

RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN DINI GANGGUAN *OVERLOAD* PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI BERBASIS MIKROKONTROLER YANG DILENGKAPI DENGAN GIS

Bismo Ishyafaputro dan Vergusta Chandra Charisma

D3 Teknik Elektro-FTI, ITS, Surabaya

vergusta13@mhs.ee.its.ac.id

Abstrak - Salah satu gangguan pada distribusi tenaga listrik, yaitu beban lebih (*overload*) transformator distribusi. Sampai saat ini PLN belum punya sistem peringatan dini bila transformatornya akan mengalami kondisi beban lebih. *Setting* proteksi pada beberapa transformator kurang tepat, sehingga ketika berbeban lebih transformator tetap bekerja. Bila transformator mengalami kondisi beban lebih dalam waktu lama, transformator akan menjadi panas yang dapat menyebabkannya meledak. Hal ini tentunya merugikan bagi PLN sebagai pengelola kelistrikan dan tentunya bagi masyarakat selaku konsumen yang ingin kontinuitas listrik terjamin. Pada tugas akhir ini dibuat sebuah alat peringatan dini kepada operator bila transformator bekerja pada 80% kapasitas terpasangnya dan nantinya akan ditampilkan pada *web server* yang dilengkapi *Geographical Information System* (GIS). Alat ini menggunakan sensor arus untuk mendeteksi nilai arus beban dan RTC untuk data waktu. Data dari sensor dan RTC diolah mikrokontroler (Arduino) yang kemudian dikirim ke *web server* melalui sebuah modul internet SIM900. Hasil implementasi menunjukkan bila transformator terindikasi mengalami beban lebih, sistem dapat memberi alarm pemberitahuan letak transformator gangguan pada tampilan peta di *website* GIS. Proses pembacaan dan pengiriman data memerlukan waktu rata-rata 27 detik. Rata-rata *error* pengukuran sensor arus sebesar 1,78%. Selisih waktu RTC dengan *internet time* 3 detik.

Kata Kunci: *Overload* Transformator, Sensor Arus, Arduino, Modul Internet, *Web Server*, *Geographical Information System*

I. PENDAHULUAN

Semakin pentingnya listrik bagi hidup manusia membuat penggunaan listrik semakin meningkat. Hal ini dapat dibuktikan bahwa pada tahun 2012 PLN berhasil menjual energi listrik ke konsumennya sebesar 174 TWh (Tera Watt Hour), lalu pada tahun 2013 meningkat menjadi 188 TWh, dan di tahun 2014 meningkat lagi menjadi 199 TWh [1].

Perkembangan kebutuhan listrik ini harus diimbangi dengan infrastruktur yang memadai, misalnya saja kecukupan kapasitas daya terpasang transformator distribusi. Namun, kondisi di lapangan menunjukkan hasil yang berbeda, masih ada transformator yang beroperasi diatas beban kerja optimumnya (*overload*). Kondisi tersebut disebabkan karena ada pengaturan proteksi tidak

tepat. Seharusnya, ketika *overload* sistem proteksi harus bekerja memutus beban.

Berdasarkan [3] perencanaan beban optimal pada transformator distribusi dibatasi maksimal 80% dari kapasitas terpasangnya. Bila lebih dari 80% maka transformator berkondisi *overload* dan suhu pada transformator bisa menjadi sangat panas atau dapat dikatakan transformator memiliki *Health Index* "Kurang". PLN akan rugi karena umur transformator menjadi semakin pendek serta ada daya yang terbuang percuma akibat panas yang terjadi. Sementara di sisi pelanggan, sewaktu-waktu bisa saja transformator yang mengalami *overload* tersebut meledak dan menyebabkan kontinuitas listrik terputus.

Dari sekian banyak transformator distribusi yang telah terpasang, pihak PLN belum memiliki sistem peringatan dini bila transformatornya akan mengalami gangguan *overload*. Sementara itu, salah satu upaya PLN dalam pemeliharaan transformator dari *overload* adalah dengan melakukan pengukuran transformator selama 2 kali dalam setahun. Upaya pemeliharaan transformator dinilai kurang efektif karena tidak dilakukan pengukuran transformator secara terus menerus untuk mengetahui beban transformator sebenarnya setiap saat.

