

# SISTEM MONITORING TRANSFORMATOR DISTRIBUSI BERBASIS XBEE PRO

Kartika<sup>1</sup>, Misriana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: kartika\_munir@yahoo.com<sup>1</sup>, misriana@pnl.ac.id<sup>2</sup>

**Abstrak** – Transformator distribusi merupakan salah satu bagian dari sistem penyaluran tenaga listrik, transformator yang paling dekat dengan pelanggan, jika terjadi kegagalan pada transformator ini akan langsung terasa oleh pelanggan. Sehingga untuk menjamin ketersediaan penyaluran tenaga listrik, transformator ini harus dijaga dan dipelihara dengan seksama. Pada artikel ini melaporkan pemantauan transformator distribusi dengan memonitor unbalance tegangan, kelebihan beban, unbalance arus dan suhu minyak transformator. Untuk memperoleh nilai tegangan menggunakan sensor ZNMPT101B, memperoleh nilai arus dengan sensor SCT013-00 dan untuk nilai suhu minyak transformator dengan suhu DS18B20. Sedangkan untuk mengirimkan nilai ke tempat lain menggunakan transmisi XBee Pro. Setelah dilakukan pembuatan alat, maka rerata kesalahan pembacaan tegangan 1,5 %, rerata kesalahan pembacaan arus 8,01 % dan kesalahan pembacaan suhu sebesar 1,3 %. Alat ini dapat melakukan pemantauan unbalance tegangan sampai dengan 5 %, kelebihan beban sampai dengan 80 % dari kapasitas transformator dan pengiriman data sampai dengan 40 meter.

**Kata-kata kunci:** Transformator, ZMPT101B, SCT013, DS18B20, Arduino Uno, XBee

## I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik berfungsi untuk menyalurkan energi listrik secara andal dan terus menerus dari sistem transmisi menuju ke beban atau pelanggan. Sistem merupakan sebagai kumpulan sejumlah sub-sistem atau komponen-komponen yang yang saling berhubungan satu sama lain guna untuk menjalankan fungsi tertentu[1]. Pada sebuah sistem penyaluran energi listrik, mulai dari pembangkit sampai ke pelanggan, yang paling banyak ditemukan adalah transformator distribusi.

Transformator distribusi berperan dalam menyalurkan energi ke pelanggan dari jaringan transmisi dengan tegangan 20 kV ke jaringan distribusi dengan tegangan 380V/220 V, transformator distribusi ini disebut juga dengan transformator penurun tegangan. Transformator distribusi ini langsung berhubungan dengan pelanggan. Jika terjadi gangguan pada transformator ini, maka secara langsung pelanggan juga terdampak dari gangguan tersebut. Dan juga transformator distribusi ini, sangat sering terjadi gangguan, karena yang paling dekat untuk merasakan perubahan beban yang terjadi.

Banyaknya pelanggan yang tersambung dengan transformator distribusi tergantung dengan kapasitas dari transformator tersebut, misal kapasitas 250kVA dan rata rata kapasitas daya yang terpasang pada pelanggan 1300 VA, maka ada 567 pelanggan yang akan merasakan gangguan tersebut. Seandainya, terjadi gangguan pada sebuah transformator distribusi, maka sebanyak 567 buah rumah akan langsung merasakan akibat dari gangguan tersebut.

Uraian latar belakang diatas, maka kami melaporkan pada artikel ini, bagaimana caranya memonitor gangguan yang terjadi pada transformator distribusi dengan cara memonitor keadaan beban yang disalurkan ke pelanggan. Jika gangguan tersebut sering-sering terjadi pada transformator distribusi tersebut, akan menyebabkan transformator terjadi kerusakan permanen. Pada artikel ini, yang dilakukan monitor adalah tegangan tidak seimbang, arus tidak seimbang dan suhu minyak transformator.

Pemantauan dari tegangan tidak seimbang menggunakan sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus SCT-013-000 dan sensor suhu DS18B20, dan sebagai transmisi ke sistem yang lain menggunakan XBee pro. Tujuan dari artikel ini adalah membuat sebuah alat yang mampu untuk mendeteksi gangguan yang terjadi pada transformator distribusi dan mengirimkan ke media yang lainnya dengan menggunakan transmisi XBee pro.

### A. Transformator Distribusi

Transformator distribusi merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Kerusakan pada transformator distribusi menyebabkan kontinuitas pelayanan terhadap konsumen akan terganggu (terjadi pemutusan aliran listrik atau pemadaman). Pemadaman merupakan suatu kerugian yang menyebabkan biaya-biaya pembangkitan akan meningkat tergantung harga kWh yang tidak terjual. Pemilihan rating transformator distribusi yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban akan menyebabkan efisiensi menjadi kecil, begitu juga penempatan lokasi transformator distribusi yang tidak

cocok mempengaruhi drop tegangan ujung pada sisi konsumen atau jatuh tegangan ujung saluran. Transformator merupakan komponen elektromagnet yang dapat merubah tegangan tinggi ke rendah atau sebaliknya dengan frekuensi yang sama, Gambar 1, menampilkan bentuk fisik dari transformator distribusi yang sedang dipasangkan.



