

## **Sistem Monitoring Online Real Time Beban Unbalance dan Overload Trafo Distribusi di PT PLN (Persero)**

**Musthofa<sup>1</sup>; Ujang Rahman<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> PT PLN (Persero) Pusdiklat, UPDL Pandaan, Indonesia

<sup>2</sup> PT PLN (Persero) UP3 Padang, Indonesia

<sup>1</sup> musthofa6623@gmail.com

### **ABSTRACT**

*Public and government demands for PLN to serve all people to enjoy electricity with a target of 100% Electrification Ratio. To fulfill the Electrification Ratio, of course, it is necessary to increase the capacity of the distribution transformer with the addition of an insert transformer and a new transformer. So that the increasing number of connections to customers' homes or buildings will result in overload or unbalance loading of the distribution transformer. The problem is the number of transformers 3,938 units at PLN UP3 Padang with limited load measuring officers only 70 teams, there is still a transformer failure of 0.41% in 2019. This is because the load measurement is done directly (manually on site) so it requires large human resources and costs. Under these conditions, a real-time online load measurement system is needed. This study uses the Root Cause Problem Solving (RCPS) methodology and system and equipment design by creating a transformer load monitoring system both unbalance and overload online Real-Time. With this System and Equipment, the substation load in real-time with a speed of 2 seconds, the condition of the transformer is known. Telemetry function by sending load data so that the risk of damage to the transformer can be reduced because this tool is an early warning against unbalanced loads, single-phase outages, and so on. So that PLN can maintain lifetime and recovery time in maintaining the quality of its service.*

**Keywords:** *Real-time Monitor, Unbalance & Overload, Distribution Transformer*

### **ABSTRAK**

*Tuntutan masyarakat dan pemerintah terhadap PT PLN untuk melayani seluruh masyarakat agar menikmati listrik dengan target Rasio Elektrifikasi 100%. Untuk pemenuhan Rasio Elektrifikasi tersebut tentunya perlu penambahan kapasitas trafo distribusi dengan penambahan trafo sisipan dan trafo baru. Sehingga makin bertambahnya penyambunga ke rumah atau bangunan pelanggan maka berakibat pembebanan trafo distribusi mengalami beban overload atau unbalance. Permasalahannya jumlah trafo 3.938 unit di PLN UP3 Padang dengan keterbatasan petugas pengukur beban hanya 70 tim masih terjadi kerusakan trafo sebanyak 0,41% tahun 2019. Hal tersebut dikarenakan pengukuran beban dilakukan secara langsung (manual on site) sehingga membutuhkan SDM dan biaya yang besar. Dengan kondisi tersebut diperlukan sistem pengukuran beban secara online realtime, Penelitian ini menggunakan metodologi Root Cause Problem Solving (RCPS) dan Perancangan Sistem dan peralatan dengan membuat Sistem Monitoring beban trafo baik unbalance dan over load secara Online Real Time. Dengan Sistem dan Peralatan ini, beban gardu secara realtime dengan kecepatan 2 detik sudah diketahui kondisi trafo tersebut. Fungsi telemetry dengan mengirimkan data beban sehingga resiko kerusakan trafo dapat dikurangi karena alat ini menjadi early warning terhadap beban tidak seimbang, padam satu fasa dan sebagainya. Sehingga PLN dapat mempertahankan life time dan recovery time dalam menjaga mutu pelayanannya..*

**Kata kunci:** *Monitor Realtime, Unbalance & Overload, Trafo Distribusi*

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pelanggan listrik tentunya harus diikuti dengan penambahan kapasitas trafo distribusi dan jumlah unit trafo yang memadai untuk mempertahankan kontinuitas penyaluran daya ke pelanggan. Penambahan pelanggan yang menjadi tuntutan masyarakat dan pemerintah untuk Rasio Elektrifikasi 100%, mencapai ribuan bahkan jutaan dalam satu tahun dalam rangka mencapai rasio elektrifikasi tersebut tentunya diperlukan pengawasan dan konsistensi dalam penyambungannya untuk menjaga kondisi trafo distribusi tidak mengalami kondisi *unbalance* (ketidakseimbangan beban) dan *overload* (beban berlebih). Penelitian ini mengembangkan jurnal tentang Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi Studi Kasus pada PT. PLN (Persero)[1][2] dimana belum menentukan bagaimana cara untuk memonitor ketidakseimbangan beban pada trafo.