Metode pengawasan pada transformator distribusi selama ini menggunakan alat bernama SIMONTRA [4] dimana data beban transformator yang diukur harus didatangi ke lokasi. Selain itu, pada saat pengukuran dilakukan belum tentu terjadi *overload* karena penggunaan beban pada transformator distribusi tidak selalu konstan. Bisa jadi pada waktu tertentu terjadi kelebihan beban dan timbulah gangguan. Untuk itu perlu adanya suatu metode baru sebagai tindakan preventif terhadap transformator distribusi untuk mengurangi kerugian akibat hal tersebut.

Sebuah judul yang pernah diusulkan untuk menyelesaikan masalah monitoring gangguan *overload* pada transformator distribusi. Monitoring tersebut menggunakan jaringan *wifi* sebagai sarana pengiriman data saat terjadi *overload* dari mikrokontroler ke komputer *server*. Mikrokontroler tersebut mendapatkan informasi data dari sensor arus dan suhu. Hasil yang dicapai memiliki kelemahan, yaitu hanya mampu memonitoring arus beban menggunakan *wifi* dengan jarak 60 meter tanpa penghalang tembok dan 40 meter menggunakan penghalang tembok [5].

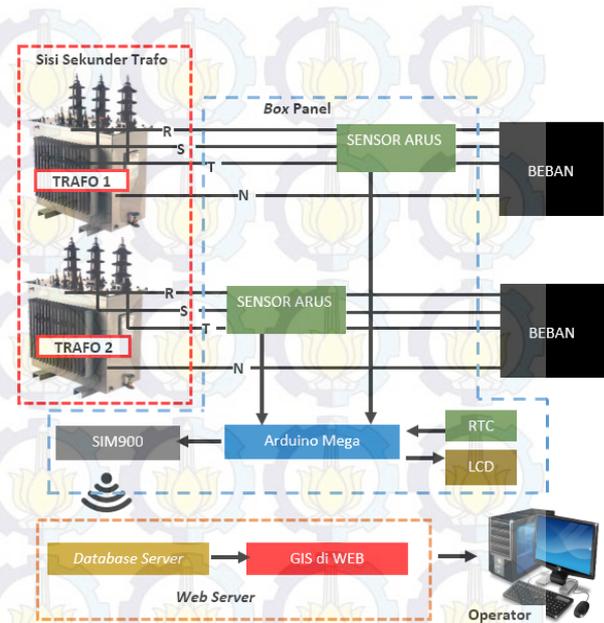
Pada tugas akhir ini dilakukan pembuatan sistem monitoring dan peringatan dini bila transformator distribusi mengalami *overload* yang sekaligus dapat menunjukkan informasi lokasi gangguan transformator pada peta digital berbasis GIS. Sarana pengiriman data dalam proses monitoring menggunakan jaringan internet secara *real time*. Penggunaan internet dalam tugas akhir ini memiliki kelebihan, yaitu pemantauan beban dapat dilakukan dimana saja tanpa dibatasi jarak. Selain itu, tampilan informasi kondisi beban transformator dalam peta digital dapat memudahkan petugas dalam pemantauan lokasi transformator sekaligus dapat menunjang petugas dalam merencanakan manajemen transformator khususnya dalam hal mutasi transformator.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan metodologi, yaitu: studi literatur, perencanaan dan pembuatan mekanik, perancangan dan pembuatan *hardware*, perancangan dan pembuatan *web server*, uji coba dan analisis data, dan yang terakhir adalah penyusunan laporan berupa buku tugas akhir.

