat pemisah kematangan buah jeruk otomatis berdasarkan warna berbasis mikrokontroler ATmega328P. Kesimpulan tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. Proses perancangan simulasi alat pemisah kematangan buah jeruk otomatis berdasarkan warna berbasis mikrokontroler ATmega328P melalui rangkaian input, proses, dan output, perancangan skema rangkaian, pemilihan alat dan komponen yang digunakan, serta perancangan perangkat lunak (*software*) hingga alat dapat bekerja berjalan dengan baik.

2. Ditinjau dari akurasi alat pemisah kematangan buah jeruk otomatis berdasarkan warna berbasis mikrokontroler ATmega328P, jika warna buah yang digunakan warna kuning dan hijau tidak terjadi kesalahan pemilahan. Sementara itu apabila menggunakan buah berwarna kuning kehijauan, alat akan memilah buah berdasarkan warna dominan buah tersebut dengan menggunakan sensor warna photodiode yang digerakkan oleh mikrokontroler ATmega328P dan menggunakan motor DC sebagai penggerak pemilah buah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada staf Lab. Mikroprosesor & Sistem Kontrol, Politeknik Negeri Bali yang telah mendukung penelitian ini serta editor dan reviewer Jurnal Matrix untuk publikasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Radityo, D. R., Fadillah M. R., Igwahyudi, Q. & Dewanto, S.(2012). Alat penyortir dan pengecekan kematangan buah menggunakan sensor warna. *Teknik Komputer*,20(2), 88-92.
- [2] Aruan N. M., Andjani, D. & Yuliora, E. (2016). Pembuatan album warna dengan menggunakan sensor warna jenis TCS230. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 47-52.
- [3] Thiang, L. I. (2008). Otomasi pemisah buah Tomat berdasarkan ukuran dan warna menggunakan webcam sebagai sensor. *Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Aplikasinya*, 1-5.
- [4] Supegina, F. (2016). Aplikasi LED RGB pada pola dan warna tas menggunakan strip LED dengan sensor warna dan kontrol arduino android. *Teknologi Elektro*, 7(1), 45-55.
- [5] Supegina, F. & Iklima, Z. (2015). Perancangan score board dan timer menggunakan LED RGB berbasis arduino dengan kendali smart phone. *Sinergi*, 19(1). 13-18.
- [6] Amin, M. F., Akbar, S. R. & Widasari, E. R. (2017). Rancang bangun sistem sortir buah apel menggunakan sensor warna dan sensor suhu. *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(3), 236-240.
- [7] Wardana, I N. K. (2016). Teknik antarmuka secara serial peripheral interface (SPI) menggunakan platform arduino dan matlab. *Matrix*, 6(3), 157-162.
- [8] Sukarma, I N., Mudiana, I N. & Udayana, S. (2017). Performa pemanggil antrian

- menggunakan mikrokontroler atmega328. *Matrix*, 7(1), 18-22.
- [9] Sukarma, I N., Widarma, I G. S. & Wiguna, A. S. (2016). Rancang bangun sistem keamanan brankas menggunakan kombinasi password dan sidik jari berbasis mikrokontroler atmega328. *Matrix*, 6(2), 115-118.
- [10] Darminta, I K., Putra, I G. P. M. E. & Yusa, I N. H. (2016). Rancang bangun alat monitoring beban lebih secara otomatis dengan sms berbasis mikrokontroler atmega 328p. *Logic*, 16(3). 204 - 209.

PERENCANAAN PEMILIHAN POMPA DAN SISTEM KONTROL KERJA POMPA UNTUK PENYEDIAAN AIR BERSIH PADA RUMAH TANGGA

Ni Wayan Rasmini¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

¹wayanrasmini@pnb.ac.id

Abstrak: PDAM, sebagai badan usaha milik negara yang dipercaya oleh pemerintah daerah, belum dapat memberi pelayanan air bersih secara optimal terhadap masyarakat, terutama masyarakat pedesaan. Oleh karena itu, masyarakat di daerah pedesaan menggunakan air dari PDAM serta sumur bor untuk mendapatkan air bersih. Peralatan yang diperlukan dalam sistem penyediaan air bersih yang menggunakan sumur bor, diantaranya: tangki penampung air, pompa sumur, pompa pendorong, serta sistem kontrol kerja pompa agar dapat bekerja dengan efektif dan efisien. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, penyediaan air bersih untuk rumah tangga dengan penghuni 5 orang memerlukan tangki penampung air dengan kapasitas 1000 liter, pompa sumur *submersible* dengan daya 0,75 kW, dan pompa pendorong dengan daya 0,3kW (jenis pompa sumur dangkal). Komponen yang diperlukan untuk rangkaian kontrol sistem kerja pompa berupa: 2 unit MCB 20 A dan 16 A; 2 unit *relay magnetic contactor* 10 A serta 2 unit *thermal over load* 6,8-7,1 A dan 1,9-2,0 A.

Kata kunci: Pompa Air, Sistem Kontrol Pompa, Air Bersih, Rumah Tangga.

Abstract: *The PDAM, as a state-owned enterprise trusted by the local government, has not been able to provide optimum water services to the community, especially rural communities. Therefore, people in rural areas use water from PDAM and drilled wells to get clean water. Equipment required in water supply systems using drilling wells, including: water holding tank, well pump, booster pump, and pump control system to work effectively and efficiently. Based on the calculations performed, the provision of clean water for household with 5 people inhabitants requires a water reservoir tank with a capacity of 1000 liters, submersible well pump with a power of 0.75 kW, and a 0.3 kW booster pump (shallow well pump). Components required for control circuit of the pump system are 2 units MCB 20 A and 16A; 2 units of 10 A magnetic contactor relay and 2 units of thermal over load 6.8-7.1 A and 1.9-2.0 A.*

Keywords: *Water Pump, Pump Control System, Clean Water, Household.*

I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari. Manusia, binatang dan tumbuhan memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya. Air dapat pula digunakan sebagai pelarut, pembersih dan keperluan lain seperti rumah tangga, industri maupun keperluan usaha-usaha lainnya.

Sampai saat ini, penyediaan air bersih untuk masyarakat di Indonesia masih dihadapkan pada beberapa permasalahan yang cukup kompleks dan belum dapat diatasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dihadapi sampai saat ini yakni masih rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat, terutama masyarakat pedesaan [1].

Kebutuhan akan air bersih semakin dirasakan seiring semakin majunya aktifitas manusia yang banyak membutuhkan air untuk keperluan hidup. Sementara itu, air yang tersedia dirasakan semakin berkurang. Selain disebabkan karena sumber-sumber air yang ada telah banyak mengalami pengotoran sebagai akibat dari aktifitas manusia itu sendiri, pengaruh perubahan iklim juga mengakibatkan sirkulasi air tidak sesuai perkiraan manusia sebelumnya.

PDAM sebagai badan usaha milik negara yang dipercaya oleh pemerintah daerah untuk bertanggung jawab terhadap pelayanan umum di bidang air bersih, belum dapat memberi pelayanan secara optimal

terhadap masyarakat, terutama terhadap masyarakat pedesaan. Pada saat musim kemarau, air dari PDAM tidak mengalir, demikian juga pada musim penghujan air mengalir tetapi dalam keadaan keruh/kotor [2]. Oleh karena itu, masyarakat di daerah pedesaan disamping menggunakan air dari PDAM sebagai sumber air bersih, mereka juga menggunakan sumur (sumur bor) untuk mendapatkan air bersih.

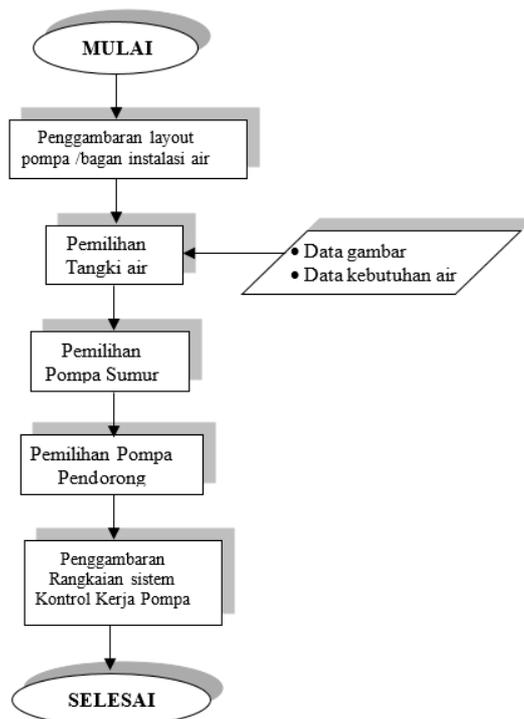
Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang persyaratan kesehatan lingkungan kerja, perkantoran dan industri, terdapat pengertian mengenai air bersih yaitu air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak. Air dengan kualitas baik dengan debit yang cukup, dapat diperoleh dari sumur bor dengan kedalaman sekitar 60 meter.

Beberapa peralatan yang diperlukan dalam sistem penyediaan air bersih yang menggunakan sumur sebagai sumber air di antaranya adalah pompa sumur, tangki penampung air, pompa pendorong, serta sistem kontrol kerja pompa agar pompa dapat bekerja dengan efektif dan efisien. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang tepat untuk suatu rumah tangga, harus dilakukan perencanaan yang baik dan

benar agar distribusi air dalam rumah berjalan lancar dan efisien.

II. METODE PENELITIAN

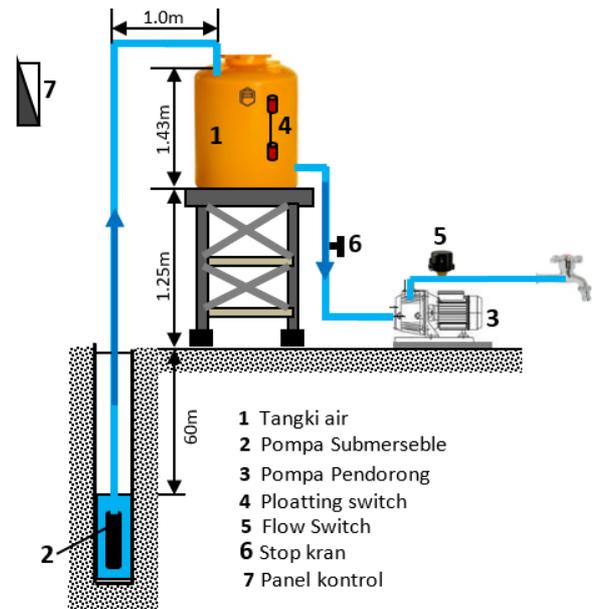
Metode suatu perencanaan adalah tata cara atau urutan kerja suatu perhitungan perencanaan untuk mendapatkan hasil perencanaan sistem penyediaan air bersih untuk rumah tangga [3]. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan perencanaan ini ditunjukkan pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perencanaan pompa

2.1. Layout Pompa Air Bersih

Penetapan tahapan dalam perencanaan penyediaan pompa air bersih untuk rumah tangga ini diawali dengan pembuatan gambar rancangan tata letak pompa/ bagan instalasi air bersih yang terdiri dari tangki air, pompa sumur, pompa dorong serta pipa-pipa yang disertai dengan ukurannya. Gambar tata letak pompa serta peralatan lainnya pada sistem air bersih ditunjukkan pada Gambar 2. Air dari sumur didorong oleh pompa *submersible* kemudian ditampung pada tangki/tandon. Karena menggunakan pompa pendorong, maka peletakan tandon tidak perlu tinggi, cukup 1,25 m saja. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perawatan tandon, seperti pembersihan dari debu maupun lumut. Peletakan tandon yang rendah dapat mempermudah perawatan atau pengontrolan pada *floating switch*. Selanjutnya air dialirkan ke konsumen dengan bantuan pompa pendorong.



Gambar 2. Layout pompa dan sistem kontrol

2.1. Tangki Air

Untuk dapat memilih/menentukan tangki air, harus diketahui terlebih dahulu kebutuhan air pada rumah tangga bersangkutan. Kebutuhan air yang sudah distandarkan oleh departemen pekerjaan umum, untuk rumah tinggal kelompok menengah (perumahan biasa) kebutuhan air bersihnya sebesar 180 liter/hari/orang, serta rumah tinggal kelompok mewah (*real estate*) kebutuhan air bersihnya sebesar 250 liter/hari/orang [4].

Setelah diketahui kebutuhan air, selanjutnya dapat ditentukan tempat penampung air yang biasa disebut tandon atau bak air yang bahannya bermacam-macam, misalnya dari bahan *fiber glass*, *stainless steel*, atau dari konstruksi beton.