Gbr. 1 Transformator Distribusi

Transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan transmisi menengah 20kV ketegangan distribusi 220/380V. Komponen Trafo Distribusi :

1. Kumputan Tersier : selain primer dan sekunder ada beberapa trafo yang dilengkapi dengan kumputan ketiga atau tertiary winding . Ini diperlukan untuk memperoleh tegangan tersier atau untuk kebutuhan lain. Kumputan tersier sering dipergunakan juga untuk penyambungan peralatan bantu seperti kondensator synchrone, kapasitor shunt dan reactor shunt.
2. Media pendingin : Minyak trafo harus memenuhi syarat diantaranya :
  - a. Ketahanan isolasi ( >10kV/mm )
  - b. Berat jenis harus kecil
  - c. Viskositas Rendah
  - d. Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan
  - e. Tidak merusak bahan isolasi
3. Tap changer (perubah tap): merupakan perubah perbandingan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder sesuai yang diinginkan dari tegangan jaringan / primer yang berubah-ubah. Tap changer dapat dioperasikan baik dalam keadaan berbeban(on-load) atau dalam keadaan tak berbeban (off load), tergantung jenisnya.

Transformator distribusi dapat dipasang diluar ruangan (pemasangan diluar) dan dapat dipasang diruangan (pemasangan dalam) tergantung kepada keadaan lokasi beban. Pemeliharaan merupakan salah satu komponen yang secara langsung mendukung keandalan, daya mampu serta mutu produksi dari suatu peralatan. Pemeliharaan tidak saja merupakan pekerjaan

pisik yang langsung terhadap peralatan yang bersangkutan, tetapi diperlukan suatu perencanaan yang baik dan pengawasan terhadap pelaksanaannya, sehingga dengan demikian pemeliharaan akan dapat dilakukan dengan teratur dan sesuai dengan ketentuan-ketentuan, petunjuk-petunjuk yang berlaku.

## B. Gangguan pada Transformator

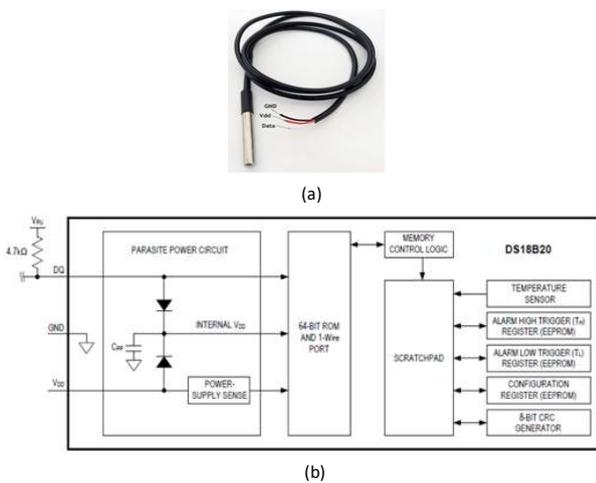
Transformator dapat mengalami gangguan-gangguan yang dikelompokkan pada 2 (dua) bagian, yaitu :

1. Gangguan internal
  1. Terjadinya busur api yang kecil dan pemanasan lokal yang akan disebabkan oleh :
    - a. Cara penyambungan kumputan yang kurang baik.
    - b. Kerusakan isolasi dari penjepit inti
  2. Gangguan pada sistem pendingin  
Gangguan tersebut diatas akan menyebabkan terjadinya pemanasan lokal tetapi tidak mempengaruhi suhu transformator secara keseluruhan. Gangguan ini tidak dapat terdeteksi dari terminal transformator karena keseimbangan arus tegangan tidak berbeda dengan kondisi normal .
  3. Gangguan hubung singkat  
Pada umumnya gangguan ini dapat segera terdeteksi karena akan selalu timbul arus/tegangan yang tidak normal/tidak seimbang, jenis gangguan ini antara lain :
    - Hubung singkat fasa ke tanah
    - Hubung singkat antar fasa pada kumputan yang sama
    - Gangguan pada terminal transformator
2. Gangguan Eksternal
  1. Gangguan hubung singkat diluar transformator ini biasanya dapat segeradideteksi karena timbulnya arus yang sangat besar, dapat mencapai beberapa kali arus nominalnya, seperti:
    - Hubung singkat di rel
    - Hubung singkat pada penyulang(feeder )
    - Hubung singkat pada incoming feeder transformator tersebut
  2. Beban lebih  
Transformator dapat beroperasi secara terus menerus pada arus beban nominalnya. Apabila beban yang dilayani lebih besar dari 100%, maka akan terjadi pembebanan lebih. Hal ini dapat menimbulkan pemanasan yang berlebih. Kondisi ini mungkin tidak akan menimbulkan kerusakan, tetapi apabila berlangsung secara terus menerus akan memperpendek umur isolasi.
  3. Gelombang Surya  
Gelombang surya dapat terjadi karena cuaca, yaitu petir yang menyambar jaringan transmisi atau distribusi dan kemudian akan merambat ke gardu terdekat dimana transformator terpasang. Walaupun hanya terjadi dalam kurun waktu sangat singkat (beberapa puluh mikrodetik), akan tetapi karena tegangan puncak yang dimiliki

cukup tinggi dan energi yang dikandungnya besar, maka ini dapat menyebabkan kerusakan pada transformator.

C. Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC. Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12-bit, rentang -55°C hingga 125°C dengan ketelitian (+/-0.5°C ). Setiap sensor yang diproduksi memiliki kode unik sebesar 64-Bit yang disematkan pada masing-masing chip, sehingga memungkinkan penggunaan sensor dalam jumlah besar hanya melalui satu kabel saja (single wire data bus/1-wire protocol). Gambar 2, a) menampilkan bentuk fisik dari sensor DB18B20 dan b) blok diagram dari sensor DB18B20.



Gbr. 2 (a) Bentuk Fisik Sensor DB18B20  
(b) Blok Diagram Sensor

Karakteristik dari sensor suhu DS18B20, sebagai berikut:

1. Antarmuka hanya menggunakan satu kabel sebagai komunikasi (menggunakan protokol Unique 1-Wire)
2. Setiap sensor memiliki kode pengenalan unik 64-bit yang tertanam di onboard ROM
3. Kemampuan multidrop yang menyederhanakan aplikasi penginderaan suhu terdistribusi
4. Tidak memerlukan komponen tambahan
5. Juga bisa diumpangkan daya melalui jalur datanya. Rentang dayanya adalah 3.0V hingga 5.5V
6. Bisa mengukur temperatur mulai dari -55°C hingga +125 °C
7. Memiliki akurasi +/-0.5 °C pada rentang -10 °C hingga +85 °C
8. Resolusi sensor bisa dipilih mulai dari 9 hingga 12 bit
9. Bisa mengkonversi data suhu ke 12-bit digital word hanya dalam 750 milidetik (maksimal)
10. Memiliki konfigurasi alarm yang bisa disetel (nonvolatile)

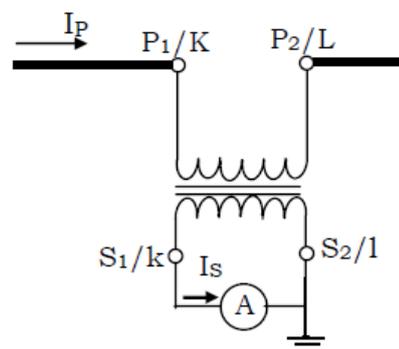
11. Bisa digunakan untuk fitur pencari alarm dan alamat sensor yang temperaturnya diluar batas (temperature alarm condition)
12. Penggunaannya bisa dalam lingkungan kendali termostatis, sistem industri, produk rumahan, termometer, atau sistem apapun yang memerlukan pembacaan suhu

D. Sensor Arus

Current Transfomer (CT) adalah sebuah sensor yang dapat mengukur arus listrik,CT merupakan perantara pengukuran arus dimana keterbatasan kemampuan baca alat ukur. Misal pada sistem saluran tegangan tinggi.CT selain digunakan sebagai media pembacaan juga digunakan dalam sistem proteksi tenaga listrik. Sistem proteksi dalam sistem tenaga listrik sangatlah kompleks sehingga CT itu sendiri dibuat dengan spesifikasi dan kelas yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan sistem yang ada. selain itu, CT juga sering di impementasikan pada sebuah aplikasi pengukur daya (kWh) digital/token.

Modul sensor arus SCT-013 yang mudah dicopot dan dipasang pada suatu beban rangkaian hanya dengan dipasang pada salah satu kabel saja. Dikarenakan menggunakan sistem non kontak terhadap rangkaian listrik yang juga disebut dengan sistem non-Invasive. SCT-013 tidak dimasukan ke dalam bagian rangkaian. Module sensor SCT-013 tergolong ke current transformator Sensor yang ditujukan untuk khusus mengukur arus AC.

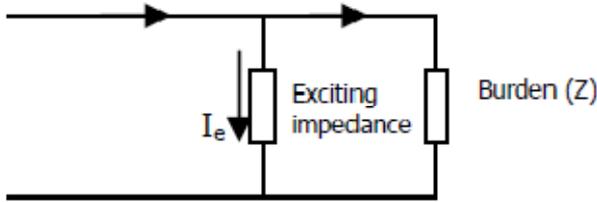
Trafo arus/Current Transformers terdiri dari belitan primer, belitan sekunder dan inti maknetik. Jika arus primer yang masuk ke CT ke teminal P<sub>1</sub>/K dan arus yang mengalir ke sekunder dinamakan terminal S<sub>1</sub>/k, seperti terlihat pada gambar 1 (lihat arah arus sekunder I<sub>s</sub> yang masuk ke ampere meter). Selanjutnya terdapat terminal kedua pada CT disisi primer yaitu P<sub>2</sub>/L adalah terminal yang arusnya diperoleh dari P<sub>1</sub>/k yang dialirkan ke beban dan S<sup>2</sup>/l sisi sekunder adalah terminal yang arusnya diperoleh dari S<sub>1</sub>/k[2].