Melakukan pemeliharaan trafo distribusi merupakan suatu hal yang penting untuk menjaga agar trafo dapat beroperasi maksimal. Salah satu caranya yaitu dengan melakukan monitoring pengukuran beban trafo secara rutin dan periodik. Pengukuran terhadap beban puncak trafo distribusi yang dilakukan pada siang (beban perkantoran dan pasar) dan malam hari (beban perumahan). Untuk dapat melakukan pengukuran beban secara maksimal (pada jam beban puncak) petugas mengalami kesulitan, hal ini disebabkan jumlah trafo dengan *Pilot Project* penelitian di PLN UP3 Padang yang sebanyak 3.938 unit tidak sebanding dengan jumlah petugas yang ada sebanyak 70 tim (140 orang). Letak trafo yang tersebar di berbagai lokasi juga dapat menjadi kendala bagi petugas untuk dapat mengukur beban tepat waktu sehingga memungkinkan resiko trafo rusak lebih banyak. Pada tabel Tabel 1 dapat dilihat jumlah trafo rusak dan hasil pengukuran trafo yang ada di PLN UP3 Padang tahun 2019 mencapai angka 0,41% atau 16 unit dari total 3.938 unit. Dengan jumlah petugas mengukur beban sebanyak 70 Tim.

**Tabel 1.** Data Trafo Distribusi UP3 Padang-Sumatera Barat tahun 2019.

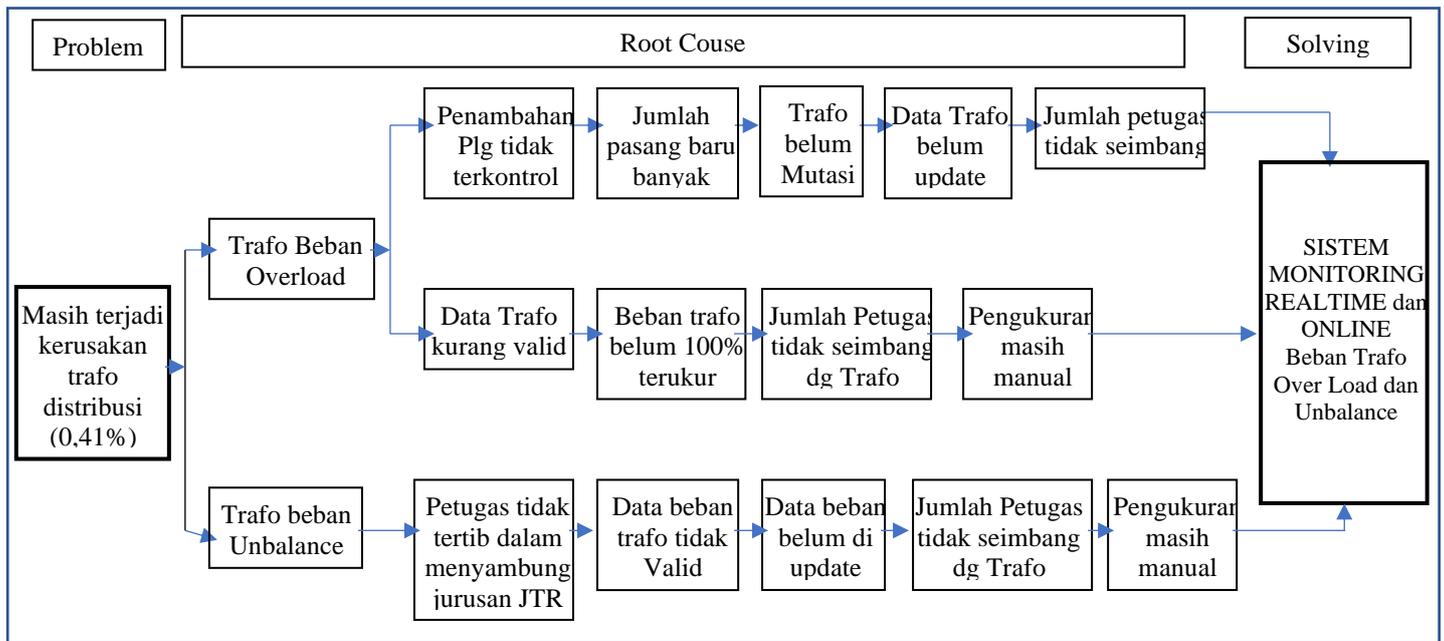
NO	Unit Layanan Pelanggan	TOTAL		Prosen Trafo Rusak (%)	Pengukuran Beban Trafo (unit)	Prosen Pengukuran Trafo (%)	Jumlah Petugas	
		Jum Trafo (Unit)	Trafo Rusak (Unit)				Pengukur Beban Trafo (Tim)	(Orang)
1	BELANTI	536	2	0,37%	345	64%	6	12
2	INDARUNG	478	2	0,42%	391	82%	7	14
3	TABING	441	2	0,45%	302	68%	5	10
4	KURANJI	359	1	0,28%	250	70%	6	12
5	PARIAMAN	476	2	0,42%	412	87%	9	18
6	SICINCIN	229	1	0,44%	160	70%	10	20
7	LUBUK ALUNG	405	1	0,25%	220	54%	7	14
8	PAINAN	360	2	0,56%	349	97%	14	28
9	BL SELASA	536	2	0,37%	205	38%	5	10
10	TUA PEJAT	118	1	0,85%	56	47%	1	2
<b>JUMLAH</b>		<b>3938</b>	<b>16</b>	<b>0,41%</b>	<b>2690</b>	<b>68%</b>	<b>70</b>	<b>140</b>