2.2. Pompa Sumur Bor

Secara umum, sumur bor terbagi menjadi dua jenis yaitu sumur bor dalam dan sumur bor dangkal. Jika kedalaman sebuah sumur lebih dari 10 meter, berarti sumur tersebut masuk ke dalam kategori sumur dalam. Jenis pompa untuk sumur bor dalam adalah *jet pump* yang memiliki batas maksimum daya hisap hingga kedalaman 60 meter. Pompa ini biasanya memerlukan daya listrik cukup besar karena menggunakan motor elektrik dengan *power* yang juga relatif lebih besar daripada pompa sumur dangkal. Selain *jet pump*, pompa *submersible* juga dapat digunakan untuk sumur bor. Pompa *submersible* juga disebut sebagai pompa air benam, yaitu pompa yang dioperasikan di dalam air. Pompa *submersible* tidak memiliki daya hisap, namun memiliki daya dorong yang mampu dicapai sesuai *power* mesin terhadap debit air yang dibutuhkan pengguna. Sistem kerjanya sangat berbeda dengan pompa jet, dimana pompa jet bekerja dengan menghisap air sedangkan pompa *submersible* dengan mendorong air. Kapasitas pompa adalah banyaknya cairan yang dapat dipindahkan oleh

pompa setiap satuan waktu yang dinyatakan dalam satuan volume per satuan waktu, seperti : m^3/jam [5]. Head pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang [5]. Untuk pompa *submersible*, perhitungan *Head* total menggunakan Persamaan (1 – 3) dan daya pompa menggunakan Persamaan (4).

$$H_t = H_s + H_f \quad (1)$$

$$H_f = P \times f \quad (2)$$

$$P = PP + P_e \quad (3)$$

dengan

- H_t : head pompa total (68,11 m)
- H_f : 62,68 m
- PP : panjang pipa (63,38 m)
- P_e : panjang ekuivalen *fitting* dengan 2 buah *elbow* (4,2 m)
- f : friksi (0,08 m/m)

$$P = \frac{QH\rho}{367\eta} \text{ kW} = \frac{QH\rho}{270\eta} \text{ HP} \quad (4)$$

dengan

- P = Daya (W atau HP)
- Q = Debit atau kapasitas aliran (m^3/jam)
- H = Total *head* pompa
- ρ = berat jenis fluida (kg/m^3)
- η = Efisiensi (%)
- 367 = Faktor konversi satuan daya
- 270 = Faktor konversi satuan daya

2.3. Pompa Pendorong

Pompa pendorong biasa disebut *booster pump* adalah suatu alat yang juga masih dalam istilah pompa air namun kegunaannya hanya sebatas untuk mendorong saja dan tidak mempunyai kapasitas daya hisap seperti umumnya pompa air yang lainnya. *Booster pump* biasanya digunakan untuk membantu mendorong pendistribusian dari *tower water tank* kedalam pembagian ke masing-masing tempat, maka air yang mengalir tidak hanya mengandalkan sistem gravitasi bumi saja. Instalasi pipa air yang menggunakan bantuan mesin pendorong *booster pump* membuat semburan air menjadi kuat sehingga alat ini cocok dipasang pada kamar mandi yang memiliki *water shower*.

2.4. Rangkaian Sistem Kontrol Pompa

Rangkaian sistem kontrol yang dimaksud disini adalah rangkaian kelistrikan yang mencakup tentang bagaimana kerja pompa diatur pada sistem air bersih,

baik dengan pompa *submersible* maupun pompa pendorongnya. Komponen kontrol dan peralatan pengaman diletakkan dalam satu panel listrik yang berdekatan dengan lokasi pompa untuk mempermudah proses penginstalan. Adapun komponen utama yang digunakan dalam sistem kontrol pompa ini yaitu *Relay magnetic contactor*, dan *floating switch*.

Relay magnetic contactor adalah alat yang dioperasikan dengan listrik yang secara mekanis mengontrol penghubungan rangkaian listrik. Alat ini ditunjukkan pada Gambar 3. *Relay* merupakan bagian yang penting dari banyak sistem kontrol, bermanfaat untuk kontrol jarak jauh dan pengontrolan alat tegangan dan arus tinggi dengan sinyal kontrol tegangan dan arus rendah [6].

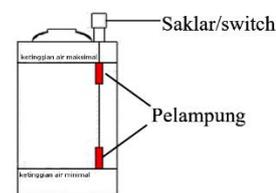


Gambar 3. Relay magnetic contactor

Floating Switch adalah saklar kontrol ketinggian air atau sering disebut *WLC (water level control)*. Penggunaan saklar otomatis untuk mesin air adalah sangat diperlukan karena dengan dipasangnya pompa otomatis, maka tangki/ tandon air akan selalu terisi penuh. Selain itu, tangki akan terhindar dari kemungkinan melubernya air. *Floating switch* dan komponen ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Floating switch



Gambar 5. Komponen *floating switch*

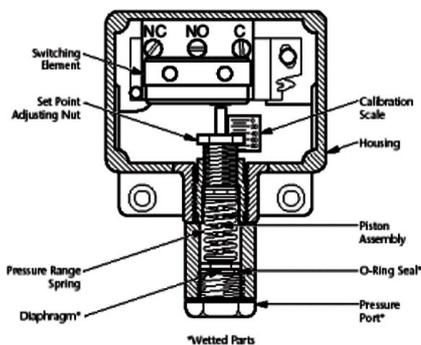
Apabila kedua pelampung dalam keadaan tergantung atau posisi air pada tangki di bawah kedua pelampung, hal ini menyebabkan tertariknya tuas saklar yang berada di atasnya dan menyebabkan kontak NO dari saklar akan menutup serta kontak NC akan membuka. Bila posisi air merendam pelampung bawah posisi saklar belum berubah, tetapi posisi

saklar akan berubah setelah air dalam tangki merendam pelampung atas.

Flow switch atau *water flow switch* adalah saklar otomatis pompa air yang bekerja karena adanya dorongan air saat keran dibuka. Air dari tangki/sumber akan mendorong lidah sensor pada *flow switch* dan menyambungkan pompa dengan sumber listrik dan pompa hidup. Pada Gambar 6 dan 7 ditunjukkan bentuk fisik dan komponen *flow switch*.



Gambar 6. Bentuk fisik *flow switch*



Gambar 7. Komponen *flow switch*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyediaan prasarana air bersih ini direncanakan untuk rumah tinggal menengah dengan jumlah penghuni 5 (lima) orang. Sumur bor telah tersedia dengan kedalaman 60 m dan diameter 4 dim.

3.1. Perhitungan kebutuhan air dan pemilihan Tangki

Rumah menengah memerlukan 180 liter air per orang setiap hari. Dengan demikian, untuk 5 orang diperlukan 900 liter setiap hari. Pemilihan kapasitas penampung air /tangki disesuaikan dengan kapasitas tangki yang tersedia dipasaran yaitu tangki dengan kapasitas 1000 liter seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Tangki air kapasitas 1000 liter

3.2. Pemilihan Pompa Sumur

Pompa sumur yang dipilih adalah pompa sumur dalam yaitu pompa *submersible*. Waktu pengisian tangki ditentukan selama 20 menit. Sehingga kapasitas pompa sebesar 900 liter per 20 menit atau 45 liter per menit atau 2,7 m³ per jam.

Head pompa yang diperlukan dihitung dengan Persamaan (1-3) sehingga diperoleh hasil sebesar 68,11 m dengan parameter berikut:

$$\begin{aligned} H_f &: (62,68 \text{ m}) \\ PP &: 63,38 \text{ m} \\ P_e &: 4,2 \text{ m} \\ f &: 0,08 \text{ m/m} \end{aligned}$$

Perhitungan daya pompa dihitung menggunakan Persamaan (4) dan menghasilkan daya dalam W atau HP sebesar:

$$P = \frac{2,7 \times 68,11 \times 1}{367 \times 75\%} = 668 \text{ W}$$

$$P = \frac{2,7 \times 68,11 \times 1}{270 \times 75\%} = 0,91 \text{ HP}$$

Dari hasil perhitungan diatas, pemilihan pompa dilakukan dengan melihat debit aliran pompa, total *head* dan rugi-rugi tekanan akibat panjang pipa dan fitting. Dengan demikian, maka dipilih pompa Shimizu SS 418 BIT dengan spesifikasi:

Daya (kW) : 0.75
I (Ampere) : 6.2
Tegangan : 220V~50Hz 1Ø (1 fase)
Daya Dorong : 107 meter (max)
Total *Head* : 107 meter
Debit Air : 2,4 m³/jam pada *head* 60 meter
Outlet : 1 1/4 inch

3.3. Pemilihan Pompa Pendorong

Pompa pendorong/*booster* ini dirancang khusus untuk membantu meningkatkan tekanan yang kurang pada titik-titik air (keran) pada rumah tinggal. Pompa yang dipilih adalah pompa sumur dangkal. Saat keran dibuka, maka ada aliran air yang masuk ke pompa sumur dangkal serta mendorong *flow switch* dan langsung mendorong air untuk didistribusikan ke titik kefron dalam rumah. Pompa tersebut adalah Gambar 9 dengan spesifikasi pompa sumur dangkal kategori non auto sebagai berikut:

Voltage/Hz : 220/50
Daya Output Motor : 125 W
Daya Input Motor : 0.3 kW
Panjang pipa hisap : 9 m
Daya dorong max. : 33 m
Head (m) : 10
Kapasitas : 18 l/min

Head (m)	: 20
Kapasitas	: 10 l/min
Pipa hisap	: 1 inch
Pipa tekan	: -
Pipa dorong	: 1 inch



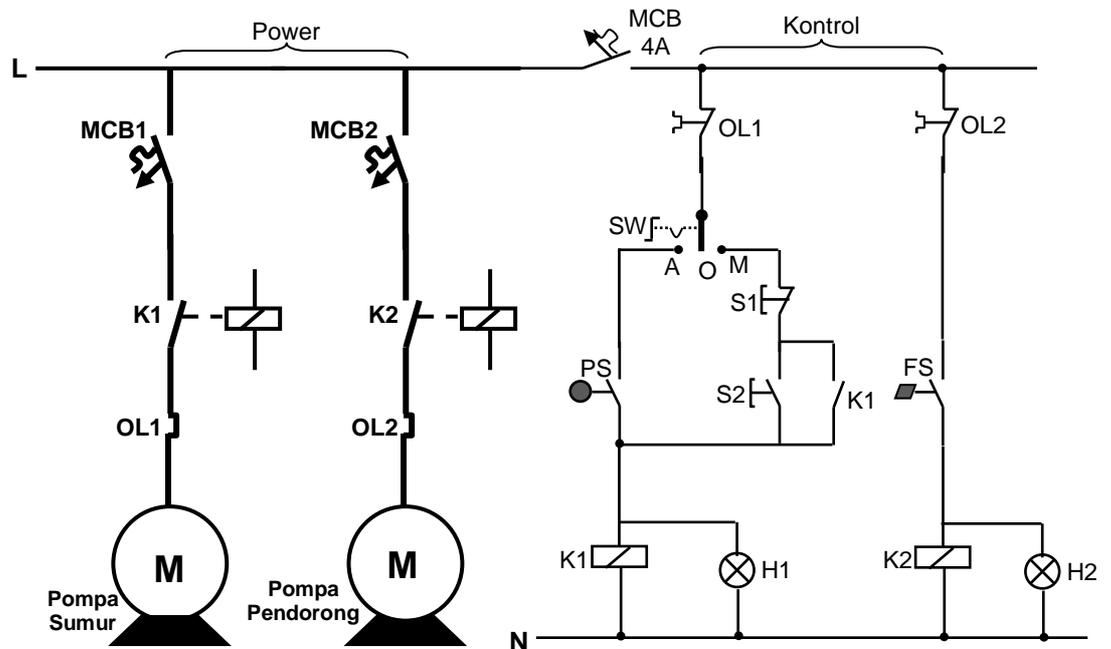
Gambar 9. Pompa pendorong

kosong sehingga pompa sumur akan bekerja secara otomatis mengisi tangki air sampai ketinggian air mencapai pelampung *floating switch* atas. Selanjutnya air pada tangki akan berkurang karena pemakaian sampai di bawah pelampung *floating switch* bawah. Pompa akan mengisi lagi sampai pelampung atas dan demikian seterusnya sehingga air pada tangki tak akan pernah habis (tangki kosong) dan tidak pernah melewati pelampung atas (meluber).

Pompa pendorong bekerja secara otomatis mendorong air yang mengalir dari tangki menuju titik air dimana keran dibuka, misal kamar mandi, dapur, menyiram tanaman dan lain-lain. Diagram rangkaian ditunjukkan pada Gambar 10.

