

RANCANG BANGUN PROTOTIPE PROTEKSI SISTEM DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH BERBASIS MIKROKONTROLER VIA WI-FI DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

Ilham Caesar Pamungkas¹, Prasetyo Iswahyudi², Supriyanto³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Listrik Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email : caesarpamungkas@gmail.com

Abstrak

Sistem distribusi tegangan rendah adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berada di antara sumber daya listrik dan pemakai tenaga listrik. Untuk menjaga kontinuitas pelayanan distribusi daya, kondisi-kondisi tertentu perlu pengendalian. Dalam penelitian ini, pengendalian dilakukan apabila terjadi tegangan tidak stabil (*dip and swell voltage*) pada saluran tegangan rendah, kondisi beban lebih (*overload*), dan suhu lebih (*over temperature*) pada transformator distribusi.

Langkah-langkah metode untuk rancang bangun ini adalah analisis, perancangan, pembuatan, dan pengujian. Dengan memanfaatkan jaringan *wi-fi* sebagai sarana pengiriman data saat terjadi gangguan menuju komputer server dimana mikrokontroler mendapatkan informasi dari sensor tegangan, sensor arus, dan sensor suhu. Pengiriman dilakukan saat arus beban sudah melebihi batas maksimal yaitu 0,62 A serta suhu yang melebihi 42°C.

Dalam rancang bangun ini, jika saat terjadinya gangguan dan tidak ada penanganan apapun terhadap sistem distribusi listrik maka beban akan dimatikan secara otomatis.

Kata kunci : *Dip and Swell Voltage, Overload, Over Temperature, Internet of Things*

I. PENDAHULUAN

Politeknik Penerbangan Surabaya adalah institusi pendidikan dibawah Kementerian Perhubungan dan dinaungi oleh Badan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Perhubungan Udara yang mendidik dan mengasuh taruna sehingga dapat menjadi insan penerus bangsa dalam bidang penerbangan.

Politeknik Penerbangan Surabaya memiliki tujuh program studi, salah satunya adalah Diploma III Teknik Listrik Bandar Udara. Program studi ini mempelajari sistem kelistrikan di suatu bandar udara mulai dari sistem pembangkitan, transmisi distribusi, peralatan kelistrikan penerbangan, sistem proteksi, dan sistem penerangan bandar udara. Terdapat berbagai mata kuliah yang

diberikan, salah satu diantaranya adalah sitem transmisi distribusi.

Pada dasarnya, sistem transmisi distribusi merupakan sebuah jaringan listrik dari pembangkit menuju ke konsumen, dimana berawal dari daya besar menjadi daya konsumsi dengan melalui berbagai proses kelistrikan. Keseluruhan sistem penyaluran listrik pasti dibutuhkan oleh masing-masing konsumen, baik konsumen daya tinggi, menengah maupun rendah.

Peralatan utama jaringan distribusi tenaga listrik adalah transformator distribusi dan jaringan tegangan rendah. Transformator distribusi merupakan pangkal peralatan distribusi yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik. Fungsi dari transformator distribusi adalah menurunkan

tegangan dari tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 380/220 V. Sedangkan jaringan tegangan rendah memiliki peranan sebagai penyalur daya dari transformator distribusi ke konsumen. Karena fungsinya yang penting, pada transformator distribusi dan jaringan tegangan rendah harus dilakukan pemeliharaan secara maksimal agar kerusakan yang terjadi dapat diminimalkan.

Kerusakan pada transformator distribusi dan jaringan tegangan rendah akan menyebabkan kontinuitas pelayanan terhadap pengguna jasa perhubungan terganggu sehingga terjadi pemadaman atau pemutusan aliran listrik. Faktor-faktor penyebab kerusakan sistem distribusi adalah tegangan tidak stabil (*dip and swell voltage*), arus beban lebih (*overload*), dan suhu lebih (*over temperature*).

Dip and swell voltage merupakan gangguan listrik pada keluaran transformator yang diakibatkan oleh tegangan primer dan tegangan sekunder yang tidak stabil serta dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan elektronik. Selain itu, *dip and swell voltage* juga dapat disebabkan akibat efisiensi tegangan yang melebihi batas nominal seharusnya.

Overload terjadi karena beban yang terpasang pada transformator melebihi kapasitas maksimum dari transformator yang terpasang dimana arus beban melebihi arus beban penuh dari transformator. Transformator juga mengalami *overload* walaupun arus beban belum melebihi arus beban penuh dikarenakan suhu transformator sudah melebihi batas yang diijinkan. Agar distribusi dapat berlangsung dengan baik diperlukan usaha pemeliharaan dan antisipasi kerusakan pada transformator itu sendiri.

Over temperature diakibatkan oleh suhu lingkungan yang tidak mendukung serta suhu dari transformator yang tinggi dikarenakan dari akibat dampak beban berlebih.