Sumber : Laporan Pengusahaan PLN UP3 Padang -Wilayah Sumbar 2019

Hal inilah yang menjadi permasalahan dengan jumlah trafo distribusi yang cukup banyak dan jumlah petugas pengukur beban trafo terbatas yang pengukurannya masih dilakukan secara manual on site sehingga monitor pembebanan trafo hanya mencapai rata-rata 68% per tahun, berakibat masih terjadinya kerusakan trafo akibat beban *overload* dan *unbalance* tentunya ini merugikan perusahaan baik secara teknis maupun *financial cost*.

**2. METODOLOGI**

Dalam penelitian ini, adalah menganalisa dan mengidentifikasi permasalahan dan mengidentifikasi akar masalah dengan Root Cause Problem Solving (RCPS),[3][4] didalam identifikasi ini lebih difokuskan pada kondisi trafo beban overload dan unbalance. Mengkaji berbagai alternatif teknis untuk mencapai tujuan, Mengumpulkan material dan referensi, Membuat sistem dalam bentuk rancangan, Mengevaluasi rancangan dan perbandingan, pemrograman dan uji coba lapangan, Penyempurnaan perancangan, dan Dokumentasi serta penulisan makalah.



**Gambar 1.** Root Cause Problem Solving

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem dan peralatan khusus yang dapat memudahkan petugas PLN memantau kondisi trafo distribusi dengan tepat, baik kondisi *unbalance* ataupun *overload*[5][6] secara *online dan realtime*[7] guna tindakan *preventive maintenance*[8] *transformator distribution* dan mempertahankan *Life time*[9] serta *Health index Distribution Transformer*. [10][11] Manfaat yang diharapkan dari pengukuran beban trafo distribusi adalah petugas dapat mengetahui perkembangan beban trafo (*Unbalance atau Overload*) sehingga jika terjadi hal-hal yang tidak normal dapat segera diambil tindakan secepat mungkin. Oleh karena itu, untuk membantu mengatasi berbagai permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem dan peralatan khusus yang dapat memudahkan petugas PLN memonitor kondisi trafo distribusi dengan tepat.

Tindakan *Preventive Maintenance*[12] perlu dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan semaksimal mungkin, sesuai umur teknisnya (*life time Transformer*). Disamping masalah teknis tentunya pelayanan terhadap pelanggan juga menjadi perhatian, khususnya saat terjadinya gangguan trafo petugas PLN belum menemukan cara untuk mengetahui sejak awal *early warning*[13] terjadinya gangguan tersebut sebelum menerima laporan pengaduan dari pelanggan. Hal inilah perlunya pengukuran beban trafo secara terus menerus dan pendeteksian sejak awal terjadinya gangguan pada trafo distribusi. Sehingga pada akhirnya dapat menurunkan tingkat Susut Trafo[14][15], SAIDI dan mempercepat *recovery time*[16] pelayanan gangguan PLN.