3.4. Rangkaian Kontrol Kerja Pompa

Setelah ditentukan pompa yang akan dipakai, selanjutnya dibuat gambar rangkaian kontrol sistem kerja pompa. Deskripsi kerja pompa terlihat seperti Gambar 10. Pada kondisi awal, tangki dalam keadaan



Gambar 10. Rangkaian daya pompa dan sistem kontrol kerja pompa

Keterangan:

- SW : Selector switch
- S1 : Tombol off
- S2 : Tombol on
- PS : Floating switch
- FS : Flow switch
- OL1 : Over load relay
- OL2 : Over load relay
- K1 : Magnetic contactor
- K2 : Magnetic contactor

Pompa sumur dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis dengan memposisikan *selector switch* ke posisi M (manual) atau posisi A (otomatis). Pada posisi manual, pompa dihidupkan dengan

menekan S2, sehingga K1 pada kondisi *on* dan pompa bekerja, ditandai dengan menyalnya lampu indikator H1. Untuk mematikan pompa dilakukan dengan menekan S1, sehingga aliran arus yang menuju ke K1

terputus, K1 pada kondisi *off* dan pompa berhenti bekerja. Pada posisi otomatis, pompa bekerja secara otomatis bila posisi air di bawah pelampung bawah. Kontak *floating switch* menutup dan K1 pada kondisi *on* menghubungkan pompa dengan *line*. Saat air mencapai pelampung atas, kontak *floating switch* akan terbuka, K1 pada kondisi *off* dan pompa *off*. Jadi, dengan memposisikan SW pada posisi Automatis (A), maka pompa akan *on* setiap air berada di bawah pelampung bawah, dan *off* saat air mencapai pelampung atas.

Pompa pendorong bekerja secara otomatis bila keran dibuka sehingga ada aliran air yang mendorong lidah sensor *flow switch* dan kontaknya menutup untuk menghidupkan K2 dan menyebabkan pompa pendorong bekerja. Jika tidak ada aliran air, maka kontak *flow switch* akan terbuka sehingga pompa tidak bekerja.

Dari diagram *power* pompa terlihat bahwa ada dua jenis pengaman yang dipergunakan, yakni *miniature circuit breaker* (MCB) sebagai pengaman hubung singkat, dan *over load relay* (OL) sebagai pengaman beban lebih. Rangkaian kontrol juga menggunakan *magnetic kontaktor* (K1 & K2). *Rating* pengaman maupun komponen utama ditentukan berdasarkan besar arus nominal motor pompa.

Untuk pompa sumur dengan arus nominal pompa 6,2 Ampere, maka *rating* pengaman beban lebih (*over load*) menurut ketentuan PUIL 2000 yaitu $110 - 115\% I_N$ [7]. Dengan demikian *rating* OL1 pada rangkaian power (Gambar 9) adalah minimal sebesar $110\% \times 6,2 = 6,82$ Ampere dan maksimal sebesar $115\% \times 6,2 = 7,13$ Ampere. *Rating* pengaman hubung singkat (MCB) pada rangkaian power diatas sesuai ketentuan PUIL 2000, pada rangkaian motor dengan *rating* OL ≤ 10 Ampere, *rating* pengaman hubung singkatnya adalah sebesar 20 Ampere (tipe lambat). Kemampuan Hantar Arus (KHA) penghantar untuk rangkaian motor $\geq 125\% I_N$ untuk rangkaian di atas adalah sebesar $125\% \times 6,2 = 7,75$ A. Dengan demikian, dipilih penghantar dengan KHA sebesar 16 Ampere dan *rating magnetic relay* K1 sebesar 10 Ampere, sesuai dengan KHA penghantar.

Untuk pompa pendorong, arus nominalnya dihitung menggunakan Persamaan (5)

$$I_N = \frac{P}{V \cos \varphi} \quad (5)$$

$$I_N = \frac{300 W}{220 \times 0,8} = 1,7 A$$

Sehingga arus nominal motor sebesar 1,7 Ampere. *Rating* pengaman beban lebih (*over load*) OL1 pada rangkaian power minimal sebesar $110\% \times 1,7 = 1,9$ Ampere dan maksimal sebesar $115\% \times 1,7 = 2$ Ampere. *Rating* pengaman hubung singkat (MCB2) pada rangkaian motor dengan *rating* OL ≤ 6 Ampere adalah sebesar 16 Ampere. KHA (Kemampuan Hantar Arus) untuk rangkaian

motor $\geq 125\% I_N$, yakni sebesar 1,9 A. Dengan demikian untuk instalasi motor listrik dipilih penghantar dengan KHA paling kecil 16 Ampere dan *rating magnetic relay* K2 sebesar 10 Ampere.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas, dapat disimpulkan beberapa hal yakni:

1. Untuk menentukan kapasitas tangki air yang akan dipergunakan, harus diketahui kebutuhan air per orang per hari, kemudian dikalikan dengan jumlah orang (penghuni) pada rumah tersebut.
2. Untuk menentukan daya motor pompa sumur terlebih dahulu harus ditentukan kapasitas pompa, *head* pompa dan mengetahui efisiensi pompa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada staf Laboratorium Mesin Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali serta editor dan reviewer Jurnal Matrix atas bantuan dan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tyas, A. A., Suhartanto, E. & Dermawan, V. (2015). *Studi perencanaan sistem penyediaan air bersih Desa Serang Kecamatan Panggunrejo Kabupaten Blitar*. Malang: Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya.
- [2] Yahya, F. (2016). Analisis kualitas air bersih di Desa Fatufia Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali. *Geo Tadulako*, 3(6).
- [3] Artayana, K. C. B. & Atmaja, G. I. (2010). Perencanaan instalasi air bersih dan air kotor pada bangunan gedung dengan menggunakan sistem pompa. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 4(1).
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2005). *Tata cara perencanaan sistem plambing*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [5] Tukiman, P. S. & Satmoko, A. (2013). Perhitungan dan pemilihan pompa pada instalasi pengolahan air bebas mineral iradiator gamma kapasitas 200 Kci. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Perekayasa Perangkat Nuklir, PRPN-BATAN*, 14.
- [6] Rasmini, N. W. & Parti, I. K. (2017). Perencanaan daya dan sistem kontrol motor pompa kolam renang. *Logic*, 15(171).
- [7] Badan Standardisasi Nasional. (2000). *Persyaratan umum instalasi listrik 2000*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

PERANCANGAN SIMULASI SISTEM PENDAFTARAN KURSUS BERBASIS WEB DENGAN METODE SDLC

I Gede Suputra Widharma¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

¹suputra@pnb.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk merancang simulasi pendaftaran kursus bagi siswa sehingga dapat diakses secara *online*. Selain itu, data transaksi yang terjadi dibuat agar sudah terkomputerisasi. Perancangan sistem ini menggunakan metode SDLC (*System Development Life Cycle*) dalam lima tahap yaitu Analisis, Perancangan, Implementasi, Pengujian dan Pemeliharaan. Hasil yang dicapai dari penelitian ini adalah simulasi sistem pendaftaran kursus berbasis web yang mampu melakukan pemrosesan data secara terintegrasi dan terkomputerisasi dengan baik.

Kata kunci: *Simulasi, Registrasi, Web, SDLC.*

Abstract: *This study aims to design a course enrollment simulation for students so that it can be accessed online. In addition, transaction data is made to be computerized. The design of this system using the SDLC method (System Development Life Cycle) in five stages of Analysis, Design, Implementation, Testing and Maintenance. The results achieved from this research is a simulation of web-based course registration system that capable of performing well integrated and computerized data processing.*

Keywords: *Simulation, Registration, Web, SDLC.*

I. PENDAHULUAN

Simulasi sistem pendaftaran kursus berbasis web merupakan simulasi yang mempermudah proses operasionalbidang usaha tersebut. Sistem ini akan digunakan untuk menangani pendaftaran dan transaksi yang dilakukan. Calon peserta kursus dapat melihat info tentang jenjang pendidikan yang akan diambil kemudian melakukan registrasi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas pembuatan web, antara lain dilakukan oleh Wisswani mengenai prototype teknologi rantai informasi berbasis web bagi UMKM [1]; Sukarata mengenai pembuatan sistem informasi satuan kredit kegiatan mahasiswa Politeknik Negeri Bali berbasis web [2]; Putra mengenai sistem informasi berbasis web penyediaan *trainee* dan *daily worker* untuk industri pariwisata [3]; Wiharjanto mengenai Perancangan Sistem penjualan tunai berbasis web sebagai sarana informasi produk bagi konsumen pada PT. Warna AC [4].

Sementara itu, terdapat juga beberapa penelitian sebelumnya yang membahas studi kasusaplikasi online antara lain dilakukan oleh Saptarini *et al.* mengenai rancang bangun sistem informasi nilai mahasiswa menggunakan aplikasi SMS gateway [5]; Hartono *et al.* mengenai sistem pemeliharaan aset berbasis android untuk bangunan gedung [6]; Asri *et al.* mengenai Sistem informasi absensi pegawai terintegrasi dengan sistem penggajian [7]; Kurniawan *et al.* mengenai aplikasi pengendalian kas kecil untuk kelancaran rutinitas operasional pada toko buku Gramedia Cirebon [8].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tersebut, maka penulis melakukan penelitian mengenai sistem yang mampu menangani proses *member area*, menampilkan daftar jadwal yang akan dilakukan, membuat *report* transaksi dan daftar

member yang aktif dengan metode *System Development Life Cycle* (SDLC).

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dilakukan kajian pustaka mengenai sistem informasi, web, SDLC, serta alat bantu pengembangan aplikasi. Selanjutnya, dilakukan analisis, disain, implementasi, pengujian dan pemeliharaan simulasi dengan metode SDLC.

Sistem informasi merupakan suatu sistem dalam suatu organisasi untuk mempertemukan kebutuhan pengolahan transaksi harian, mendukung operasi, bersifat manajerial dan kegiatan strategi dari suatu organisasi dan menyediakan pihak luar tertentu dengan laporan-laporan yang diperlukan [1-3].

World Wide Web atau WWW atau juga dikenal dengan *web* adalah salah satu layanan yang didapat oleh pemakai komputer yang terhubung ke internet. Web ini menyediakan informasi bagi pemakai computer yang terhubung ke internet dari sekedar informasi “sampah” atau informasi yang tidak berguna sama sekali sampai informasi yang serius; dari informasi yang gratis sampai informasi yang komersial [1-4].

System Development Life Cycle, selanjutnya disingkat dengan SDLC, merupakan siklus pengembangan sistem. Pengembangan sistem teknik (*engineering system development*). SDLC berfungsi untuk menggambarkan tahapan-tahapan utama dan langkah-langkah dari setiap tahapan yang secara garis besar terbagi dalam lima kegiatan utama, yaitu: analisis, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Setiap kegiatan dalam SDLC dapat dijelaskan melalui tujuan (*purpose*) dan hasil kegiatannya (*deliverable*). Ada beberapa jenis *System Development Life Cycle* (SDLC), yaitu: Tradisional SDLC, Agile SDLC, Waterfall SDLC, Scrum SDLC,

Iterative SDLC, Spiral SDLC, V SDLC, Big Bang SDLC, Rational Unified Process (RUP) SDLC, Prototype SDLC, Rapid Application Development (RAD) SDLC, dan Unified Process SDLC [6-8].

Alat bantu pengembangan aplikasi terdiri dari *Unified Modelling Language (UML), flowmap* dan *software* pendukung. Penggunaan UML tidak terbatas pada metodologi tertentu, meskipun pada kenyataannya UML paling banyak digunakan pada metodologi berorientasi obyek. Beberapa diagram yang menjabarkan relasi antar obyek antara lain *Use Case Diagram, Activity Diagram* dan *Sequence Diagram* [4-5]. *Flowmap* adalah bagan-bagan yang mempunyai arus yang menggambarkan langkah-langkah penyelesaian suatu masalah. *Flowmap* merupakan cara penyajian dari suatu algoritma. Ada dua macam *flowmap* yang menggambarkan proses dengan komputer, yaitu: Sistem *flowmap* yang memperlihatkan urutan proses dalam sistem dengan menunjukkan alat media input, output serta jenis media penyimpanan dalam proses pengolahan data; dan Program *flowmap* yang memperlihatkan urutan instruksi untuk memecahkan masalah dalam suatu program [3]. Selain itu juga dibutuhkan beberapa *software* pendukung lainnya, seperti Sublime Text, XAMPP, CodeIgniter, HTML, CSS, Javascript, PHP, dan MySQL [1-2], [8].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah-langkah pembuatan simulasi dengan metode SDLC adalah sebagai berikut: tahap analisis, tahap desain, tahap implementasi, tahap pengujian dan tahap pemeliharaan.