Dari beberapa hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa apabila terjadi salah satu permasalahan pada sistem jaringan distribusi tenaga listrik maka dapat dipastikan akan menyebabkan gangguan pada peralatan listrik yang terhubung pada sistem. Hal ini tentunya akan sangat merugikan karena jika dibiarkan terus menerus gangguan akan menyebabkan umur transformator distribusi berkurang dan tegangan keluaran menjadi semakin tidak stabil. Untuk itu perlu adanya suatu metode baru sebagai tindakan preventif terhadap jaringan distribusi untuk mengurangi kerugian akibat hal tersebut.

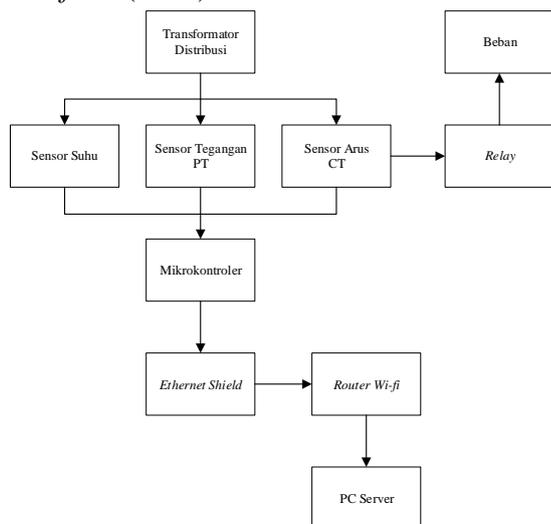
Sistem proteksi adalah sistem kerja yang berfungsi sebagai pelindung (*protection*) terhadap jaringan distribusi tenaga listrik apabila terjadi masalah. Sistem ini juga merupakan salah satu aspek pada mata kuliah transmisi distribusi (TRD) untuk program studi teknik listrik bandar udara. Oleh karena itu, peralatan ini penting sebagai penunjang kompetensi para taruna di Politeknik Penerbangan Surabaya, khususnya taruna teknik listrik bandar udara.

II. METODE

Peneliti merancang suatu sistem kontrol dan monitoring terpusat untuk memudahkan teknisi listrik dalam melakukan pemeliharaan terhadap sistem jaringan tegangan rendah utamanya transformator distribusi serta mempermudah dalam mengetahui apabila terjadi gangguan *dip and swell voltage*, *overload*, dan atau *over temperature* secara *real time*.

Pada jaringan distribusi listrik akan dimonitoring tegangan, arus beban, dan suhu pada *body* transformator distribusi menggunakan mikrokontroler yang terhubung pada *relay* sebagai pengontrol dan jaringan *wi-fi* sebagai media pengiriman data serta menggunakan tampilan kendali (*layout control*) pada *personal computer* atau yang

lebih sering disebut *Human Machine Interface (HMI)*.



Gambar 1 Blok diagram rancangan alat

Konsep rancangan alat yang akan dibuat nantinya adalah pengontrolan dan monitoring gangguan-gangguan transformator yang terjadi pada jaringan distribusi listrik menggunakan mikrokontroler dengan memanfaatkan jaringan *wi-fi*.

Dalam rancangan ini, pemeliharaan dan analisa terhadap gangguan pada transformator distribusi masih dilakukan secara manual. Dari keadaan manual tersebut, nantinya akan dibuat sebuah sistem yang dapat mengontrol dan memonitoring transformator pada jaringan distribusi listrik secara terpusat.

Tegangan keluaran dari transformator distribusi akan diproses oleh mikrokontroler untuk mengetahui terjadinya *dip voltage* atau *swell voltage*. Begitu pula pada arus beban yang mengalir dari transformator distribusi menuju beban yang akan diproses oleh mikrokontroler. Selain itu, suhu pada *body* transformator juga akan dikontrol karena *overload* dapat terjadi oleh gangguan berupa arus beban lebih atau suhu lebih. Apabila nominal tegangan termasuk dalam kategori *dip voltage* atau *swell voltage* maka akan mengirimkan data berupa alarm peringatan.