Tujuan dari rancang bangun sistem monitor beban trafo adalah untuk; Memudahkan memonitor beban trafo tanpa harus melakukan pengukuran oleh petugas terkait, Memonitor beban trafo secara real time yaitu : Data dapat terkirim ke server secara otomatis maupun manual ke kantor maupun ke hp petugas (SMS).

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa Kajian konsep terkait dengan Sistem Monitoring ini yakni, pertama Transformator Distribusi[17][18] adalah suatu alat untuk “memindahkan” daya listrik arus bolak-balik (*alternating current*) dari suatu rangkaian ke rangkaian lainnya berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik (*EMF Induction*) yang terjadi antara 2 induktor atau lebih (gambar 1). Sebuah transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan transmisi menengah 20kV ke tegangan distribusi 220/380V. Perhitungan beban penuh transformator. Daya transformator jika ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut:  $S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$ .

Kedua Mikrokontroler[19][20] adalah sebuah komputer mini yang terbuat dari *single integrated circuits*. Bentuk mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 4. Perangkat ini dilengkapi dengan CPU, memori RAM, ROM, I/O dan crystal oscillator sehingga mampu mendukung beberapa fungsi penting seperti : Timers, serial RS232,[21] I2C dan ADC

Sistem ini didesain untuk dapat melakukan aplikasi sederhana berbeda dengan mikroprosesor yang dapat melakukan aplikasi yang tinggi dan mampu mendukung perhitungan yang rumit. Selain bentuknya yang *compact* perangkat ini juga mengkonsumsi energi yang kecil, dalam orde miliwatt. Mikrokontroler biasanya diterapkan pada proses pengontrolan otomatisasi produk dan peralatan.

Ketiga AT command[22] adalah sekumpulan string yang berisi karakter ASCII **AT** atau **at**. Body merupakan sebuah string yang hanya berisikan karakter ASCII dan terminator adalah akhir perintah yang merupakan karakter <CR>. Terdapat dua tipe format *AT command* yaitu *basic dan extended*. *Basic command* berisi sebuah karakter ASCII atau karakter tunggal yang didahului oleh suatu karakter awalan, yang diikuti oleh sebuah parameter decimal. *Extended command* adalah parameter perintah yang menggunakan sintaks spesial.

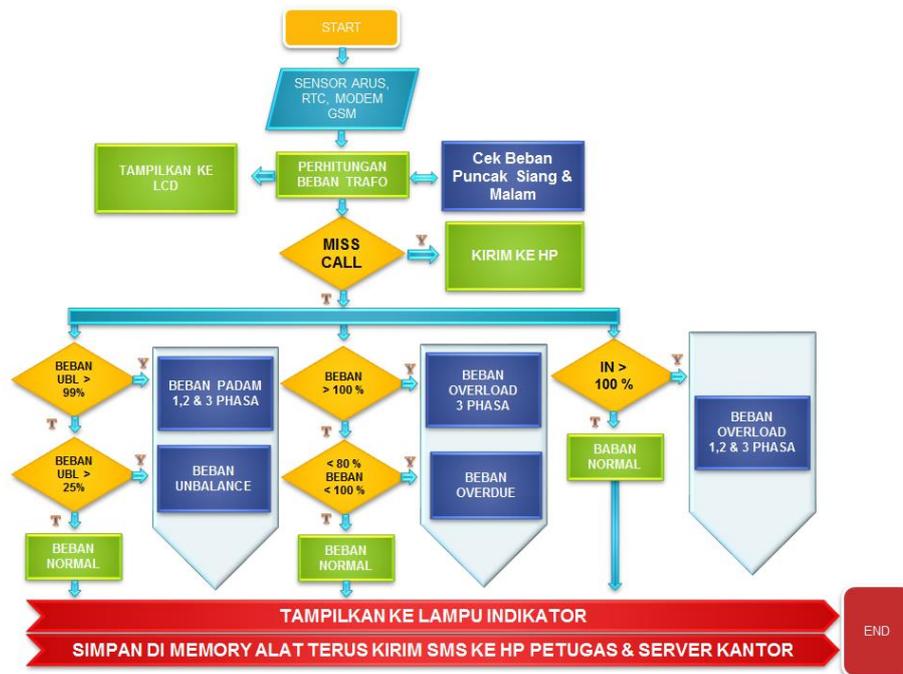
Keempat OZEKI SMS Gateway[23][24], software ini digunakan sebagai platform sms, sehingga dapat mengakses layanan sms agar dapat ditampilkan ke layar komputer secara sederhana. Untuk menggunakan software ini, driver modem GSM harus diinstal agar aplikasi ini dapat mengirim dan menerima sms. Software ini juga memiliki database sendiri, namun tetap bisa dihubungkan dengan database lain misalnya MYSQL. *Database plug in* diperlukan agar aplikasi ini bisa terkoneksi dengan database MYSQL[25].