3.1. Tahap analisis

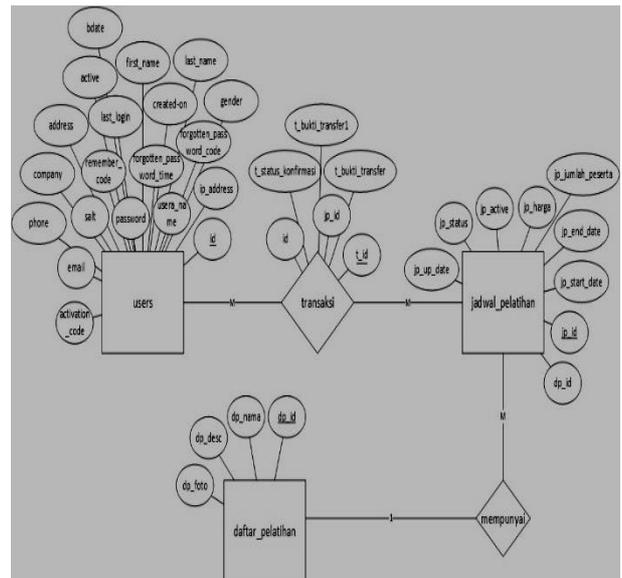
Data teknis objek ini membahas tentang analisa dan prosedur atau tahapan-tahapan proses pendaftaran bimbingan belajar. Sebagai gambaran umum sistem yang diusulkan dalam proses perancangan sistem ini, penulis akan membangun sebuah simulasi sistem pendaftaran kursus. Berikut adalah prosedur pendataan peserta yang akan digunakan dalam perancangan *flowmap*:

1. Admin akan mempublikasikan jadwal kursus.
2. Calon peserta akan melihat jadwal di *website* kemudian memilih jenjang pendidikan.
3. Sebelum melakukan transaksi, calon peserta harus sudah memiliki akun. Jika belum, maka harus registrasi terlebih dahulu.
4. Setelah itu, peserta melakukan transfer dana sesuai dengan harga yang tertera di *website* yang nantinya akan diverifikasi oleh Admin.

3.2. Tahap Desain

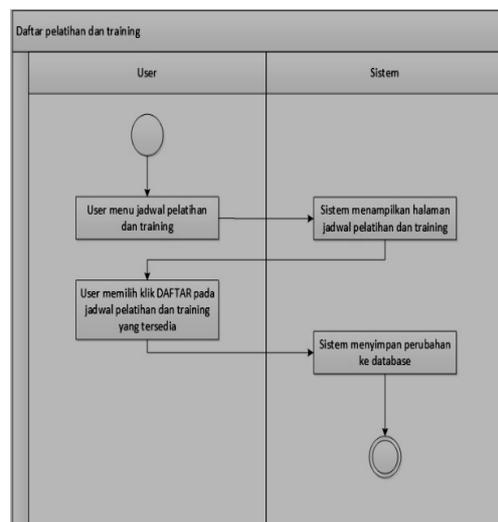
Berdasarkan analisis pada proses dan dokumen *flowmap* yang dilakukan, maka rancangan ERD melibatkan 3 entitas yaitu, entitas user, entitas jadwal_pendidikan, dan entitas daftar_pendidikan. Pada Gambar 1 ditunjukkan perancangan ERD dengan uraian sebagai berikut:

1. Relasi tabel user dan tabel transaksi adalah M-M, dengan tabel transaksi mengambil *primary key* dari tabel user.
2. Relasi tabel jadwal_pelatihan dan tabel transaksi adalah M-M. Tabel transaksi mengambil *primary key* dari tabel jadwal_pelatihan.
3. Relasi tabel daftar_pelatihan dan tabel jadwal_pendidikan adalah 1-M, sehingga *primary key* dari tabel daftar_pendidikan ditarik ke tabel jadwal_pelatihan dan dijadikan *foreign key* pada tabel jadwal_pelatihan.



Gambar 1. Perancangan ERD

Pada Gambar 2 ditunjukkan *activity diagram* daftar kursus. Langkah pertama, *actor* akan mengakses *web* dan selanjutnya memilih menu daftar kursus, dimana *actor* akan mengisi form guna melakukan pendaftaran ini.

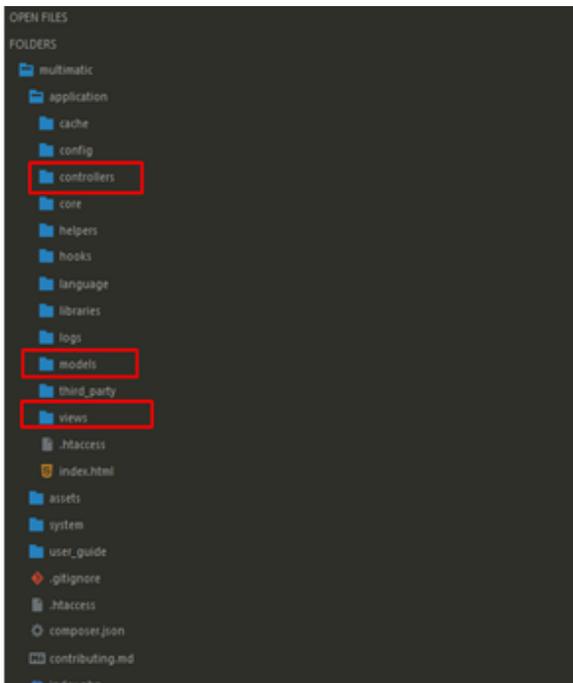


Gambar 2. Activity diagram daftar kursus

Jika *actor* telah *login*, maka data pendaftaran akan disimpan pada *database*. Selanjutnya adalah proses registrasi *activity diagram* sesuai dengan Gambar 2. Proses ini diperuntukkan bagi *actor* yang belum memiliki *id* dan password guna *login* ke sistem. *Actor* akan mengakses halaman registrasi, dan selanjutnya melengkapi form sesuai dengan ketentuan. Jika data yang dimasukkan *actor* telah sesuai, maka data akan disimpan ke *database* dan *actor* akan *login* ke sistem.

3.3. Tahap Implementasi

Pada tahap implementasi dilakukan pengaturan pada struktur folder, model, *view* dan *controller*. Struktur folder diatur menggunakan Framework CodeIgniter, dimana folder secara *default* sudah diatur oleh *framework* yang menggunakan konsep *Model View Controller* (MVC). Gambar 3 menunjukkan struktur folder dari *web*. Model berisi kumpulan sintaks yang berhubungan langsung dengan *database*, pada proyek ini berisikan sintaks MySQL. *View* merupakan bagian yang dilihat langsung oleh user, bagian ini merupakan disain *layout* yang dibuat menggunakan html, css dan javascript. *Controller* berfungsi untuk *retrieve data* dari model kemudian diteruskan ke *view* untuk selanjutnya ditampilkan ke *user*.



Gambar 3. Struktur folder

3.4. Tahap Pengujian

Tahap pengujian ini terdiri atas pengaplikasian sistem simulasi pada pengguna (*user*). Ada beberapa kegiatan yang dilakukan yaitu melatih pengguna untuk berinteraksi serta menyelesaikan tugas kerjanya dengan menggunakan sistem, membuat dokumentasi

mengenai sistem yang telah selesai dibangun, yang dapat berupa *manual book*, serta instalasi sistem di terminal-terminal PC yang membutuhkan.

Hubungan yang terjadi antar *class* adalah hubungan hirarki atau pewarisan, dimana *class* diturunkan dari *class* lain dan mewarisi semua atribut dan metoda *class* asalnya dan menambahkan fungsionalitas baru, sehingga disebut anak dari *class* yang diwarisinya. *Class diagram* di atas menjelaskan bahwa *class* Akademik tidak akan ada, jika tidak ada *class* Uang Kuliah. Sedangkan *class* Laporan akan ada, jika ada *class* Akademik. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Semester	SKS Ambil	SKS Bayar	Status
Cetak	Uang Kursus	Menu	Y
-	-	-	Y

Gambar 4. Tampilan halaman submit uang kursus

Gambar 5. Form pendaftaran

3.5. Tahap Pemeliharaan

Tahapan terakhir pada metode SDLC adalah tahap pemeliharaan. Ada beberapa kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu melakukan pemeliharaan sistem dengan pemeriksaan secara berkala/periodik, memperkaya atau mengembangkan sistem dengan penambahan fitur-fitur baru yang dapat meningkatkan kinerja kerja *user* guna mendukung kinerja bisnis, dan memberikan pelayanan kepada *users*, seperti dalam bentuk *call center* ataupun *IT support*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis, perancangan, dan implementasi yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa:

1. SDLC terbagi dalam lima tahap kegiatan, yaitu: analisis, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Setiap kegiatan dalam SDLC dapat dijelaskan melalui tujuan (*purpose*) dan hasil kegiatannya (*deliverable*).
2. Perancangan simulasi sistem pendaftaran kursus dilakukan dengan analisa prosedur dan dokumen terhadap sistem menggunakan perancangan UML (*Unified Modelling Diagram*) dengan *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, *Sequence Diagram*, dan *Class Diagram* dan perancangan basis data menggunakan *ERD*.
3. Simulasi sistem pendaftaran ini dapat digunakan untuk memudahkan proses pendaftaran dan transaksi.

kelancaran rutinitas operasional pada toko buku Gramedia Cirebon. *Kompak*,3(1), 19-26.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini baik materi maupun non materi khususnya Jurusan Teknik Elektro PNB serta para mahasiswa yang membantu dalam penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada reviewer dan editor Jurnal Matrix atas publikasi paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wisswani, N. W. (2017). Prototype teknologi rantai informasi berbasis web bagi UMKM. *Matrix*, 6(1), 42.
- [2] Sukarata, P. G. (2017). Pembuatan sistem informasi satuan kredit kegiatan mahasiswa Politeknik Negeri Bali berbasis web. *Matrix*, 5(1), 56.
- [3] Putra, I G. A. S. (2017). Sistem informasi berbasis web penyediaan trainee dan daily worker untuk industri pariwisata. *Matrix*,6(2), 85.
- [4] Wiharjanto, Y. (2012). Perancangan sistem penjualan tunai berbasis web sebagai sarana informasi produk bagi konsumen pada PT. Warna AC. *Jurnal Nominal*, 1(1), 6-11.
- [5] Saptarini, IG.A.P. H. & Widyastuti, P. A. (2015). Rancang bangun sistem informasi nilai mahasiswa menggunakan aplikasi SMS gateway (studi kasus: Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali). *Matrix*, 5(1), 1-6.
- [6] Hartono, W., Sugiyanto & Purnomo, S. C. (2016). Sistem pemeliharaan aset berbasis android untuk bangunan gedung (studi kasus evaluasi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 4(2).
- [7] Asri, S. A., Yuliantini, N. N., Bawa, I G.N.B.C. & Priyanto, A. I. (2014). Sistem informasi absensi pegawai terintegrasi dengan sistem penggajian. *Matrix*, 4(3), 157-161.
- [8] Kurniawan, D. F. & Setiawan, M. (2011). Aplikasi pengendalian kas kecil untuk

ANALISIS PERSENTASE PEMBEBANAN DAN DROP TEGANGAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH PADA GARDU DISTRIBUSI GA 0032 PENYULANG WIBRATA

**I Ketut Ta¹, I Gede Nyoman Sangka², I Wayan Sudiarta³,
Ida Bagus Edy Ambhara Wijaya⁴**

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

¹iketutta@pnb.ac.id

Abstrak: Listrik merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting untuk masyarakat dan memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi. Agar listrik dapat diandalkan, penting untuk menghindari pemadaman listrik. Dalam studi ini, penulis menganalisis persentase pembebanan dan drop tegangan pada Jaringan Tegangan Rendah di gardu distribusi GA 0032, penyulang Wibrata. Kami menghitung persentase pembebanan pada luar waktu beban puncak (LWBP) dan waktu beban puncak (WBP) dan menentukan drop tegangan pada tiang listrik terakhir GA 0032. Penulis menyimpulkan bahwa perhitungan persentase pembebanan pada LWBP sebesar 59,89% dan pada WBP sebesar 81,51%. Total drop tegangan pada rentang arah B fase R sebesar 24,03 V atau 10,4%; fase S sebesar 10,36 V atau 4,36%; fase T sebesar 3,48V atau 1,51%. Sementara total drop tegangan pada rentang arah D fase R sebesar 3,48 V atau 1,51 %; fase S sebesar 2,14 V atau 0,93%; fase T sebesar 0,90 V atau 0,39%.

Kata kunci: Jaringan Tegangan Rendah, Gardu Distribusi, Persentase Pembebanan, Drop Tegangan.