Pada tahap studi literatur akan dipelajari mengenai karakteristik gangguan sistem distribusi tenaga listrik yang berupa *overload* transformator distribusi beserta pengumpulan data pembebanan transformator di lapangan, mempelajari sistem pendeteksian arus beban oleh sensor arus, studi mengenai bahasa pemrograman arduino, studi tentang pengaturan RTC, studi tentang konsep pengiriman data melalui SIM900, studi mengenai pembuatan GIS. Pada tahap perancangan, pembuatan mekanik dan *hardware*, akan digunakan akrilik sebagai papan peletakkan komponen, lalu steker sebagai jalur beban R, S, T. Beban listrik menggunakan bohlam lampu dan motor, sensor arus menggunakan ACS712, data waktu dari RTC DS3231, modul pengiriman data ke internet memakai SIM900. Sedangkan untuk tahap perancangan dan pembuatan *web server* akan menggunakan situs jasa *hosting* dari *IDhostinger* dan GIS akan memanfaatkan fitur dari pengembang peta Google Maps. Setelah *hardware* dan *web server* siap terpasang, tahap selanjutnya adalah pengujian interkoneksi *hardware* dengan *web server*. Pengujian dimulai dari pengambilan data arus dari sensor dan data waktu dari RTC, lalu proses pengolahan data tersebut oleh Arduino. Selanjutnya, pengujian sambungan Arduino ke SIM900. Lalu pengujian pengiriman data dari SIM900 ke *web server*, pengujian penerimaan data oleh *web server*, pengujian penampilan data di GIS. Setelah pengujian, maka dilakukan analisa apakah alat sudah bekerja dengan benar dan efisien. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan laporan penelitian atau buku tugas akhir.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Diagram Fungsional Alat

Tugas akhir peringatan dini gangguan *overload* transformator distribusi yang dilengkapi dengan *geographical information system* secara keseluruhan dapat dilihat melalui diagram fungsional alat pada Gambar 1. Proses dimulai dengan pembacaan arus beban oleh sensor arus ACS712 dari *line outgoing* transformator distribusi. Objek simulasi transformator distribusi yang dipakai berjumlah dua, yaitu “Transformator 1 (BD123)” dengan daya pengenal 100kVA dan “Transformator 2 (BD321)” 160. Sehingga, dibutuhkan enam buah sensor arus untuk membaca arus beban. *Output* dari masing-masing sensor arus yang berupa tegangan akan masuk ke rangkaian pengondisi sinyal *peak detector* untuk mendapatkan sinyal keluaran yang stabil. Keluaran dari *peak detector* lalu diolah oleh Arduino dan disimpan dalam bentuk variabel untuk setiap sensor arusnya, contohnya “T1R” untuk sensor arus pada fase R di transformator 1.

Arduino juga mengambil data dari RTC yang berupa data waktu. Jika data sensor arus dan data waktu telah diterima dan diolah Arduino, maka data dikirim ke SIM900 melalui komunikasi data serial. SIM900 kemudian mengirim data-data tersebut ke *database server* menggunakan jaringan internet. Setelah data-data sampai pada *database server*, kemudian ditampilkan pada *website GIS* pada alamat <http://sigot.pe.hu>. Pada *website GIS*, data arus akan diolah agar dapat mendapatkan nilai daya beban transformator melalui Persamaan berikut:

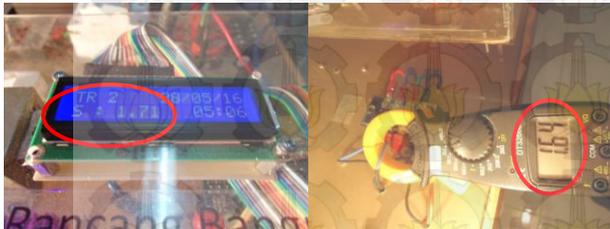
$$S_{3\phi} = \sqrt{3}(V_R \times I_R + V_S \times I_S + V_T \times I_T) \quad (1)$$

Apabila daya yang terbaca melebihi batasan 80% daya pengenal transformator, maka pada *website* GIS akan memunculkan alarm.

Pada alat juga menggunakan sebuah *selector*, yaitu faktor pengali yang mengalikan nilai keluaran arus beban dengan konstanta yang ditetapkan. Dalam hal ini, faktor pengali ditetapkan dengan nilai 37. Maksud untuk mengalikan keluaran sensor arus dengan faktor pengali, yaitu supaya nilai arus bernilai cukup untuk menunjukkan kondisi *overload* pada masing-masing daya pengenal transformator, yaitu 100 kVA dan 160 kVA.

Dalam tugas akhir, 1 buah mikrokontroler digunakan untuk mengolah data-data dari 2 buah trafo. Namun, dalam perencanaan secara *real* di lapangan, alat ini akan menggunakan 1 mikrokontroler untuk 1 transformator lalu diletakkan pada Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR), yaitu panel yang terdapat pada sisi sekunder transformator distribusi.