### 3. PEMBAHASAN

Sistem monitoring trafo ini, disebut dengan Sistem Monitoring *On Line Real Time* Beban *Unbalance Dan Overload Trafo* Distribusi, Sistem ini dirancang untuk membantu petugas untuk memonitoring kondisi dari trafo distribusi. Alat ini bekerja dengan cara mendeteksi arus yang mengalir ke beban. Besarnya arus yang mengalir akan dijadikan acuan untuk menentukan besarnya daya yang menjadi beban pada trafo tersebut. Secara umum sistem kerja alat ini dimulai dari pembacaan data arus dari sensor arus yaitu CT (*current transformer*) yang dipasang seri pada masing-masing fasa. Selanjutnya hasil pembacaan sensor arus tersebut diproses di *mikrokontroler*. Output dari mikrokontroler berupa lampu indikator yang merupakan tanda dari kondisi trafo distribusi tersebut. Indikator tersebut berupa lampu yang terdiri dari tiga warna utama yaitu: Merah (beban lebih besar 80% sampai 100%): Sedangkan jika menyala berkedip maka trafo dalam keadaan Over Load diatas 100%, Kuning (trafo dalam keadaan Unbalance ) dan Hijau : Memiliki arti bahwa trafo dalam keadaan Balance Load (Normal).

Tiga kondisi diatas memiliki prioritas yang berbeda-beda. Prioritas tertinggi yaitu kondisi pertama, merah, prioritas selanjutnya berturut-turut kuning dan hijau. Gambar 2 menunjukkan skema cara kerja sistem peralatan dalam membaca arus beban jaringan, mengolahnya dan menampilkan output berupa 3 kondisi baban trafo dan 3 output sebagai indikator fasa paling tinggi. Data ditampilkan secara visual agar beban trafo dapat dilihat oleh siapapun tanpa harus melakukan pengukuran langsung ke trafo. Kemudian data tersebut disimpan ke memory selanjutnya dikirim ke server pusat atau HP petugas (Telemetry).

Flow Chart Sistem Monitor OnLine Riel Time Trafo sebagai berikut;

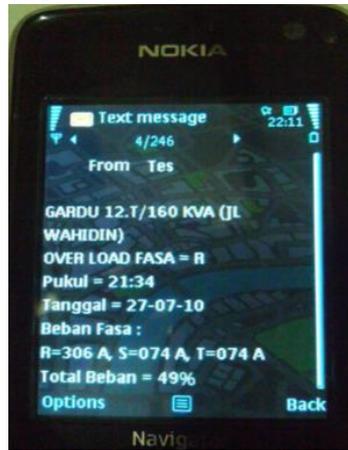


Gambar 2. Diagram Alir Cara Kerja Alat.

Dari gambar 2, nilai arus masing-masing fasa akan dibandingkan sehingga dapat diketahui seberapa besar selisih beban antar fasa. Besar toleransi ketidakseimbangan adalah 25 % dari beban tertinggi pada salah satu fasa. Jika terjadi ketidakseimbangan arus melebihi 25 % maka mikrokontroller akan menyalakan indikator kuning, yang memiliki arti trafo dalam kondisi waspada. Namun jika belum melampaui maka mikrokontroller akan menyalakan indikator warna hijau, yang memiliki arti trafo keadaan aman. Arus yang mengalir harus dibawah arus nominal dari trafo tersebut. Jika arus yang mengalir diatas 80 % - 100 % arus nominal maka indikator merah akan menyala. Sedangkan jika besarnya arus sudah melebihi 100 % dari arus nominal maka indikator merah akan menyala, yang menandakan trafo dalam kondisi berbahaya dan memiliki kemungkinan akan meledak.