Abstract: Electricity is a very important basic needs of society and contributes to economic growth. In order to keep electricity reliable, it is important to avoid power outage. In this study, we analyse the loading percentage and voltage drop at low voltage network at distribution substation GA 0032, Wibrata feeder. We calculate the loading percentage at non peak load time (NPLT) and peak load time (PLT) and determine the voltage drop at the last electric pole of GA 0032. We conclude that the loading percentage at NPLT is equal to 59.89% and at PLT is equal to 81.51%. The total voltage drop across the span of B direction of phase R is equal to 24.03 V or 10.44%, phase S is equal to 10.36 V or 4.36%, phase T is equal to 3.48V or 1.51%. While the total voltage drop across the span of D direction of phase R is equal to 3.48 V or 1.51%; phase S is equal to 2.14 V or 0.93%; phase T is equal to 0.90 V or 0.39%.

Keywords: Low Voltage Network, Distributions Substation, Loading Percentage, Voltage Drop.

I. PENDAHULUAN

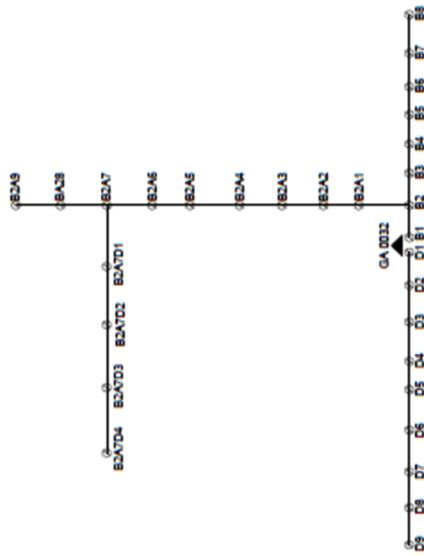
Listrik merupakan sebuah kebutuhan yang sangat diperlukan di abad modern ini. Peranan listrik terhadap kelangsungan hidup manusia sangatlah penting karena untuk menjalankan peralatan listrik apapun membutuhkan sebuah energi listrik. Tidak dapat dipungkiri lagi, tenaga listrik merupakan salah satu sarana utama dalam kehidupan sehari-hari. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi oleh PT. PLN (Persero) sebagai penyedia tenaga listrik. Sebagai penyedia tenaga listrik PT. PLN (Persero) dituntut oleh masyarakat selaku konsumen untuk dapat menyediakan tenaga listrik yang berkualitas baik [1]. Gianyar merupakan salah satu daerah yang harus diperhatikan oleh PT. PLN (Persero) Distribusi Bali Rayon Gianyar karena dalam pertumbuhan bebannya yang sangat pesat. Tidak mengherankan kebutuhan tenaga listrik di daerah ini cukup besar, sehingga kinerja dan citra PT. PLN (Persero) Bali begitu dinilai disini. Sebuah keharusan sebagai penyedia tenaga listrik utama memberikan sebuah kepuasan kepada pelanggan, salah satunya dalam hal ini yaitu mendapatkan kestabilan tegangan [2].

Saat ini terjadi pertumbuhan beban pelanggan yang semakin tidak terkontrol dan begitu cepat. Hal ini tentunya menjadi sebuah pekerjaan yang harus

diselesaikan oleh PLN. Salah satu gangguan yang diakibatkan dengan tidak terkontrolnya pertumbuhan beban pelanggan yaitu terjadinya *over blast* pada trafo. Trafo pada gardu distribusi GA0032 di Penyulang Wibrata ini memiliki kapasitas sebesar 160 kVA. Menurut data yang penulis peroleh di PT. PLN (Persero) Rayon Gianyar, transformator GA0032 telah dibebani sebesar 91,74%, sudah melebihi dari efisiensi beban maksimal sebesar 80% sehingga menyebabkan tegangan jatuh atau drop tegangan [3]. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, tegangan ujung pada daerah ini di fasa R berada di bawah ketentuan minimum yakni sebesar 204V. Menurut SPLN 1 tahun 1995 [4], variasi tegangan yang diperbolehkan yaitu +5% dan minimum -10% terhadap tegangan normal. Dampak dari trafo yang mengalami *over blast* akan terjadi pengurangan umur trafo dan kualitas mutu pelayanan dari trafo tersebut [5-6]. Sedangkan pada tegangan ujung yang besarnya masih berada di atas 200 V, drop tegangannya masih bisa ditoleransi. Akan tetapi, bila tegangannya berada di bawah 180 V, maka dampaknya akan terasa pada peralatan listrik pelanggan.

Dari latar belakang tersebut, penulis melakukan kajian untuk menghitung persentase pembebanan gardu distribusi GA 0032 pada Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) dan pada Waktu Beban Puncak

(WBP) serta menghitung besar drop tegangan jaringan tegangan rendah gardu distribusi GA 0032 pada tiang akhir.



Gambar 1. Single Line Diagram Gardu GA0032

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menghitung besar persentase pembebanan dari transformator pada gardu distribusi GA 0032 dan menghitung besar drop tegangan dari jaringan tegangan rendahnya. Untuk mengetahui persentase pembebanan transformator digunakan Persamaan (1).

$$PP = \frac{I_R \cdot V_{RN} + I_{RS} \cdot V_{SN} + I_T \cdot V_{TN}}{S_N} \times 100\% \quad (1)$$

dengan

- PP = persentase pembebanan
- I_R = arus pada fase R (A)
- I_S = arus pada fase S (A)
- I_T = arus pada fase T (A)
- V_{RN} = tegangan fase netral R (V)
- V_{SN} = tegangan fase netral S (V)
- V_{TN} = tegangan fase netral T (V)
- S_N = daya nominal transformator (VA)

Sementara itu, untuk menghitung drop tegangan jaringan tegangan rendah masing – masing gardu digunakan Persamaan (2-3).

$$\Delta V = I \times Z \times L \quad (2)$$

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (3)$$

dengan

- ΔV = drop tegangan (V)
- I = arus pada penghantar (A)
- Z = impedansi Penghantar (Ω /km)

- L = panjang penghantar (km)
- V_s = tegangan pada pangkal pengiriman (V)
- V_r = tegangan pada ujung penerimaan (V)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Luar Waktu Beban Puncak

Berikut ini merupakan data hasil pengukuran pada saat Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) selama lima hari pada pukul 13.00 Wita sebagai berikut:

Pada jurusan B, rata - rata tegangan $R_N = 231,8$ V; $S_N = 234,8$ V; $T_N = 233,6$ V. Rata-rata arus induk $R = 135,2$ A; $S = 154,6$ A; $T = 124,4$ A; dan $N = 46,2$ A. Rata-rata arus jurusan B yakni $R = 77,6$ A; $S = 66,2$ A; $T = 87,4$ A dan $N = 27$ A.

Pada jurusan D, rata- rata tegangan $R_N = 231,8$ V; $S_N = 234,8$ V; $T_N = 233,6$ V. Rata-rata arus induk $R = 135,2$ A; $S = 154,6$ A, $T = 124,4$ A; dan $N = 46,2$ A. Rata-rata arus jurusan D yakni $R = 56,6$ A; $S = 86$ A; $T = 34,6$ A, dan $N = 16$ A.

3.2. Data WBP

Data hasil pengukuran Waktu Beban Puncak (WBP) pada Jurusan B, rata- rata tegangan $R_N = 299,8$ V; $S_N = 234,6$ V; dan $T_N = 233$ V. Rata-rata arus induk adalah $R = 173,8$ A; $S = 223,6$ A; $T = 174$ A; dan $N = 135,4$ A. Rata- rata arus jurusan B yakni $R = 93,4$ A; $S = 97$, A; $T = 106$ A dan $N = 71,6$ A.

Data hasil pengukuran WBP pada Jurusan D, rata- rata tegangan $R_N = 299,8$ V; $S_N = 234,6$ V, dan $T_N = 233$ V. Rata - rata arus induk $R = 173,8$ A; $S = 223,6$ A; $T = 174$ A; dan $N = 135,4$ A. Rata-rata arus jurusan D yakni $R = 76,2$ A; $S = 125$ A; $T = 75,2$ A dan $N = 64,8$ A.

3.3 Data Penghantar

Penghantar yang digunakan pada gardu distribusi GA 0032 adalah penghantar jenis LVTC (Low Voltage Twisted Cable) $3 \times 70 + 1 \times 50$ mm² dan $\cos \phi$ jaringan yang penggunaannya diasumsikan sebesar 0,85 karena pelanggan yang dilayani umumnya pelanggan rumah tangga.

3.4. Pembahasan

Monitoring pada gardu distribusi perlu dilakukan untuk mengetahui pembebanan dari suatu transformator pada gardu distribusi. Demikian halnya pada gardu GA 0032. Berikut ini akan dibahas perhitungan persentase pembebanan keadaan saat ini baik pada luar waktu beban puncak maupun pada waktu beban puncak.

3.4.1. Perhitungan Persentase Pembebanan Gardu GA 0032 pada LWBP

Untuk menentukan persentase pembebanan gardu GA 0032 pada luar waktu beban puncak, terlebih dahulu dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada tiga hari yang berbeda yakni tanggal 29, 30, 31 Mei 2016 (satu kali pengukuran per harinya), pada waktu yang sama yaitu pukul 13.00

WITA. Setelah mendapatkan hasil pengukuran, hasil tersebut dirata – ratakan untuk kemudian dijadikan sebagai acuan. Karena gardu GA 0032 terdiri dari dua jurusan (Jurusan B dan Jurusan D), maka arus total rata-rata Gardu GA 0032 pada LWBP adalah sebagai berikut: $I_R = 134,3$ A; $I_S = 143$ A; dan $I_T = 121,6$ A. Sedangkan tegangan fase – netral rata – rata Gardu GA 0032 pada LWBP adalah sebagai berikut: $V_{RN} = 232$ V; $V_{SN} = 235,3$ V; dan $V_{TN} = 234,3$ V. Dari data hasil rata – rata pengukuran tersebut dan Persamaan (1), maka persentase pembebanan gardu GA 0032 pada luar waktu beban puncak adalah sebesar 59,69%.

3.4.2. Perhitungan Persentase Pembebanan Gardu GA 0032 pada WBP

Cara yang sama juga dilakukan untuk menentukan pembebanan Gardu GA 0032 pada Waktu Beban Puncak. Pengukuran dilakukan pada tanggal 26 dan 27 Mei 2016. Adapun arus pada tiap fase dijabarkan sebagai berikut: $I_R = 169,6$ A; $I_S = 223,3$ A dan $I_T = 168$ A. Sedangkan tegangan rata – rata dari tiga kali pengukuran gardu GA 0032 pada LWBP adalah sebagai berikut : $V_{RN} = 229,3$ V; $V_{SN} = 234,6$ V dan $V_{TN} = 233$ V. Dari data hasil rata-rata pengukuran tersebut, maka persentase pembebanan gardu GA 0032 pada waktu beban puncak adalah sebesar 81,51%.

3.4.3. Perhitungan Drop Tegangan

Untuk dapat mengetahui kondisi drop tegangan jaringan tegangan rendah pada gardu GA 0032 pada saat ini, maka dilakukan perhitungan drop tegangan jaringan tegangan rendah berdasarkan data beban gardu pada jurusan D yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beban gardu GA 0032 jurusan D

Nomor Tiang	Fase R (VA)	Fase S (VA)	Fase T (VA)
D1	3950	1350	900
D2	1300	1800	3500
D3	3500	3050	0
D4	5350	900	0
D5	2200	3100	0
D6	3950	1350	0
D7	900	900	450
D8	2700	0	1750
D9	3500	2600	900
Total Beban Fasa	27350	15050	7500
Total Beban	49900 (VA)		

Data beban yang tersambung pada tiap tiang masing – masing fasa seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 tersebut kemudian dikalikan dengan faktor kebutuhan (*demand factor*) sesuai dengan faktor kebutuhan dari jenis perumahan. Untuk jenis perumahan sederhana dikalikan 75%; perumahan besar dikalikan 65%; kantor dikalikan 80%; toko sedang dikalikan 60%; toko serba ada dikalikan 90% dan industri sedang dikalikan 65% dari daya yang tersambung. Hasil dari

perkalian tersebut terhadap beban pada tiap tiang masing – masing fase ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Beban gardu GA 0032 jurusan D setelah dikalikan faktor kebutuhan

Nomor Tiang	Fase R (VA)	Fase S (VA)	Fase T (VA)
D1	2567,5	877,5	585
D2	845	1170	2275
D3	2275	1982,5	0
D4	3477,5	585	0
D5	1430	2015	0
D6	2567,5	877,5	0
D7	585	585	337,5
D8	1755	0	1137,5
D9	2275	1690	675
Total Beban Fase	17777,5	9782,5	5010
Total Beban	32570 (VA)		

Penghitungan besar arus pada tiap fasa di masing – masing gawang dilakukan dengan terlebih dahulu mencari besar arus pada gawang pertama, yakni arus total semua beban dikurangi dengan arus dari beban yang tersambung pada tiang pertama. Besar arus yang mengalir pada gawang pertama di setiap fase dapat dihitung dengan mengurangi arus total semua beban per fase dengan arus tersambung pada tiang pertama per fase. Berikut perhitungan untuk jurusan B:

$$I_{B1-B2R} = I_R - I_{\text{tiang } B1R} = \left(\frac{S_R}{V_{RN}} \right) - \left(\frac{S_{B1R}}{V_{RN}} \right) \quad (4)$$

dengan

I_{B1-B2R} = arus gawang 1 pada fase R

I_R = arus total pada fase R

S_R = S total pada fase R

S_{B1R} = S tiang B1 pada fase R

V_{RN} = Tegangan antara fase R dan netral

Dari Persamaan (4), besar arus pada gawang 1 pada fase R adalah 215,70 A.