Gbr. 3 Rangkaian equivalent CT

Pada Gambar 3 terlihat arus yang masuk ke sekunder (I<sub>s</sub>) diperoleh dari arus primer (I<sub>p</sub>), yang diasumsikan arus dari primer tidak ada error (kesalahan). Dalam kenyataannya arus primer yang masuk ke sekunder sebagian akan masuk ke inti

maknetik yang terdapat pada sekunder tersebut, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gbr. 4 Rangkaian Equivalent

E. Burden

Beban yang dihubungkan ke sekunder dikatakan sebagai burden, dimana trafo arus dengan batasannya dapat menampung beban pada sisi sekunder. Beban ini dinyatakan dalam ohm impedansi atau VA. Misal burden impedansi 0,5 ohm dapat di ekspresikan juga pada 12,5 VA dengan arus 5 A. Sebagai pengaman pada CT, khususnya di klas proteksi perlu membatasi arus yang besar yang masuk ke CT, sesuai standar IEC untuk membatasi arus bolak-baik yang simetris adalah 5P atau 10P.

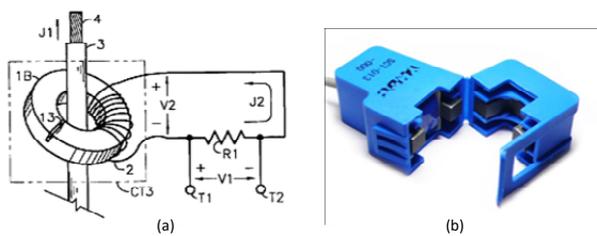
Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada bagian CT terdapat kumparan yang berfungsi untuk menurunkan rasio arus. Untuk menentukan nilai dari burden resistor CR1, terlebih dahulu harus menentukan arus puncak utama dan arus puncak ke dua seperti Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$Arus\ puncak\ utama = Arus\ RMS \times \sqrt{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$Arus\ puncak\ kedua = \frac{Arus\ puncak\ pertama}{jumlah\ lilitan} \dots\dots\dots (2)$$

Untuk menghitung nilai burden resistor yang ideal untuk digunakan dapat dilihat pada persamaan 3.

$$Burden\ resistor\ ideal = \frac{Tegangan\ Reverensi}{Arus\ puncak\ ke\ dua} \dots\dots\dots (3)$$

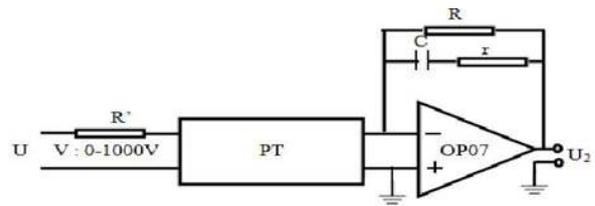


Gbr. 5 (a) Rangkaian CT. (b) Bentuk CT[2]

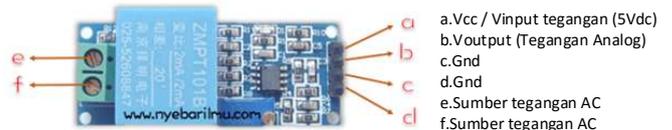
F. Sensor ZMPT101B

Mendeteksi nilai tegangan digunakan sensor ZMPT101B. Sensor ini terdiri atas trafo step down ZMPT101B yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari PLN menjadi tegangan yang dapat dibaca oleh mikrokontroler yaitu 0-5 Volt. Gambar 6, berikut merupakan skematik sensor tegangan ZMPT101B dan

Gambar 7, menampilkan bentuk fisik dan fungsi pin dari sensor ZMPT101B.



Gbr. 6 Skematik Sensor tegangan ZMPT101B



Gbr. 7 Bentuk fisik dan fungsi pin

Sensor ZMPT101b merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk melakukan monitoring terhadap parameter tegangan, serta dilengkapi dengan keunggulan memiliki sebuah ultramicro voltage transformer, akurasi tinggi dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan.

Beberapa hal yang dapat dilakukan dengan menggunakan sensor tegangan ZMPT101b ini diantaranya adalah:

- a. Sebagai sensor untuk mendeteksi arus lebih.
- b. Sebagai ground fault detection.
- c. Pengukuran besaran listrik.
- d. Sebagai perangkat untuk analog to digital converter.

ZMPT101B memiliki spesifikasi pada Tabel 1.