Dalam kondisi normal, alat akan mencatat beban puncak siang dan malam setiap hari. Disamping itu, jika terjadi over load satu fasa maka indikator merah akan menyala berkedip disertai dengan indikator fasa yang sedang over load. Dalam setiap siklus routine program, mikrokontroller juga akan memonitor ada tidaknya permintaan data, yaitu adanya calling ke nomor alat tersebut. Jika terdeteksi adanya calling maka mikrokontroller akan segera mengirimkan data yang tercatat sesaat setelah calling terjadi. Setiap kondisi tersebut terjadi maka data akan disimpan ke memory kemudian dikirim ke transmiter (gambar 4). Jika terjadi over load maka SMS peringatan akan dikirim langsung

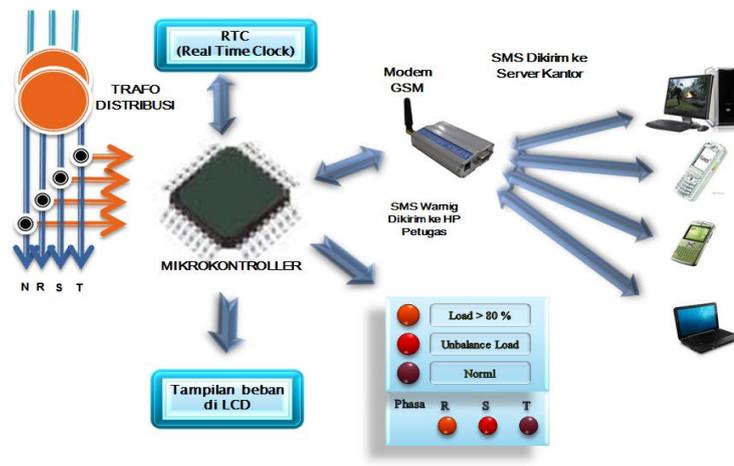
ke petugas terkait sehingga akan lebih cepat dilakukan tindakan pengamanan pada trafo tersebut. Demikian pula jika terjadi padam di salah satu fasa trafo, SMS warning akan terkirim langsung ke HP petugas. Contoh SMS peringatan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan SMS peringatan yang dikirim ke HP petugas.

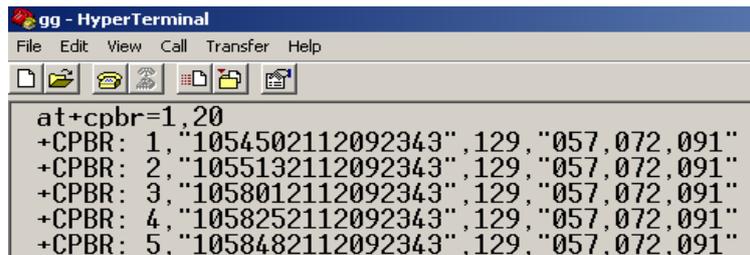
### 3.1. Skema Dan Cara Kerja Sistem

Sistem ini disusun oleh tiga peralatan utama yaitu sensor, kontroller dan tampilan output. Rangkain sensor terdiri dari dua macam yaitu CT dan rangkaian pengubah arus ke tegangan. Rangkaian sensor berupa resistor yang dirangkai seri digunakan untuk mengubah arus yang mengalir menjadi tegangan, kemudian tegangan tersebut diolah oleh ADC (Analog to digital converter)[26] untuk diubah menjadi data digital.



Gambar 4. Skema scenario sistem

Dari gambar 4, dapat diketahui bahwa hasil dari pembacaan data dari sensor arus akan diteruskan ke mikrokontroller untuk diolah. Setiap hari data yang disimpan akan di kirim melalui media SMS ke ruang kontrol. Jika pengukuran menunjukkan adanya beban sudah over load maka alat ini akan langsung mengirimkan SMS ke petugas. Dan jika petugas menginginkan untuk mengetahui nilai beban secara realtime maka petugas dapat melakukan miss call ke no GSM alat tersebut. Data yang tersimpan tersebut dapat didownload langsung menggunakan komunikasi serial RS 232[27].