Untuk mengetahui arus pada masing – masing gawang pada jurusan D, cara yang sama juga dilakukan. Besar arus pada gawang D1 – D2 pada fase R adalah 66,19 A.

Untuk menghitung arus gawang pada percabangan dilakukan dengan cara yang sedikit berbeda dari cara yang dijelaskan sebelumnya. Pada percabangan gawang B2–B2A1 dan B2A7–B2A7D1 dilakukan perhitungan arus gawang dengan beban yang tersambung pada tiang B2A1 adalah penjumlahan dari beban pada tiang B2, B3, B4, B5, B6, B7 dan B8. Dengan demikian digunakan Persamaan (5) untuk menghitung arus di gawang B2–B2A1 pada fase R yakni sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_{B2-B2A1R} &= I_{B1-B2R} - I_{\text{tiang } B2} \quad (5) \\
 &= I_{B1-B2R} \\
 &\quad - S_{\text{tiang } B2+B3+B4+B5+B6+B7+B8R} \\
 &= 215,70 - \left(\frac{19630}{227,46} \right) = 129,40 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Cara yang sama digunakan untuk mengetahui arus pada cabang B2A7– B2A7D1. Arus pada gawang B2-B3 diperoleh dengan cara mengurangi arus pada gawang B1-B2 dan B2-B2A1. Dengan demikian digunakan Persamaan (6).

$$\begin{aligned}
 I_{B2-B3R} &= I_{B1-B2} - I_{B2-B2A1} \quad (6) \\
 &= 215,70 - 129,40 = 86,3 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk mengetahui arus pada fase S dan T.

Untuk panjang penghantar, dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (7).

$$L = a + \frac{8 \cdot s^2}{3 \cdot a} \quad (7)$$

dengan

$$\begin{aligned}
 L &= \text{panjang total penghantar (m)} \\
 s &= \text{panjang andongan (m)} \\
 a &= \text{jarak gawang (m)}
 \end{aligned}$$

Dalam perhitungan ini, panjang andongan yang dipakai diasumsikan 60 cm mengikuti standar yang ada. Untuk jaringan rendah, jarak gawang tidak melebihi 22 m dan panjang andongan minimal 60 cm atau 0,6 m.

Penghitungan drop tegangan di masing – masing gawang pada tiap fase dapat diketahui dengan mengalikan arus yang mengalir di setiap gawang pada tiap fase dengan impedansi penghantar pada tiap gawangnya sesuai dengan persamaan. Karena impedansi penghantar diketahui dalam satuan ohm per kilometer, maka untuk menghitung impedansi sepanjang penghantar digunakan Persamaan (2) dan dilanjutkan dengan Persamaan (8). Berikut ini adalah contoh perhitungan drop tegangan pada gawang 1 (B1 – B2) pada fase R di jurusan B:

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{B1-B2R} &= I_{B1-B2R} \times Z \times L_{B1-B2R} \quad (8) \\
 &= 215,70 \times 0,535 \times 22,0436 \times 10^3 \\
 &= 2,54 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\% \Delta V_{B1-B2R} = \frac{1,88}{230} \times 100 \% = 1,10 \%$$

$$V_{B1-B2R} = 230 - 1,88 \text{ V} = 227,46 \text{ V}$$

Berdasarkan penghitungan di atas, besar drop tegangan gawang 1 pada fase R adalah sebesar 2,54 V atau dalam persentase sebesar 1,10% dan tegangan

setelah dikurangi dengan drop tegangan adalah sebesar 227,46 V. Penghitungan drop tegangan pada gawang yang lain maupun jurusan D menggunakan rumus yang sama, begitu juga untuk fase S dan fase T.

3.4.4. Analisis Persentase Pembebanan

Berdasarkan hasil rata – rata dari pengukuran dan perhitungan persentase pembebanan baik pada luar waktu beban puncak maupun pada waktu beban puncak pada gardu GA 0032 yang telah dibahas, maka diperoleh hasil persentase sesuai pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase pembebanan masing – masing gardu pada LWBP dan WBP

Gardu	Persentase Pembebanan (%)	
	LWBP	WBP
GA 0032	59,89	81,51

Dari persentase pembebanan pada masing – masing gardu yang sudah diketahui, maka selisih antara persentase pembebanan pada waktu beban puncak dan pada luar waktu beban puncak dapat diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta PP \text{ pada WBP dan LWBP} \\
 &= 81,51 \% - 59,89 \% \\
 &= 21,62 \% \quad (9)
 \end{aligned}$$

Untuk menghindari kerugian yang besar dan pemanasan trafo distribusi, sebaiknya pembebanan trafo maksimum 80% hingga 90% dari kapasitas trafo. Melihat persentase pembebanan gardu di atas, maka dapat dinyatakan bahwa gardu masih dalam kondisi pembebanan yang wajar.

3.4.5. Analisis Drop Tegangan

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan, total drop tegangan seluruh gawang per fasa pada gardu GA 0032 adalah sebagai berikut.

Berdasarkan hasil perhitungan drop tegangan jaringan tegangan rendah pada gardu GA 0032, dapat dilihat bahwa drop tegangan yang terjadi pada fase R jurusan B adalah sebesar 10,81%. Persentase ini sudah melebihi ketentuan yakni diatas 10% dari tegangan nominal (230 V). Hasil perhitungan menunjukkan besar drop tegangan pada jurusan B pada fase R terjadi pada gawang B1-B2 yaitu sebesar 2,54 V. Sedangkan drop tegangan di jurusan B pada fase S dan gawang B1-B2 yaitu sebesar 1,61 V. Di jurusan B pada fase T terjadi drop pada gawang yang sama, B1-B2, yaitu sebesar 0,48 V.

Di jurusan D, hasil perhitungan menunjukkan besar drop tegangan pada fase R terjadi pada gawang D1-D2 yaitu sebesar 0,33 V. Pada fase S terjadi pada gawang yang sama yaitu sebesar 0,29 V. Pada fase T terjadi pada gawang yang sama juga yaitu sebesar 0,22 V.

Hasil pengukuran sebelumnya menunjukkan terjadinya tegangan diluar ketentuan yang

diperbolehkan. Sedangkan dari hasil perhitungan saat ini, tegangan pada tiang ujung pada fase R menunjukkan angka sebesar 205,96 V; pada fase S sebesar 219,96 V; dan pada fase T sebesar 226,51 V dimana tegangan pada fase R sudah diluar dari ketentuan yang diperbolehkan. Fase S dan T menunjukkan angka yang masih sesuai dengan ketentuan yang diperbolehkan. Hanya tegangan pada fase R yang drop tegangannya melebihi dari -10% dan sudah di luar ketentuan dari variasi tegangan yang diperbolehkan yaitu +5% minimum hingga -10% terhadap tegangan normal.

Dari pembahasan dan perhitungan yang sudah dilakukan, dapat diketahui beberapa hal yang mempengaruhi besarnya drop tegangan yang terjadi, yaitu nilai arus yang melewati penghantar, panjang dari saluran, dan impedansi pada penghantar jaringan tersebut. Impedansi sendiri terdiri dari resistansi dan reaktansi. Besar nilai resistansi dipengaruhi oleh luas penampang penghantar yang digunakan dan panjang jaringan. Semakin besar luas penampang penghantar yang digunakan, maka semakin kecil impedansinya. Sedangkan untuk panjang jaringan, semakin panjang penghantar suatu jaringan, maka semakin besar impedansi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan yang sudah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Persentase pembebanan pada gardu GA 0032 pada luar waktu beban puncak (LWBP) yaitu sebesar 59,69% dan persentase pembebanan pada waktu beban puncak (WBP) yaitu sebesar 81,51%.
2. Drop tegangan yang terjadi pada penyulang Wibrata adalah pada fase R = 0,33 V; fase S = 0,29 V; dan fase T = 0,22 V. Drop tegangan pada fase R yang paling besar. Drop tegangan pada fase R, S dan T tersebut masih sesuai dengan ketentuan yang diperbolehkan. Variasi tegangan yang diperbolehkan yaitu +5% minimum -10% terhadap tegangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada editor dan reviewer Jurnal Matrix atas koreksi dan proses publikasi dari artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widharma, I G. S., & Sunaya, I N. (2015). Analisis menentukan keandalan sistem distribusi dengan pemanfaatan aplikasi algoritma genetika berbasis pemrograman Matlab. *Matrix*, 5(1), 19-26.
- [2] Perdana, W.P, Hasanah, R.N. & Dachlan, H.S. (2009). Evaluasi keandalan sistem tenaga listrik pada jaringan distribusi primer tipe radial gardu induk Blimbing. *EECCIS*, 3(1), 6-12.
- [3] Zulkarnaini & Eko, S. H. (2012). Evaluasi koordinasi relay proteksi pada feeder distribusi tenaga listrik (GH Tanjung Ampalu Sijunjung). *Teknik Elektro ITP*, 1(1), 10-18.
- [4] Narottama, A. A. N. M., Sunaya, I G. A. M., Purbhawa, I M. & Noviyanti, K. R. D. (2014). Analisis pengaruh rekonfigurasi jaringan terhadap pembebanan transformator pada gardu distribusi KA 1316 penyulang Sriwijaya. *Matrix*, 4(3), 125-130.
- [5] Ta, I K. *et al.* (2010). Pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada trafo distribusi gardu tiang No. Bb.0001 pada penyulang Blahbatuh. *Logic*, 10(2).
- [6] Suryawan, I K. (2014). Studi karakteristik pembebanan dan panjang kabel pada instalasi tenaga listrik tegangan rendah: Studi kasus pada kabel NYY dipasang di tanah. *Matrix*, 4(1), 5-11.

ANALISIS PENGARUH REKONFIGURASI GROUNDING KABEL POWER 20 kV TERHADAP ERROR RATIO CURRENT TRANSFORMERS PELANGGAN TEGANGAN MENENGAH DI HOTEL GOLDEN TULIP SEMINYAK

I Putu Semara Adhi Paramarta¹, Djoko Suhantono², Kadek Amerta Yasa³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali

³amerta.yasa@pnb.ac.id

Abstrak: Hotel Golden Tulip Seminyak merupakan pelanggan listrik tegangan menengah yang sangat potensial. Pada penelitian di hotel ini, kami menemukan bahwa *error ratio* trafo arus sebelum rekonfigurasi *grounding* berkisar – 67% dan rugi-rugi daya sebesar - 214.809,00 W pada persentase beban 20%. *Error ratio* memengaruhi arus yang terbaca di sisi sekunder trafo dan juga memengaruhi rugi daya. Upaya yang dilakukan untuk mengurangi nilai *error ratio* dan rugi daya tersebut yaitu dengan melakukan rekonfigurasi *grounding* yaitu dengan memindahkan posisi *tap grounding* kabel *power* 20 kV masuk kembali melalui sisi primer trafo arus. Nilai *error ratio* setelah rekonfigurasi *grounding* diperoleh berkisar – 0,05% dan rugi-rugi daya - 20,18 W pada persentase beban 20%.

Kata kunci: *Error Ratio*, Rugi Daya, Arus, Pengukuran, Trafo Arus.

Abstract: Hotel Golden Tulip Seminyak is a very potential medium electric customer. In this hotel study we found that the error rate of the current transformer before reconfiguration is about - 67% and power losses is equal to - 214,809.00 W at 20% load percentage. The error ratio affects the read current on the secondary side of the transformer and also affects the power loss. Efforts are made to reduce the value of error ratio and loss of power by doing the reconfiguration of grounding by moving the position of tap grounding power cable 20 kV back through the primary side of the current transformer. Error ratio value after reconfiguration grounding is obtained about - 0.05% and power losses - 20.18 W at percentage of load 20%.

Keywords: *Error Ratio*, *Power Losses*, *Current*, *Measurement*, *Current Transformers*.