Selain itu pula, apabila arus beban atau suhu *body* transformator melebihi batas

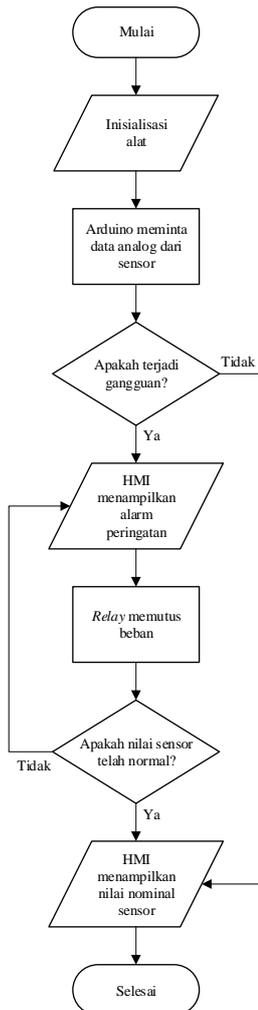
toleransi maka *relay* pada keluaran dari mikrokontroler akan memutuskan daya listrik yang menuju beban. Sensor tegangan, sensor arus, dan sensor suhu memberikan data ke personal computer dengan bantuan mikrokontroler dan memanfaatkan jaringan *wi-fi*. Mikrokontroler mengubah data analog menjadi data digital sehingga nantinya dapat dieksekusi. Kemudian data dikirim menuju modul *relay* aktif yang terhubung ke beban sehingga dapat mematikan sementara beban. Mematikan beban tersebut berdasarkan data analog berupa besaran nominal arus beban dan suhu yang telah diproses oleh mikrokontroler.

Sensor tegangan, sensor arus, dan sensor suhu pada sistem ini berfungsi untuk mendeteksi tegangan keluaran, arus yang menuju beban, dan suhu transformator distribusi. Mikrokontroler berfungsi untuk mengubah masukan berupa data analog menjadi keluaran berupa data digital. Apabila distribusi daya listrik menuju beban maka sensor tegangan dan sensor arus akan mendeteksi besaran tegangan dan arus yang mengalir. Sensor suhu akan mendeteksi nominal panas yang terjadi pada *body* transformator pada saat tegangan dan arus mengalir.

Hasil dari deteksi tegangan, arus, dan suhu tersebut akan dikirim menuju mikrokontroler. Setelah diproses dalam mikrokontroler maka hasil pengukuran akan diteruskan menuju *ethernet shield* untuk dirubah menjadi data komunikasi yang kemudian diterima oleh *personal computer* melalui media pengiriman data berupa jaringan *wi-fi*.

Memanfaatkan jaringan *wi-fi* sebagai sarana peringatan pada teknisi listrik saat terjadi gangguan merupakan salah satu metode yang memungkinkan untuk dilakukan. *Wi-fi* dipilih karena mempunyai kehandalan dalam pengiriman sinyal secara cepat dan

tidak terbatas waktu sehingga respon jika terjadi gangguan akan lebih cepat ditangani oleh pihak terkait yang berdampak lebih baik pada pelayanan distribusi tenaga listrik. Sehingga respon jika terjadi perubahan nilai tegangan, beban, dan arus yang tidak wajar akan lebih cepat ditangani oleh pihak terkait sehingga pelayanan distribusi tenaga listrik menjadi lebih baik.



Gambar 2 Flowchart kerja rancangan alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai hasil rancang bangun simulasi proteksi sistem distribusi tegangan rendah. Hasil dan pembahasan pada bab ini akan dilakukan dengan pengujian perangkat keras (*hardware*) pada setiap bagian, pengujian perangkat lunak (*software*), dan pada tahap akhir akan dilakukan pengujian alat secara keseluruhan.

Tabel 1 Hasil pengujian sensor tegangan

Tegangan Alat	Tegangan pada Avometer	% Error
195,9	196	0,000510
200,2	200,3	0,000499
205,1	205,2	0,000487
215,6	215,3	0,001393
225	224,7	0,001335
230	230	0
235,1	234,6	0,002131

Sensor yang digunakan dalam kondisi normal dan dapat membaca tegangan yang mengalir. Data yang di-*sensing* oleh sensor ini, nantinya akan diolah oleh mikrokontroler hingga dapat ditampilkan melalui PC. Dari percobaan seperti gambar, alat ukur menunjukkan terdapat nilai rata-rata % *error* alat yaitu 0.0009078%.

Tabel 2 Hasil pengujian sensor arus

Beban (Watt)	Tang Ampere (A)	Tampilan di PC		
		Sensor CT 1	Sensor CT 2	Sensor CT 3
25	0,13	0,17	0,17	0,17
40	0,21	0,19	0,19	0,19
60	0,32	0,29	0,28	0,29
100	0,53	0,54	0,54	0,54
125	0,67	0,75	0,76	0,75
140	0,75	0,79	0,81	0,80
160	0,86	0,94	0,91	0,94
200	1,07	1,18	1,15	1,18
300	1,60	1,96	1,94	1,97

Dari perbandingan pengukuran arus antara tang ampere dengan tampilan PC, didapatkan nilai *error* pada sensor arus. Nilai *error* untuk sensor arus tidak lebih dari 10% sehingga sensor arus masih layak untuk digunakan.