Pada pengujian kondisi *overload* pada transformator 1 (BD123) dan transformator 2 (BD321), transformator 1 dibebani oleh 1 motor 3 fase dan 5 lampu bohlam 15 W dan 1 lampu 25 W. Transformator 2 dibebani oleh 1 motor 3 fase dan 3 lampu bohlam 100 W pada masing-masing fasenya.



Gambar 2. Perbandingan Pengukuran Beban Overload pada Transformator 2 Fase S

Pada Gambar 2 menunjukkan salah satu contoh perbandingan pengukuran arus beban *overload* pada Transformator 2 (BD 321) antara sensor arus yang ditampilkan dalam LCD dengan *clamp* meter pada fase S. Perbandingan tampilan keseluruhan tampilan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Tampilan Arus Beban Overload

| Jalur Fase | Tampilan LCD (A) | Tampilan Web (A) | Pengukuran Clamp Meter (A) |
|-------------------------|------------------|------------------|----------------------------|
| Transformator 1 Jalur R | 0,79 | 0,79 | 0,75 |
| Transformator 1 Jalur S | 0,97 | 0,97 | 1,04 |
| Transformator 1 Jalur T | 1,07 | 1,07 | 1,06 |
| Transformator 2 Jalur R | 1,52 | 1,52 | 1,54 |
| Transformator 2 Jalur S | 1,71 | 1,71 | 1,64 |
| Transformator 2 Jalur T | 1,43 | 1,43 | 1,51 |

Nilai waktu dari RTC dan nilai arus dari sensor arus pada masing-masing fase transformator tersebut dikirim ke *database server* yang seterusnya akan ditampilkan pada *website* di menu Monitor seperti Gambar 3.

| Home | NO CARD | ARUS FASE R (A) | ARUS FASE S (A) | ARUS FASE T (A) | DAYA PENGENAL (KVA) | DAYA SAAT INI (KVA) | KETERANGAN | WAKTU |
|------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|------------|-------------------|
| Peta | BD123 | 34,23 | 42,89 | 47,59 | 100 | 86,40 | overload | 16-05-28 08:07:15 |
| Database | BD321 | 59,24 | 68,27 | 57,91 | 160 | 128,46 | overload | 16-05-28 08:07:15 |
| Monitoring | | | | | | | | |
| Logout | | | | | | | | |

Gambar 3. Tampilan Nilai Arus dan Waktu pada Menu Monitoring

Pada Gambar 3, nilai arus dari sensor arus pada masing-masing fase telah dikalikan dengan faktor pengali. Transformator 1 (BD 123) nilai arus fase R yang terukur sensor arus adalah 0,79 A. Arus fase S, 0,97 A, arus fase T 1,07 A. Nilai-nilai arus ini akan dikalikan dengan nilai pengali 37 sehingga didapatkan tampilan arus di menu Monitoring pada fase R 34,23 A, arus pada fase S 42,89 A, arus pada fase T 47,59 A. Sesuai dengan Persamaan (1) maka diperoleh daya bebannya adalah 86,4 kVA. Status dari transformator ini adalah *overload* karena daya beban terukur di atas batas 80% daya pengenal Transformator. Daya pengenal transformator 1 adalah 100 kVA, sehingga 80% daya pengenalnya adalah 80 kVA.

Pada transformator 2 (BD321) nilai arus fase R yang terukur sensor arus adalah 1,52 A. Arus fase S 1,71 A, arus fase T 1,43 A. Nilai-nilai arus ini akan dikalikan dengan nilai pengali 37 sehingga didapatkan tampilan arus di menu Monitoring pada fase R 59,24 A, arus pada fase S 68,27 A, arus pada fase T 57,91 A. Sesuai dengan Persamaan (1) maka diperoleh daya bebannya adalah 128,46 kVA. Status dari transformator ini adalah *overload* karena daya beban terukur di atas batas 80% daya pengenal Transformator. Daya pengenal transformator 2 adalah 160 kVA, sehingga 80% daya pengenalnya adalah 128 kVA.



Gambar 4. Tampilan Infowindow GIS Transformator 1 (BD123) Overload

Tampilan GIS di *website* pada menu Peta seperti pada Gambar 4. Pada saat ada transformator dalam kondisi *overload* akan ada suara alarm yang berbunyi dan ketika *icon overload* transformator 1 (BD123) dan transformator 2 (BD321) di-klik maka akan muncul *infowindow* yang berisi deskripsi dan kondisi transformator.