I. PENDAHULUAN

Bali merupakan daerah industri pariwisata dengan fasilitas pendukung seperti hotel, *villa*, *resort*, *golf club* maupun industri pendukung lainnya yang membutuhkan suplai daya listrik. Pada umumnya industri-industri besar dengan daya di atas 197 kVA, sesuai dengan aturan PLN, merupakan pelanggan tegangan menengah 20 kV yang diwajibkan untuk memiliki gardu bangunan sendiri. Gardu bangunan ini dilengkapi dengan instrumen proteksi, mekanik maupun instrumen pengukuran (*metering*) [1].

PT. PLN (Persero) Distribusi Bali Area Pelayanan Prima mencatat sampai tahun 2015 terdapat 504 pelanggan tegangan menengah dengan daya total sekitar 490 MVA. Sejalan dengan besarnya kebutuhan daya pelanggan, maka potensi *losses* atau rugi juga semakin besar, baik *losses* teknis maupun *losses* non-teknis. Salah satu faktor yang menjadi penyebab *losses* adalah tidak sesuainya energi yang terukur pada kWh meter dengan energi yang dipakai sebenarnya oleh pelanggan. Hal ini merupakan efek dari pengukuran tidak langsung. Pengukuran tidak langsung dilakukan dengan menggunakan instrumen bantu berupa *Potential Transformer* (PT) dan *Current Transformer* (CT) sebagai instrumen bantu *metering* untuk menyesuaikan besar arus dan tegangan yang masuk ke kWh meter. *Error ratio* CT akan sangat berpengaruh pada pengukuran kWh meter di konsumen [2]. Adapun *error ratio* merupakan perbandingan antara arus yang mengalir pada sisi primer CT dengan arus yang terbaca

pada sisi sekunder CT yang bisa diukur menggunakan CT Analyzer. Semakin besar *error ratio* CT, maka beda pengukuran kWh meter dengan energi terpakai akan semakin besar. *Error ratio* CT dapat dipengaruhi baik karena umur CT maupun posisi *tap grounding* kabel *power* 20 kV. Kasus ini terjadi di PT. Duta Esa Vins atau Hotel Golden Tulip yang merupakan salah satu hotel besar di Seminyak, dimana hotel ini merupakan pelanggan tegangan menengah dengan daya yang cukup besar yaitu sebesar 1730 KVA dengan kubikel F & G Ormazabal dan mulai beroperasi tahun 2014 dan konstruksi kabel *power single core*. Instrumen bantu *metering* menggunakan *Current Transformers* tipe *ring* dengan merk dagang Bambang Djaja dengan spesifikasi tahun operasi 2014, kelas *metering* 0.2 S, burden 2.5 VA, rasio *metering* 50/5 A. Pada saat dilakukan pengujian menggunakan CT Analyzer Kingsine, diketahui bahwa nilai *error ratio* CT di luar kelasnya dan hal yang sama terjadi pada ketiga fase. *Error ratio* untuk kelas 0,2 S menurut Standar yang dipakai PLN yaitu IEC 60004-1 sesuai kelasnya, tidak boleh lebih dari 0,2 % sampai – 0,2 %, sedangkan data hasil pengujian pada tanggal 11 maret 2015 jam 11.00 dengan menggunakan CT Analyzer Kingsine kelas 0.03 yang telah dikalibrasi 18 Desember 2014 diperoleh nilai *error ratio* berkisar pada - 67% [3]. Besarnya *error ratio* CT ini akan sangat merugikan pihak PLN karena energi terpakai tidak terukur maksimal di kWh meter. Oleh karena itu, penulis bermaksud menggunakan rekonfigurasi *grounding*

untuk mengatasi masalah tersebut dengan memindahkan posisi *tap grounding* yang sebelumnya tidak melewati sisi primer CT. Posisi *tap grounding* dipindahkan ke posisi bawah, memasuki atau melewati sisi primer CT dengan tujuan agar nilai *error ratio* sesuai dengan kelasnya dan rugi-rugi daya dan rugi-rugi energi dapat dikurangi.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada *paper* ini kami melakukan analisis pengaruh rekonfigurasi *grounding* kabel power 20 kV terhadap *error ratio current transformers* pelanggan tegangan menengah di Hotel Golden Tulip Seminyak.

II. METODE PENELITIAN

Kami melakukan pengolahan dari data yang telah dikumpulkan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Data nilai *error ratio* CT sebelum rekonfigurasi *grounding* yang diperoleh dengan pengukuran menggunakan CT Analyzer Kingsine dilampirkan untuk menunjukkan kondisi awal *error ratio* CT pada pelanggan. Data tersebut selanjutnya dibandingkan dengan data kondisi *error ratio* setelah rekonfigurasi *grounding* untuk mengetahui pengaruh rekonfigurasi *grounding* terhadap *error ratio* CT.
2. Berdasarkan data *error ratio* CT, dapat dilakukan penghitungan untuk mencari besar arus aktual sisi sekunder dimana *error ratio* CT [4] dihitung menggunakan rumus sesuai Persamaan (1).

$$\varepsilon(\%) = \frac{K_n \times I_s - I_p}{I_p} \times 100\% \quad (1)$$

dengan

ε = kesalahan arus (%)

I_s = arus sekunder (A)

I_p = arus primer (A)

K_n = perbandingan transformasi

dengan data *error ratio* yang dipakai yaitu saat nilai arus primer 1% , 5%, 20%, 100% dan 120% dari I_N atau arus nominal pada CT Analyzer Kingsine sesuai dengan ratio CT yaitu 50/5 A [5]. Sehingga besar arus aktual sisi sekunder dapat dihitung [4] menggunakan Persamaan (2)

$$I_s = \left(\frac{\varepsilon(\%) \times I_p}{100\%} + I_p \right) : K_n \quad (2)$$

Nilai arus aktual sisi sekunder yang dicari hanya pada 1% ,5%,20%,100% dan 120% dari I_N atau arus nominal pada pada CT Analyzer Kingsine sesuai dengan ratio CT yaitu 50/5 A.

3. Nilai arus aktual sisi sekunder dan arus sisi primer selanjutnya digunakan untuk perhitungan nilai daya sekunder dan daya primer per fasa

yang dapat dihitung dengan rumus sesuai Persamaan (3-4) [6].

Daya primer (P_1)

$$P_1 = V.I. \cos \varphi \quad (3)$$

Daya sekunder (P_2)

$$P_2 = V.I. \cos \varphi \cdot \text{faktor kali CT} \quad (4)$$

Selanjutnya, nilai daya primer ketiga fasa dijumlahkan untuk mengetahui total daya pada sisi primer dan sisi sekunder yang bisa dihitung sesuai Persamaan (5-6).

$$P_{1,\text{Total}} = P_{R1} + P_{S1} + P_{T1} \quad (5)$$

$$P_{2,\text{Total}} = P_{R2} + P_{S2} + P_{T2} \quad (6)$$

Perhitungan dilakukan dengan data pada kondisi awal sebelum rekonfigurasi *grounding* dan kondisi setelah rekonfigurasi *grounding*.

3. Untuk mengetahui besar *losses* atau rugi-rugi daya dapat dihitung dengan membandingkan antara total daya sisi primer dengan total daya pada sisi sekunder yang bisa dihitung dengan rumus sesuai Persamaan (7).

Rugi-rugi daya (ΔP)

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (7)$$

Setelah diperoleh rugi-rugi daya, kemudian dilakukan perbandingan rugi-rugi daya pada kondisi awal sebelum rekonfigurasi *grounding* dengan setelah rekonfigurasi *grounding*, sehingga diperoleh pengaruh rekonfigurasi *grounding* terhadap *error ratio* CT, pengaruh rekonfigurasi *grounding* terhadap arus aktual sekunder CT dan pengaruh rekonfigurasi *grounding* terhadap rugi-rugi daya. Dari hasil perbandingan hasil uji CT sebelum dan sesudah rekonfigurasi *grounding* menggunakan CT Analyzer Kingsine, dapat dilihat pengaruh rekonfigurasi *grounding* terhadap *error ratio* CT. Rekonfigurasi *grounding* dinyatakan berhasil bila setelah rekonfigurasi, *error ratio* CT sudah sesuai kelasnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Penyambungan Daya Listrik Untuk Hotel Golden Tulip Seminyak

Tabel 1 menunjukkan pengajuan daya sambungan daya listrik untuk beban listrik yang terpasang pada Hotel Golden Tulip Seminyak.

Saluran tenaga listrik pada Hotel Golden Tulip menggunakan gardu SLTM tipe tertutup sebagai pengaman dan pendistribusian daya listrik, atau lebih sering disebut gardu bangunan, dimana PMT dan peralatan APP ditempatkan di dalam bangunan. Gardu SLTM yang digunakan adalah tipe kubikel, sering disebut *close type*. Gardu SLTM tipe kubikel ialah

gardu SLTM dimana peralatan APP mempunyai tingkat perlindungan sekurang-kurangnya IP 20 (proteksi dari masuknya benda pada diameter > 12,5 mm dan proteksi manusia dari sentuh langsung dengan jari ke bagian berbahaya). Gardu tipe kubikel memiliki keunggulan lebih efisien dalam pemakaian tempat, karena bentuknya yang lebih kecil, dan berisolasi penuh atau *full isulation*. Gardu tipe kubikel pada Hotel Golden Tulip menggunakan pengamanan berupa PMT dengan media isolasi sekaligus media pemadam busur api menggunakan gas SF₆ (Sulfur Hexa Fluoride).

Tabel 1. Data penyambungan daya listrik Hotel Golden Tulip

Nomor Gardu	KA 2968
Nama Pelanggan	PT Duta Esa Vins
Identitas pelanggan	554000013094
Nomor Pelanggan	NB013094
ID Meter	212420973
Alamat	Seminyak
Tarif	B3
Daya	1730 kVA
Tegangan Sistem	20000 V

Sumber: PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan

Suplai daya listrik pada Hotel Golden Tulip disalurkan dari penyulang W (Double U) dari Gardu Induk (GI) Padang Sambian dengan cara SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah) dengan ketentuan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data teknis penyulang

Nama Gardu	Penyulang	Jenis Penghantar	Luas Penampang
KA 2968	W	XLPE	240 mm ²

Sumber: PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan

3.2. Data Hasil Injeksi CT Pelanggan

Pengukuran *error ratio* CT atau injeksi CT dimana hasil injeksi ini akan dipergunakan dalam perhitungan arus aktual sisi sekunder seperti yang ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

3.3. Pembahasan

Data *error ratio* yang diperoleh dapat digunakan untuk mencari nilai arus sekunder aktual CT, besar daya yang hilang serta besar kerugian PT. PLN (Persero) Distribusi Bali. Selanjutnya dari data hasil injeksi CT di atas dapat dihitung nilai arus sekunder aktual setiap persentase beban dengan Persamaan (2). Sesuai perhitungan di atas, nilai arus sisi sekunder aktual setiap persentase beban fase R, S dan T sebelum rekonfigurasi *grounding* ditunjukkan pada Tabel 5 dan setelah rekonfigurasi *grounding* ditunjukkan pada Tabel 6.

Setelah nilai arus sisi sekunder aktual CT diketahui, selanjutnya dilakukan perhitungan besar daya pada sisi primer dan sisi sekunder setiap fasa sebelum rekonfigurasi *grounding*. Perhitungan ini

dilakukan untuk mengetahui besar rugi rugi daya akibat nilai *error ratio* CT, dengan nilai daya yang dihitung menggunakan Persamaan (3-4). Sesuai perhitungan, nilai daya sisi primer dan sisi sekunder setiap persentase beban fase R, S, T sebelum rekonfigurasi *grounding* ditunjukkan pada Tabel 7 dan setelah rekonfigurasi *grounding* ditunjukkan pada Tabel 8.