Tabel 3 Hasil pengujian sensor suhu DS18B20

Suhu (°C)	V _{out} (mVolt)	Tampilan di PC (°C)
30,7	322,5	32,5
31,8	331	33,3
32,9	342	34,5
34,5	362	36,2
35,6	373	37,3
36,7	384	38,5
37,8	392	39,6
39,5	404,7	40,9
41,9	421,8	43,2
43,5	440,2	44,7

Dari hasil pengujian, didapatkan kesimpulan bahwa sensor suhu DS18B20 berada pada kondisi baik.

Tabel 4 Hasil pengujian kontaktor

Indikator	Keterangan
Kontaktor ON	Lampu menyala
Kontaktor OFF	Lampu mati

Ketika kontaktor dialiri tegangan sumber 220 V_{AC}, mekanisme kontak NO (*Normally Open*) akan menutup. Maka timbul suara dari kontaktor yang berarti kontaktor sedang bekerja atau *energize*. Selain ditandai dengan suara kontaktor, bersamaan pula beban lampu untuk pengujian akan menyala. Hal tersebut menyimpulkan bahwa kontaktor bekerja dengan baik.

IV. PENUTUP

Dari hasil pengujian dan pengukuran terhadap alat rancang bangun simulasi proteksi sistem distribusi tegangan rendah yang dibuat sebagai penelitian, peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran sensor tegangan, arus, dan suhu telah di uji coba secara *real time* dengan baik dan hasilnya sesuai.
2. Sistem kontrol dan monitoring dari jarak jauh melalui *wi-fi* telah berhasil beroperasi secara manual maupun otomatis.

Berdasarkan pengujian alat keseluruhan setelah diadakan sepuluh kali uji coba, alat mampu 99.9% bekerja dengan baik. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa prototipe sistem monitoring serta pengendalian kegagalan jaringan tegangan rendah berhasil direalisasikan dengan baik.

Dari kesimpulan yang telah ada, beberapa saran dari peneliti tentang alat yang telah dibuat agar kedepannya dapat lebih baik lagi adalah sebagai berikut :

1. Untuk peneliti selanjutnya dapat menggantikan mikrokontroler Arduino Uno R3 dengan mikrokontroler yang

memiliki kehandalan lebih baik seperti Raspberry Pi.

2. Untuk peneliti selanjutnya dapat menambahkan proteksi hubung singkat atau *short circuit* dengan menggunakan MCB sebagai pengamanan.
3. Untuk peneliti selanjutnya dapat meningkatkan sistem kontrol dan monitoring secara *online* maupun *offline* lebih baik lagi.
4. Untuk peneliti selanjutnya, penggunaan interface pada *Personal Computer* (PC) bisa digantikan fungsi kegunaannya menggunakan program tertentu melalui *portable gadget* agar setiap saat dapat memantau kondisi sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adisuwito, Dedy Widhianto. 2008. *Simulasi dan Analisa Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi untuk Identifikasi Beban Lebih dan Estimasi Rugi-rugi pada Jaringan Tegangan Rendah pada PLN UJ Darmo Permai APJ Surabaya Selatan*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- [2] Ariwibowo, Cahyo. 2009. *Trafo Distribusi pada Jaringan Tegangan Menengah 20kV di PT. PLN (Persero) UPJ Semarang Selatan*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [3] Cahyono, Bambang. 2014. *Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [4] Dinata, Yuwono Marta. 2016. *Arduino itu Pintar*. Jakarta: Kompas Gramedia.
- [5] Hartiningtyas, Nanda Eka. 2014. *Monitoring Tegangan Dip dan Swell pada Saluran Tegangan Rendah Menggunakan Mikrokontroler*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [6] Kadir, Abdul. 2016. *Scratch for Arduino*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [7] Kadir, Abdul. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler*

dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino. Yogyakarta: Penerbit Andi.

- [8] Marsudi, Djiteng. 2011. *Pembangkitan Energi Listrik Edisi Kedua*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [9] Mubarak, Morhel. 2008. *Studi Keterandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20kV pada Gardu Hubung Kandis Kota Padang*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [10] Petroustos, Eduar. 2015. *Microsoft Visual Studio 2015*. Jakarta: Penerbit Gramedia.
- [11] Prayoga, Aditya. 2010. *Transformer*. Depok: Universitas Indonesia.
- [12] Primadani, Ririf Annisa. 2014. *Monitoring Overload Transformator Distribusi Menggunakan Mikrokontroler*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [13] Sayogo, Bartien. 2014. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*. Jakarta: Kementerian Energi & Sumber Daya Mineral.
- [14] Suhadi. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 3*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- [15] Sumardjati, Pih. 2008. *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- [16] Strzalka, Katarzyna. 2009. *Overload Capacity of Power Transformers*. Kraków: AGH University of Science & Technology.
- [17] Syafriyudin. 2011. *Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20kV di APJ Yogyakarta*. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi Akprind.