Tabel I  
Spesifikasi Elektrik ZMPT101B

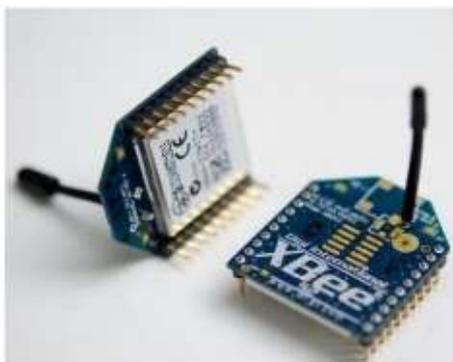
Spesifikasi Elektrik	
Arus Primer	2 mA
Arus Sekunder	2 mA
Rasio Balik	1000:1000
Jarak Arus	0 – 3 mA
Linearitas	0.1%
Tingkat Akurasi	0.2
Nilai Beban	≤ 200 Ω
Range Frekuensi	50-60 Hz
Resistansi DC 20oC	110 Ω

G. XBee

XBee merupakan modul RF yang didesain dengan standard protocol IEEE 802.15.4 dan sesuai dengan kebutuhan sederhana untuk jaringan wireless. Kelebihan utama yang menjadikan XBee sebagai komunikasi serial nirkabel karena XBee memiliki konsumsi daya yang

rendah yaitu hanya 3,3 V dan beroperasi pada rentang frekuensi 2,4 GHz.

Modul RF ZigBee/XBee yang terdiri dari firmware ZigBee yang dimuat ke perangkat XBee S2C dan Pro S2C. Modul RF ZigBee menyediakan konektivitas nirkabel ke perangkat titik akhir di jaringan ZigBee, dengan menggunakan set fitur zigbee, modul ini dapat dioperasikan antar perangkat Zigbee lainnya, termasuk perangkat dari vendor lain. Dengan XBee pengguna dapat mengaktifkan jaringan zigBee mereka dalam hitungan menit tanpa konfigurasi atau pengembangan tambahan. Modul RF ZigBee XBee kompatibel dengan perangkat lain yang menggunakan teknologi ZigBee XBee, termasuk gateway connect PortX, Adaptor XBee dan XBee Pro, Router, Sensor XBee, dan produk lainnya dengan nama ZB, bentuk fisik dari XBee seperti terlihat pada Gambar 8.



Gbr. 8 Bentuk fisik XBee

Standar protokol XBee sama dengan standar Bluetooth. Manufaktur perangkat suatu pabrik sepenuhnya support dengan standar XBee yang dapat berkomunikasi dengan perangkat XBee buatan pabrik lainnya. contohnya, Bluetooth headset motorola yang dapat berkomunikasi dengan Apple iPhone, saklar lampu Centalite XBee dapat berkomunikasi dengan kunci pintu Black & Decker.

Dalam melakukan komunikasi dengan perangkat lainnya XBee mampu melakukan komunikasi dengan dua macam komunikasi yang berbeda, tergantung dari perangkat apa yang dihubungkan dengan modul XBee. Komunikasi dapat dilakukan dengan menggunakan jaringan wireless dan komunikasi secara serial.

XBee S2 dapat mengimplementasikan mesh networking karena pada XBee S2 tiap module XBee dapat ditentukan perannya dalam suatu topologi jaringan yang hendak kita bangun. Peran yang dimaksud adalah sebagai Coordinator, Router maupun End-Device.

Untuk melakukan setting pada XBee, dibutuhkan XBee adapter, yaitu suatu adapter yang berisi chip converter FTDI to serial untuk mengupload firmware pada XBee. XBee ini unik karena memiliki ukuran pin yang tidak biasa, sehingga memerlukan breakout board untuk dapat mengoperasikannya pada breadboard pada umumnya.

## II. METODOLOGI

Perancangan yang dilakukan terhadap sistem dimulai dari perancangan hardware, perancangan software dan pengujian alat sesuai dengan yang telah ditetapkan dalam perancangan. Pada prinsipnya rancangan yang sistematis akan memberikan kemudahan dalam pembuatan alat.

Memudahkan dalam proses pengerjaan merancang alat maka harus membuat diagram kerja dari keseluruhan sistem. Blok diagram berfungsi memudahkan dalam menjelaskan sistem kerja perangkat yang dibuat dan menjelaskan secara global mengenai sistem yang dirancang. Berikut adalah blokdiagram alat yang dirancang pada Gambar 9.



Gbr. 9 Blok diagram alat monitoring transformator distribusi

Berdasarkan gambar blok diagram diatas bagian dari tiap-tiap blok sebagai berikut:

1. Sensor DS18B20 akan mendeteksi suhu minyak dari transformator
2. Sensor ZMPT101B yang akan mendeteksi atau membaca nilai tegangan dari masing-masing fasa pada transformator.
3. Sensor CT untuk mendeteksi arus lebih pada beban masing-masing fasa dari transformator.
4. A1 (Arduino 1) berfungsi sebagai pengendali utama dari sensor-sensor yang digunakan untuk pendeteksi gangguan transformator dapat disebut juga sebagai otak dari rancang bangun sistem ini.
5. Tx XBee 1 yang menggunakan jaringan wireless dan komunikasi serial nirkabel yang mengirim data/sinyal.
6. Rx XBee 2 yang menangkap/menerima sinyal yang pancarkan oleh Tx XBee 1
7. A2 (Arduino 2) berfungsi sebagai pengendali dari sinyal yang dikirimkan oleh XBee 2
8. LCD 4x20 digunakan untuk menampilkan informasi terhadap hasil pendeteksi gangguan suhu, arus dan tegangan yang terdeteksi pada transformator.
9. LED digunakan sebagai lampu tanda bahwa terjadinya gangguan pada fasa transformator.