**Gambar 5.** Contoh data hasil record ke memory card

Data hasil record seperti ditunjukkan pada gambar 5. Data tersebut terdiri dari jam pengambilan, data arus, prosentase pembebanan trafo terhadap kapasitas trafo dan alarm. Alarm meliputi : keseimbangan beban trafo[14], beban fasa tertinggi dan indikasi overload trafo[6].

**Tabel 2.** Perbandingan Pengukuran Trafo Dengan Sistem Kontrol Unbalance dan Overload Trafo Dan Pengukuran Secara Manual

No	Uraian	Pengukuran Beban Sistem Monitor Online Real Time Beban Trafo	Pengukuran Gardu dengan Secara Manual
1	Kebutuhan akan Petugas	Tidak Ada	Ada
2	Kecepatan Pengukuran	+/- 2 detik	Lebih dari 15 menit
3	Warning gangguan Trafo	Ada	Tidak
4	Telemetering	Ada	Tidak
5	Efisiensi dalam proses pengukuran beban	Ya	Tidak
6	Data pengukuran sudah berupa informasi	sudah	belum
7	Pengukuran real time	Ya	Tidak
8	Media Penyimpanan data	di alat dan server	Manual
9	Indikator Visual	Ada	Tidak

Pada Sistem Kontrol *Unbalance* dan *Overload Trafo* ini tidak lagi membutuhkan petugas untuk melakukan pengukuran beban di lapangan, sehingga saat dibutuhkan maka langsung bisa di *misscall* untuk menyampaikan kondisi beban saat dalam waktu +/- 2 detik, jika ada gangguan trafo apakah 1 phasa atau 2, 3 phasa padam langsung secara otomatis informasi ke HP petugas dan pc server kantor ini sekaligus sebagai *early warning*[28] adanya gangguan trafo sebelum pelanggan mengajukan *complain* ke *contact center* 123. Fungsi telemetering sangat berguna untuk perencanaan pemeliharaan gardu trafo juga mengkondisikan trafo pada *health indek* nya sehingga *life time trafo* bisa dioptimalkan.

## 4. KESIMPULAN

Penggunaan Sistem Monitor *Unbalance* dan *Overload Trafo* dapat mengukur dan menyimpan data pengukuran sehingga membantu mengetahui perkembangan beban trafo distribusi baik secara

online real time. Letak trafo distribusi yang menyebar diberbagai tempat dan jumlahnya cukup banyak dapat diatasi dengan mengirimkan data hasil pengukuran dengan cepat (2 detik) ke server kantor secara kontinue (telemetering). Petugas dapat mengetahui beban trafo secara real time dengan cara melakukan miss call ke alat tersebut, sehingga kebutuhan data yang akurat dan cepat dapat dipenuhi. Secara teknis alat ini mampu mengatasi permasalahan tentang keterbatasan petugas dalam melakukan pengukuran beban trafo. Petugas dapat segera mengetahui sesaat setelah terjadinya gangguan dengan SMS yang dikirimkan ke HP petugas, sehingga mempercepat waktu *recovery time* dan SAIDI. Secara kajian ekonomis, sistem dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam melakukan rencana operasi dan pemeliharaan trafo, sehingga umur trafo menjadi optimal dan *Health Indeks* trafo selalu terjaga, sehingga PLN dapat meningkatkan efisiensi dan mutu pelayanan kepada pelanggan[29].