Setelah nilai daya sisi primer dan sisi sekunder setiap fase diketahui, selanjutnya dapat dihitung daya total sisi primer dan sisi sekunder setiap persentase beban sebelum dan setelah rekonfigurasi *grounding*. Data ini dapat digunakan untuk mencari besar rugi daya total. Daya total dapat dihitung dengan Persamaan (5-6). Setelah diperoleh nilai daya total sisi primer dan sisi sekunder, selanjutnya bisa dihitung besar rugi daya setiap persentase beban. Rugi-rugi daya bisa dihitung dengan Persamaan (7) dan nilai rugi-rugi daya total setiap persentase beban sebelum dan setelah rekonfigurasi *grounding* ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 3. Hasil injeksi CT fase R, S, T sebelum rekonfigurasi *grounding*

Persentase Beban	Error Ratio		
	R	S	T
1%	-64.72 %	-66.62 %	-67.15 %
5%	-65.83 %	-68.71 %	-68.80 %
20%	-65.54 %	-68.21 %	-68.58 %
100%	-65.22 %	-68.06 %	-68.33 %
120%	-65.21 %	-68.05 %	-68.31 %

Sumber : PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan

Tabel 4. Hasil Injeksi CT Fasa R, S, T setelah rekonfigurasi *grounding*

Persentase Beban	Error Ratio		
	R	S	T
1%	0.160 %	0.198 %	0.161 %
5%	0.027 %	0.059 %	0.003 %
20%	0.003 %	0.007 %	-0.029 %
100%	-0.028 %	-0.030 %	-0.072 %
120%	-0.031 %	-0.034 %	-0.074 %

Sumber : PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan

3.4. Analisis Data

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat dilihat pengaruh rekonfigurasi *grounding* terhadap *error ratio*, dimana *error ratio* ini akan sangat mempengaruhi nilai arus sisi sekunder CT dan nilai daya. Untuk lebih jelasnya, perbandingan hasil perhitungan sebelum dengan setelah rekonfigurasi *grounding* ditunjukkan pada Tabel 10. Selanjutnya, diperoleh hasil perbandingan daya sisi sekunder sebelum dan setelah rekonfigurasi *grounding*, perbandingan daya total sisi sekunder sebelum dan setelah rekonfigurasi *grounding* serta perbandingan rugi daya karena *error ratio* CT sesuai dengan Tabel 11, Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 5. Nilai arus sekunder aktual fase R, S, T sebelum rekonfigurasi *grounding*

Persentase Beban	Fase R		Fase S		Fase T	
	Error Ratio	Nilai Arus Sekunder Aktual	Error Ratio	Nilai Arus Sekunder Aktual	Error Ratio	Nilai Arus Sekunder Aktual
1 %	0.160 %	0.05008 A	-66.62 %	0.01669 A	-67.15 %	0.01642 A
5 %	0.027 %	0.25007 A	-68.71 %	0.07822 A	-68.80 %	0.07800 A
20 %	0.003 %	1.00003 A	-68.21 %	0.31790 A	-68.58 %	0.31420 A
100 %	-0.028 %	4.99860 A	-68.06 %	1.59700 A	-68.33 %	1.58350 A
120 %	-0.031 %	5.99814 A	-68.05 %	1.91700 A	-68.31 %	1.90140 A

Tabel 6. Nilai arus sekunder aktual fase R, S, T setelah rekonfigurasi *grounding*

Persentase Beban	Fase R		Fase S		Fase T	
	Error Ratio	Nilai Arus Sekunder Aktual	Error Ratio	Nilai Arus Sekunder Aktual	Error Ratio	Nilai Arus Sekunder Aktual
1 %	-64.72 %	0.01766 A	0.198 %	0.05009 A	0.161 %	0.05008 A
5 %	-65.83 %	0.08542 A	0.059 %	0.25015 A	0.003 %	0.25001 A
20 %	-65.54 %	0.34460 A	0.007 %	1.00007 A	-0.029 %	0.99971 A
100 %	-65.22 %	1.73900 A	-0.030 %	4.99850 A	-0.072 %	4.99640 A
120 %	-65.21 %	2.08740 A	-0.034 %	5.99769 A	-0.074 %	5.99556 A

Tabel 7. Nilai daya sisi primer dan daya sisi sekunder fase R, S, T sebelum rekonfigurasi *grounding*

PB	Fase R		Fase S		Fase T	
	Daya sisi Primer (P ₁)	Daya sisi Sekunder (P ₂)	Daya sisi Primer (P ₁)	Daya sisi Sekunder (P ₂)	Daya sisi Primer (P ₁)	Daya sisi Sekunder (P ₂)
1 %	5.308 W	1.874,92 W	5.308,40 W	1.771,94 W	5.308 W	1.743,80 W
5 %	26.542 W	9.068,87 W	26.542,00 W	8.304,46 W	26.542 W	8.821,10 W
20 %	106.168 W	36.585,49 W	106.168,00 W	33.750,8 W	106.168 W	33.357,89 W
100 %	530.840 W	184.626,15 W	530.840,00 W	169.550,2 W	530.840 W	168.117,02 W
120 %	637.008 W	221.615,08 W	637.008,00 W	203.524,0 W	637.008 W	201.867,83 W

Tabel 8. Nilai daya sisi primer dan daya sisi sekunder fase R, S, T setelah rekonfigurasi *grounding*

PB	Fase R		Fase S		Fase T	
	Daya sisi Primer (P ₁)	Daya sisi Sekunder (P ₂)	Daya sisi Primer (P ₁)	Daya sisi Sekunder (P ₂)	Daya sisi Primer (P ₁)	Daya sisi Sekunder (P ₂)
1 %	5.308 W	5.316,89 W	5.308 W	5.318,91 W	5.308 W	5.316,89 W
5 %	26.542 W	26.549,43 W	26.542 W	26.557,65 W	26.542 W	26.542,79 W
20 %	106.168 W	106.171,18 W	106.168 W	106.175,43 W	106.168 W	106.137,21 W
100 %	530.840 W	530.691,36 W	530.840 W	530.680,74 W	530.840 W	530.457,79 W
120 %	637.008 W	636.810,52 W	637.008 W	636.762,75 W	637.008 W	636.536,61 W

Tabel 9. Nilai rugi-rugi daya total sebelum dan setelah rekonfigurasi *grounding*

Persentase Beban	Nilai Rugi-Rugi Daya Total	
	Sebelum Rekonfigurasi	Setelah Rekonfigurasi
1 %	- 10.534,59 W	27,49 W
5 %	- 53.434,57 W	23,87 W
20 %	- 214.809,00 W	- 20,18 W
100 %	- 1.070.226,54 W	- 690,11 W
120 %	- 1.284.017,04 W	- 914,12 W

Tabel 10. Perbandingan arus aktual sisi sekunder sebelum dan setelah rekonfigurasi *grounding*

Persentase Beban (%)	Arus Aktual Sisi Sekunder Sebelum Rekonfigurasi			Arus Aktual Sisi Sekunder Setelah Rekonfigurasi		
	R (A)	S (A)	T (A)	R(A)	S (A)	T (A)
1	0,01766	0,01669	0,01643	0,05008	0,05010	0,05008
5	0,08542	0,07822	0,07800	0,25007	0,25015	0,25001
20	0,34460	0,31790	0,31420	1,00003	1,00007	0,99971
100	1,73900	1,59700	1,58350	4,99860	4,99850	4,99640
120	2,08740	1,91700	1,90140	5,99814	5,99769	5,9956

Tabel 11. Perbandingan daya sisi sekunder sebelum dan setelah rekonfigurasi *grounding*

Persentase Beban (%)	Daya Sisi Sekunder Sebelum Rekonfigurasi			Daya Sisi Sekunder Setelah Rekonfigurasi		
	R (W)	S (W)	T (W)	R(W)	S (W)	T (W)
1	1.874,92	1.771,94	1.743,80	5.316,89	5.318,91	5.316,89
5	9.068,87	8.304,46	8.821,10	26.549,43	26.557,65	26.542,79
20	36.585,49	33.750,8	33.357,89	106.171,18	106.175,43	106.137,21
100	184.626,15	169.550,29	168.117,02	530.691,36	530.680,74	530.457,79
120	221.615,08	203.524,05	201.867,83	636.810,52	636.762,75	636.536,61

Tabel 12. Perbandingan daya total sisi sekunder sebelum dan setelah rekonfigurasi *grounding*

Persentase Beban	Daya Total Sisi Sekunder	
	Sebelum Rekonfigurasi <i>Grounding</i>	Setelah Rekonfigurasi <i>Grounding</i>
1 %	5.390,66 W	15.952,69 W
5 %	26.194,43 W	79.649,87 W
20 %	103.694,18 W	318.483,82 W
100 %	522.293,46 W	1.591.829,89 W
120 %	627.006,96 W	1.910.109,88 W

Tabel 13. Perbandingan rugi-rugi daya total sebelum dan setelah rekonfigurasi *grounding*

Persentase Beban	Rugi-Rugi Daya Total	
	Sebelum Rekonfigurasi <i>Grounding</i>	Setelah Rekonfigurasi <i>Grounding</i>
1 %	- 10.534,59 W	27,49 W
5 %	- 53.434,57 W	23,87 W
20 %	- 214.809,00 W	- 20,18 W
100 %	- 1.070.226,54 W	- 690,11 W
120 %	- 1.284.017,04 W	- 914,12 W

Dari hasil perhitungan diperoleh besar nilai arus sisi sekunder setelah rekonfigurasi pada persentase beban primer 20 %, untuk fase R = 1,0003 A; fase S = 1,00007 A, fase T = 0,99971 A, dengan arus sisi sekunder yang seharusnya mengalir adalah sebesar 1 A. Dari hasil perhitungan dapat diketahui arus yang mengalir pada sisi primer CT terbaca maksimal di sisi sekunder CT dan nilainya hampir sama dengan arus yang seharusnya terbaca. Di sisi sekunder, hasil perhitungan fase R = 106.171,18 W; fase S = 106.175,43 W; fase T = 106.137,21 W dan daya pada sisi primer untuk fase R, S, T sebesar 106.168 W sehingga hanya terdapat perbedaan sebesar 30 W. Oleh karena itu, beda daya total 3 fase juga tidak jauh. Besar

daya total sisi sekunder sebesar 318.483,82 W dan daya total sisi primer sebesar 318.504 W sehingga perbedaan hanya sebesar 20,18 W. Perbedaan daya ini merupakan rugi daya. Rugi arus dan rugi daya yang berhasil ditekan (kecil) juga terjadi pada persentase beban 1%, 5%, 100% dan 120%. Berdasarkan dari nilai arus dan nilai daya hilang akibat dari *error ratio* CT karena pengaruh rekonfigurasi *grounding*, dapat dikatakan bahwa nilai arus yang terbaca di sisi sekunder CT sudah terbaca maksimal yang menyebabkan rugi daya tidak terlalu besar. Dengan demikian upaya yang dilakukan untuk mengurangi besar *error ratio* CT dengan melakukan rekonfigurasi *grounding* dapat dikatakan efektif karena dapat

menekan *error ratio* CT sehingga sesuai standar dan nilai rugi daya juga dapat ditekan. Secara langsung, hal ini dapat mengurangi kerugian dari PT. PLN (Persero) Distribusi Bali.

IV. KESIMPULAN

Dari pembahasan dan analisis data yang telah dipaparkan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Rekonfigurasi *grounding* kabel power 20 kV yang dilakukan di Hotel Golden Tulip Seminyak dapat menurunkan nilai *error ratio* CT sehingga sesuai kelas CT dan standar IEC 60044-1.
2. Penurunan *error ratio* sebelum dan sesudah rekonfigurasi ditunjukkan pada Tabel 5 dan 6. Nilai *error ratio* setelah rekonfigurasi *grounding* berkisar – 0,05%. Turunnya nilai *error ratio* CT dapat mengurangi nilai arus sekunder CT yang hilang.
3. Berkurangnya nilai arus sekunder CT yang hilang dapat mengurangi beda antara daya sisi primer dengan daya sisi sekunder (rugi daya) sebelum dan setelah rekonfigurasi. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 11.
4. Setelah dilakukan rekonfigurasi *grounding*, terjadi penurunan rugi-rugi daya total pada seluruh persentase beban, sesuai dengan Tabel 13.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada segenap pihak yang telah membantu penelitian ini, khususnya kepada editor dan reviewer Jurnal Matrix.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kelompok Pembakuan Bidang Distribusi dan Kelompok Kerja Konstruksi Distribusi (1987). *Materi diklat pengoperasian kubikel 20 KV*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [2] Wahyudi Sarimun. (2012). *Proteksi sistem distribusi tenaga listrik*. Bekasi: Garamond.
- [3] Yudha Prawira. (2014). *Analisa titik saturasi transformator arus pada penyulang kesatrian di gardu induk Gianyar*. Bali: Politeknik Negeri Bali.
- [4] Salam, A. et al. (2014). *Buku pedoman pemeliharaan transformator arus*. Jakarta: PLN (Persero).
- [5] Kelompok Pembakuan Bidang Distribusi dan Kelompok Kerja Konstruksi Distribusi. (1987). *SPLN 76 transformator arus*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [6] Basri, H. (1997). *Sistem distribusi daya listrik*. Jakarta: Universitas Sriwijaya.



POLITEKNIK NEGERI BALI



Redaksi Jurnal MATRIX
Gedung P3M, Politeknik Negeri Bali,
Bukit Jimbaran, PO BOX 1064 Tuban, Badung, Bali.
Phone: + 62 361 701981, Fax: +62 361 701128
e mail: p3mpoltekbali@pnb.ac.id
<http://ojs.pnb.ac.id/index.php/matrix>