Berdasarkan blok rancangan sistem diatas dapat dijelaskan prinsip kerja dari alat pendeteksi gangguan pada transformator terdapat gangguan arus tegangan dan suhu, gangguan tegangan pada transformator yaitu unbalance voltage, unbalance arus dan kenaikan suhu pada transformator. Untuk mendeteksi terjadinya gangguan pada transformator sensor suhu, tegangan dan arus. Pada transformator dipasang sensor arus suhu dan tegangan, yang berguna untuk membaca nilai tegangan arus dan suhu yang melebihi batas nominal pada trafo. Sensor tegangan dapat membuat tegangan input berkurang 5 kali dari tegangan asli, sehingga sensor mampu membaca tegangan maksimal 25 volt. Sensor



$$= 100 \text{ A} \times 1,414$$

$$= 141,4 \text{ A}$$

YHDC SCT-013-000 CT mempunyai 2000 turns[4], jadi secondary peakcurrent dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Secondary peak current} = \frac{\text{Primary peak current}}{2000}$$

$$= \frac{141,4}{2000}$$

$$= 0,0707 \text{ A}$$

Dengan menggunakan arduino, nilai tegangan yang digunakan adalah 5 V. Menentukan nilai beban R yang ideal dapat menggunakan perhitungan (Aref/2)/secondary peak current, dimana nilai AREF adalah 5 volt. Jadi diperoleh nilai R yang cocok dipasangkan sebagai tahanan beban (burden) adalah :

$$\text{Tahanan burden} = \frac{\text{AREF}/2}{\text{secondary peak current}}$$

$$= \frac{2,5}{0,0707} = 35,4 \Omega$$

Karena nilai tahanan 35,4 Ω tidak ada dijual di pasaran, maka yang dipilih nilai tahanannya adalah 33 Ω ±1%.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian merupakan salah satu langkah penting yang harus dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat telah sesuai dengan yang direncanakan. Hal tersebut dapat diketahui dengan cara mengamati hasil pengujian dan pengukuran untuk kemudian di analisis agar dapat diketahui kekurangan dari kinerja sistem yang dibuat. Beberapa pengujian yang dilakukan pada alat pendeteksi gangguan pada transformator menggunakan XBee ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B
2. Pengujian Sensor Suhu DS10B20
3. Pengujian Sensor SCT013
4. Pengujian XBee1 dan XBee 2
5. Pengujian Alat Keseluruhan

#### A. Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

Pada alat pendeteksi gangguan pada trafo ini menggunakan sensor tegangan ZMPT101B, dimana untuk pengukuran tegangan pada masing-masing fasa yaitu fasa R,S,T menggunakan sensor. Pengukuran tegangan R,S,T pada pengkalibrasian tegangan dengan menggunakan alat ukur multimeter dan arduino. Setelah data yang diperoleh maka dilakukan perbandingan dan hitung untuk mengetahui keakuratan sensor tegangan. Untuk pengujian tegangan dengan menggunakan sensor ZMPT101B ini dihubungkan OUT nya pada Pin (A3) pada arduino uno, V<sub>CC</sub> pada Pin V<sub>CC</sub> + 5 VDC pada Arduino Uno dan Pin GND sensor ke GND pada Arduino.

Pengujian nilai tegangan dengan menggunakan alat ukur Voltmeter dengan menghubungkan V (volt)

pada alat ukur ke Sumber fasa pada transformator dan (Com) ke 0 / netral transformator. Untuk pengujian nilai tegangan ini dilakukan pada tiap-tiap fasa R, S, T.

Tabel 2, 3, dan data hasil nilai tegangan fasa R, S, dan T menggunakan sensor tegangan dan alat ukur voltmeter yang digunakan pada masing-masing fasa dari transformator.

Tabel II  
Hasil Tegangan ZMPT101B pada Fasa R

No	Pembacaan Tegangan Voltmeter (Volt)	Pembacaan Tegangan ZMPT101B (Volt)	Error (%)
1	66,2	64	3,323
2	65,9	65	1,365
3	65,9	64	2,883
Rerata	66,0	64	3,030

Tabel III  
Hasil Tegangan ZMPT101B pada Fasa S

No	Pembacaan Tegangan Voltmeter (Volt)	Pembacaan Tegangan ZMPT101B (Volt)	Error (%)
1	66,2	64	3,323
2	65,9	65	1,365
3	66,2	64	3,323
Rerata	66,1	65	1,664

Tabel IV  
Hasil Tegangan ZMPT101B pada Fasa T

No	Pembacaan Tegangan Voltmeter (Volt)	Pembacaan Tegangan ZMPT101B (Volt)	Error (%)
1	64,9	64	1,386
2	65,7	65	1,065
3	66,3	65	1,960
Rerata	65,6	64	2,439

#### B. Pengujian Sensor SCT013

Pada alat pendeteksi gangguan pada trafo dengan menggunakan sensor arus SCT013 dimana untuk pengukuran arus pada masing-masing fasa R,S,T menggunakan SCT013. Pengukuran arus pada fasa R,S,T dengan memberikan beban pada masing-masing fasa, pengkalibrasian dilakukan dengan menggunakan ukur multimeter dan arduino. Setelah data yang diperoleh maka dilakukan perbandingan dan hitung untuk mengetahui keakuratan sensor arus.