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gamma Ayu Kartikasari, "Analisa Pengaruh Ketidak Seimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses pada Trafo Distribusi Studi Kasus Pada PT.PLN (Persero) Rayon Blora," Anal. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distrib. Stud. Kasus Pada Pt. Pln Rayon Blora, 2018.
- [2] E. Julianto, "Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Pembebanan Transformator Distribusi 20KV PT PLN (PERSERO) Cabang Pontianak," J. Tek. Elektro, 2016.
- [3] IAQ, "Root Cause Analysis and Problem Solving," Mind Tools, 2014.
- [4] B. Vo, E. Kongar, and M. F. Suarez-Barraza, "Root-Cause Problem Solving in an Industry 4.0 Con," IEEE Eng. Manag. Rev., 2020.
- [5] "Studi Eksplorasi Arus Pada Kawat Netral Akibat Ketidakseimbangan Arus Beban Pada Unit Transformator Distribusi Di Universitas Negeri Semarang," Edu Elektr. J., 2014.
- [6] S. Samsurizal and B. Hadinoto, "Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN(Persero) Up3 Pondok Gede," KILAT, 2020.
- [7] L. Frisila and C. G. Irianto, "Perancangan Prototipe Real Time Monitoring Beban Transformator Distribusi 20 KV Berbasis Mikrokontroler," JETri, 2017.
- [8] R. H. Yeh, K. C. Kao, and W. L. Chang, "Preventive-maintenance policy for leased products under various maintenance costs," Expert Syst. Appl., 2011.
- [9] F. Scatiggio and M. Pompili, "Health index: The TERNAs practical approach for transformers fleet management," in 2013 IEEE Electrical Insulation Conference, EIC 2013, 2013.
- [10] A. N. Jahromi, R. Piercy, S. Cress, J. R. R. Service, and W. Fan, "An approach to power transformer asset management using health index," IEEE Electr. Insul. Mag., 2009.
- [11] A. Azmi, J. Jasni, N. Azis, and M. Z. A. A. Kadir, "Evolution of transformer health index in the form of mathematical equation," Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017.
- [12] S. M. A. Suliman and S. H. Jawad, "Optimization of preventive maintenance schedule and production lot size," Int. J. Prod. Econ., 2012.
- [13] M. Scheffer et al., "Early-warning signals for critical transitions," Nature. 2009.
- [14] I. P. G. Kartika, I. K. Wijaya, and I. M. Mataram, "Analisis Beban Takseimbang Terhadap Rugi-Rugi Daya Dan Efisiensi Transformator K10005 Jaringan Distribusi Sekunder Pada Penyulang Klungkung," J. Spektrum, 2018.
- [15] F. Fahrurozi\*, Firdaus\*\*, "Analisa Ketidak Seimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Transformator Distribusi di Gedung Fakultas Teknik Universitas Riau," Jom FTEKNIK, 2014.

- [16] U. Franke, H. Holm, and J. König, "The distribution of time to recovery of enterprise IT services," *IEEE Trans. Reliab.*, 2014.
- [17] G. Nicoll and M. J. Boss, "Transformers," in *Electrical Safety: Systems, Sustainability, and Stewardship*, 2014.
- [18] A. H. Al-Badi, A. Elmoudi, I. Metwally, A. Al-Wahaibi, H. Al-Ajmi, and M. Al Bulushi, "Losses reduction in distribution transformers," in *IMECS 2011 - International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011*, 2011.
- [19] T. Nusa, S. R. U. A. Sompie, and E. M. Rumbayan, "Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler," *E-Jurnal Tek. Elektro dan Komput.*, 2015.
- [20] H. Sultan, "Mikrokontroler Arduino," *J. Chem. Inf. Model.*, 2019.
- [21] N. G. Forero Saboya, "Normas de Comunicación en Serie : RS-232, RS-422 Y RS-485," *Rev. Ingenio Libr.*, 2012.
- [22] C. McInnes, "Command and control," in *Routledge Handbook of Air Power*, 2018.
- [23] E. E. Putri, "SMS Gateway," *Indones. J. Netw. Secur.*, 2015.
- [24] V. K. A. V. T. Katankar, "Short Message Service using SMS Gateway," *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, 2010.
- [25] J. Letkowski, "Doing database design with MySQL," *J. Technol. Res.*, 2014.
- [26] M. J. M. Pelgrom, *Analog-to-digital conversion*. 2010.
- [27] Ishak, "Memanfaatkan Komunikasi Port RS-232 Untuk Perancangan Mengoptimalkan Sistem Jembatan Timbangan Digital," *Saintikom*, 2010.
- [28] Z. M. Fadlullah, M. M. Fouda, N. Kato, X. Shen, and Y. Nozaki, "An early warning sistem against malicious activities for smart grid communications," *IEEE Netw.*, 2011.
- [29] W. B. Prasetyo, "Pengaruh kualitas pelayanan, kepercayaan dan kepuasan terhadap loyalitas pelanggan (studi pada swalayan luwes purwodadi)," *J. Manaj. Pemasar.*, 2013.