IV. PENUTUP

1. Kesimpulan

Dari tugas akhir yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya adalah pengujian pada semua sensor arus ACS712 didapatkan hasil dengan *error* rata-rata sebesar 1,78% menggunakan beban motor 3 fase dan lampu bohlam. Pada pengujian pada RTC diperoleh hasil selisih waktu sebesar 3 detik antara waktu yang ditampilkan pada layar LCD dengan *internet time*. Arduino Mega 2560 dapat memproses dan menampilkan data arus dan waktu secara *real time* melalui layar LCD yang terdapat pada box panel.

Berdasarkan pada pengujian komunikasi, proses pembacaan sampai dengan pengiriman data ke *database* serta menampilkannya pada *website* memerlukan waktu rata-rata 27,14 detik. Kemudian, tampilan GIS pada *website* dapat menampilkan data arus dan lokasi transformator, serta dapat memberikan *warning* saat transformator mendekati *overload*. Data hasil monitoring tersimpan secara otomatis pada *database server*.

2. Saran

Beberapa saran yang diberikan diantaranya adalah pengambilan data sebaiknya lebih banyak dan berulang, untuk memastikan kemampuan alat serta keakuratan alat. Pada pengembangan kedepannya diharapkan tidak hanya terfokus pada *overload* transformator, namun juga pada gangguan sistem distribusi listrik lainnya, kemudian diintegrasikan pada GIS. Alat ini kedepannya bisa menggunakan modul komunikasi internet yang lebih cepat, sehingga *delay* pengiriman tidak terlalu lama. Untuk penerapan pada saluran *outgoing* transformator distribusi yang sebenarnya, perlu menggunakan sensor arus dengan *range* pengukuran yang lebih besar

V. DAFTAR PUSTAKA

[1], *Statistik PLN 2014*, Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), Jakarta, 2015.

[2], *Rekap Pengukuran GTT Distribusi Area Surabaya Selatan*, PT. PLN (Persero) Area Surabaya Selatan, Surabaya, 2015.

[3], *Edaran Direksi PT PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 Metode Pemeliharaan Transformator Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen*, PT. PLN (Persero), Jakarta, 2014.

[4], *SIMONTRA (Sistem Monitoring Online Transformator) PLN*, PT. PLN (Persero), Jakarta, 2010.

[5] Primadani, R. A., *Prototipe Monitoring Overload Transformator Distribusi Menggunakan Mikrokontroler*, *Tugas Akhir*, Program D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2014.

[6] Karim, Sujatmiko, *Transformator Distribusi Dan Metode Monitoring Gardu Distribusi Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, PT. PLN (Persero), Jakarta, 2010.

[7], *SPLN D3.002-1:2007 Spesifikasi Transformator Distribusi Bagian 1*, PT. PLN (Persero), Jakarta, 2007.

[8] Joe P., *Fundamental Principles Of Transformer Thermal Loading And Protection*, 20010 Texas A&M Relay Conference, pp. 4, 2010.

[9] Syahwil, M., *Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino*, Andi. Yogyakarta, 2013.

[10], *Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal*, Maxim Integrated Products Inc., Datasheet, 2015.

[11], *Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*, Allegro MicroSystems Inc., Datasheet, Worcester, 2012.

[12], *16 x 2 Character LCD*, Vishay Intertechnology, Datasheet, 2008.

[13], *Earth Leakaque Circuit Breaker*, Schneider Electric , Datasheet, Lyon, 2007.

[14], *SIM900 GSM/GPRS Shield*, Itead Studio, Datasheet, Shenzhen, 2011.

[15] Turban, E., *Decision Support System and Intelligent System*, Andi, Yogyakarta, 2009.

[16] Prahasta, E., *Konsep-Konsep Dasar SIG*, Informatika, Bandung, 2002.

[17] Kadir, A., *Pengenalan Sistem Informasi*, Andi, Yogyakarta, 2003.

[18] Winarno, E., *Pemrograman Web Berbasis Html 5, Php, dan Javascript*, Elex Media Komputindo, Yogyakarta, 2014

[19] Shodiq, Amri, *Tutorial Dasar Pemrograman Google Maps API*, Andi, Yogyakarta, 2010.

[20] Taryo, A., *Langkah Mudah Upload dan Edit File di IDhostinger*, Elex Media Komputindo, Yogyakarta. 2012.