Untuk pengujian arus dengan menggunakan alat ukur amperemeter. Tabel 5, 6 dan 7 data hasil pengukuran sensor arus untuk masing-masing fasa (R, S dan T).

Tabel V  
Hasil Sensor SCT013 pada Phasa R

No	Pembacaan Arus Amperemeter (A)	Pembacaan Arus SCT (A)	Beban (Ohm)	Error (%)
1	3,6	3,8	11 Ω	5,555
2	2,1	2,3	22 Ω	9,523
3	1,2	1,3	44 Ω	8,333
4	0,7	0,9	66 Ω	12,50
5	0,6	0,7	88 Ω	15,66
Rerata				10,30

Tabel VI  
Hasil Sensor SCT013 pada Phasa S

No	Pembacaan Arus Amperemeter (A)	Pembacaan Arus SCT (A)	Beban (Ohm)	Error (%)
1	3,4	3,5	11 Ω	2,941
2	2,1	2,2	22 Ω	4,761
3	1,1	1,2	44 Ω	9,09
4	0,9	1,0	66 Ω	11,11
5	0,7	0,8	88 Ω	14,28
Rerata				8,437

Tabel VII  
Hasil Sensor SCT013 pada Phasa T

No	Pembacaan Arus Amperemeter (A)	Pembacaan Arus SCT (A)	Beban (Ohm)	Error (%)
1	3,5	3,7	11 Ω	5,714
2	2,3	2,4	22 Ω	4,347
3	1,4	1,5	44 Ω	7,142
4	1,0	1,1	66 Ω	10,00
5	0,6	0,7	88 Ω	16,66
Rerata				8,774

C. Pengujian Sensor DS18B20

Pada alat pendeteksi gangguan trafo ini, suhu minyak pada trafo diukur dengan menggunakan sensor suhu DS18B20. Pada pengujian DS18B20 ini dilakukan pengkalibrasian dengan menggunakan thermometer air raksa, tabel 8 hasil pengujian sensor DS18B20.

Tabel IX  
Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

No	Alat ukur Thermometer (°C)	Sensor DS18B20 (°C)	Error (%)
1	35,6	35,0	1,685
2	38,2	37,5	1,832
3	40,4	39,9	1,237
4	40,7	40,2	1,228
5	41,9	41,6	0,715
Rerata			1,339

D. Pengujian XBee 1 dan XBee 2

Pengujian jarak pengiriman yang dilakukan antar 2 buah XBee, dilakukan dengan cara menghubungkan 2 buah XBee yang saling terkoneksi, maka selanjutnya adalah

dengan mengirimkan data pada XBee transmitter untuk kemudian diterima oleh XBee receiver. Rentang jarak dimulai dengan jarak terdekat, selanjutnya diberikan penambahan rentang anatar 2 buah XBee samapai data yang terkirim tidak dapat diterima oleh XBee Receiver.

Pada pengujian jarak XBee ini dilakukan dengan menggunakan 2 buah XBee dengan jarak yang dihitung berbeda-beda sesuai dengan jangkauan pembacaan sinyal jarak XBee, pengujian ini dilakukan dengan jarak dari 1 meter sampai 50 meter dengan pengiriman data yang terjangkau sampai saat data tidak dapat dibaca atau terjangkau lagi, data hasil dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel X  
Hasil Pengujian Pengiriman data

No	Jarak (meter)	Pengiriman Data
1	5	Berhasil
2	10	Berhasil
3	15	Berhasil
4	20	Berhasil
5	25	Berhasil
6	30	Berhasil
7	35	Berhasil
8	40	Berhasil
9	45	Berhasil
10	50	Tidak Berhasil

E. Pengujian secara Keseluruhan

Pengujian untuk gangguan ketidakseimbangan tegangan, dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel XI  
Hasil Pengujian untuk gangguan ketidakseimbangan tegangan

No	Phasa R			Phasa S			Phasa T		
	Ω	V	I	Ω	V	I	Ω	V	I
1	0	69,7	0	0	68,0	0	0	67,4	0
2	0	65,3	0	0	63,8	0	0	64,0	0
3	0	67,2	0	0	66,8	0	0	69,5	0

Dari hasil data yang diperoleh berdasarkan tabel 11 diatas pada pengujian untuk gangguan ketidakseimbangan tegangan pada transformator dilakukan pengujian tanpa beban. Phasa R dengan tegangan 69,7, phasa S 68,0, dan phasa T dengan tegangan 67,4 maka didapatkan rata-rata tegangan dari masing-masing phasa adalah 66,8. Pada ketidakseimbangan tegangan tidak boleh lebih dari 5%, sehingga nilai tegangan yang terbaca pada phasa R melebihi dari kapasitas unbalance voltage 5% berkurang dari tegangan yang terukur, menyebabkan terjadi gangguan unbalance voltage pada transformator yang terdapat pada phasa R yang ditampilkan nilai yang terbaca pada LCD dan ditandai dengan hidupnya LED untuk phasa R.

Pengujian untuk gangguan arus lebih dan suhu lebih, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel XII  
Hasil Pengujian Unbalance Tegangan dan Suhu

No	Phasa R			Phasa S			Phasa T			Suhu minyak (°C)
	Ω	V	I	Ω	V	I	Ω	V	I	
1	7,5	49,6	4,4	22	48,2	2,5	11	52,4	2,3	67
2	11	40,5	3,8	7,5	47,8	4,3	22	51,2	2,1	76
3	22	51,8	2,5	11	40,7	3,9	7,5	45,2	4,1	82

Dari pengujian yang dilakukan untuk gangguan arus lebih dan suhu lebih pada transformator dilakukan pengujian dengan menggunakan 3 buah tahanan yang bernilai 7,5 Ω, 11 Ω, dan 22 Ω. Berdasarkan tabel 12 pada baris 1 pada fasa R digunakan tahanan 11 Ω dengan tegangan yang terukur 49,6 volt dan arus yang terukur sebesar 4,4 A. Arus pada transformator yang digunakan yaitu sebesar 5 A, untuk batas pembebanan arus beban normal yang di suplai adalah 80%. 80% pembebanan dari arus pada transformator yaitu sebesar 4 A, jadi jika beban yang digunakan arusnya melebihi dari 4 A maka akan terjadi gangguan pada transformator. Seperti yang terdapat pada tabel 4.16 baris 1 pada fasa R digunakan tahanan 11 Ω dengan tegangan yang terukur 49,6 volt dan arus yang terukur sebesar 4,4 A maka terjadinya gangguan arus lebih pada fasa R, yang ditampilkan nilai yang terbaca pada LCD dan ditandai dengan hidupnya LED untuk fasa R.

Untuk gangguan suhu pada transformator batas yang diizinkan pada transformator yaitu sebesar 65° C. Pada tabel 12, gangguan arus lebih yang terjadi pada fasa R menyebabkan suhu pada transformator menjadi 66,2°C. Sehingga menyebabkan suhu transformator melebihi batas yang diizinkan dan menyebabkan terjadinya gangguan suhu pada transformator yang ditampilkan pada ditampilkan pada LCD.

#### IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan sistem kemudiandilakukan pengujian dan analisis dari alat pendeteksi gangguan tegangan arus dan suhu dari transformator maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk kapasitas unbalance Voltgae tidak lebih dari 5%, tegangan rata-rata yang terdapat darimasing-masing fasa yaitu 66,8. 5% dari 66,8 yaitu 3,3 jadi kapasitas untuk masing-masing tegangan per fasa tidak diizinkan lebih dari 3 dari tegangan rata-rata dan tidak boleh kurang 3 dari tegangan rata-rata.
2. Batas beban normal yang disuplay adalah 80%, trafo yang digunakan untuk prototipe ini menggunakan trafo dengan arus sebesar 5 A, 80% dari arus yang terdapat pada trafo yaitu 4 A untuk masing-masing nilai arus, saat pembebanan dengan nilai arus yang melebihi 4 A maka trafo akan mengalami gangguan arus atau over current.
3. Kemampuan alat pendeteksi gangguan ini akan mendeteksi nilai tegangan, arus dan suhu dari transformator dengan mengirimkan sinyal/ data gangguan dengan jarak dan beban yang berbeda

yang dipasang pada masing-masing fasa, untuk pengiriman data dengan jarak maksimal yaitu 45 meter.

4. Proses pengiriman data dari input menuju output dilakukan dengan cara saat sensor membaca nilai tegangan arus dan suhu serta mendeteksi gangguan yang terjadi terhadap nilai suhu tegangan dan arus yang terdapat pada trafo yang sinyal tersebut dikirimkan melalui transmitter ke receiver pada XBee menuju mikrokontroler untuk mengaktifkan output.

#### REFERENSI

- [1] K. B. Artana, *Network Simple System*. Surabaya, Indonesia: Institut Sepuluh Nopember, 2007.
- [2] Kartika, Firmansyah, R. Sk., dan Misriana, "Monitoring Arus Menggunakan Sensor Non-Invasive Current," in *Seminar Nasionalteknik Elektro (SNTE 2014)*, 2014, hal. A22–A28.
- [3] R. Wall, "A Report On The Properties Of The YHDC Current Transformer and Its Suitability For Use With The Open Energy Monitor," 2018.
- [4] E. SETIAWAN, G. ANINDITA, A. SYAHID, dan I. RACHMAN, "Monitoring Keseimbangan Distribusi Beban Transformator untuk Meminimalisasi Terjadinya Rugi Energi," *ELKOMIKA*, vol. 7, no. 2, hal. 297–307, 2019.