

Implementasi Link Komunikasi Serat Optik Untuk Pengiriman Informasi Antar Gardu Traksi

Irmayani, Poedji Oetomo, Tomi Pebriansa Putra,
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta
Email: ir.irmayani@gmail.com

ABSTRAK

Pada makalah ini dibahas tentang pemanfaatan jaringan Serat Optik sebagai link komunikasi sistem proteksi Linked Breaking Device (LBD). LBD merupakan sebuah perangkat yang menghubungkan gardu traksi yang satu dengan gardu traksi yang berbeda untuk menghasilkan intertripping. Intertripping adalah suatu metode proteksi memutus HSCB di DC Switchgear untuk mencegah kondisi sistem yang tidak diharapkan seperti short cicuit, ground fault dan emergency karena terdapat informasi perjalanan kereta api di dalamnya. Untuk itu diperlukan sebuah sistem yang dapat menjamin kehandalan dan memenuhi syarat pada sistem proteksi. Permasalahan ini dapat di atasi dengan penambahan perangkat SKSO pada saluran komunikasinya dikarenakan selain transfer data yang lebih cepat karakteristik fiber optiknya juga yang kebal terhadap medan elektromagnetik menjadi pertimbangan untuk mengimplementasikan perangkat ini pada sistem LBD. Eksekusi proses implementasi ini dengan menghubungkan perangkat SKSO pada jaringan pengamanan gardu traksi.

Analisis dilakukan dengan membuat simulasi gangguan antar LBD gardu traksi dengan mengoperasikan selector switch pada panel IRP, Menghitung Power Link Budget dan Rise Time Budget saluran optiknya. Nilai rata-rata power link budgetnya sebesar 1,21 dBm, sedangkan hasil pengukuran nilainya sebesar 0,85 dBm. Nilai total keseluruhan hasil masih memenuhi standar KPI (Key Performance Indicator) sebesar ≤ -4 dBm. Nilai Rise Time Budget rata-rata 49 ps. Hasil ini masih memenuhi syarat tsist ≤ 70 ps yang termasuk kategori baik.

Kata Kunci : Fiber Optic, Linked Breaking Device, Gardu Traksi

ABSTRACT

In this paper discussed about the utilization of Fiber Optic network on as a link communication system LBD (Linked Breaking Device). LBD is a device that connects one traction substation with a different traction substation next to it to produce intertripping. Intertripping this is a method of protection disconnect HSCB in DC Switchgear to prevent unexpected system conditions such as short cicuit, ground fault and emergency because there is information of train journey in it. For that we need a system that can guarantee reliability and qualify on the protection system. This problem can be solved by the addition of SKSO device in its communication channel because in addition to faster data transfer the optical fiber characteristics are also immune to the electromagnetic field into consideration to implement this device on the LBD system. Execute this implementation process by connecting SKSO device on traction substation traction network.

The analysis is done by simulating interference between LBD traction substations by operating the selector switch on IRP panel, Calculating Power Link Budget and Rise Time Budget of optical channel. The average value of power link budget is 1.21 dBm, while the result of measurement value is 0.85 dBm. The total value of the overall results still meets the KPI (Key Performance Indicator) standard of ≤ -4 dBm .. The average Rise Time Budget value is 49 ps. These results still qualify tsist ≤ 70 ps which belongs to either category.

Keywords: Fiber Optic, Linked Breaking Device, Traction Substation

1. PENDAHULUAN

Kereta api Listrik (KRL) merupakan sarana transportasi yang sangat digemari saat ini khususnya di daerah Jabodetabek, dengan semakin meningkatnya minat masyarakat terhadap moda transportasi ini maka semakin meningkat juga frekuensi perjalanan KRL untuk mengimbanginya sehingga membutuhkan kontinuitas supply daya listrik dari gardu traksi, agar mampu melayani perjalanan KRL ini, hal ini tentunya membutuhkan keandalan pada sisi proteksi gardu traksinya. Saat ini PT. Kereta Api Indonesia (Persero) menggunakan perangkat LBD (Linked Breaking Device) sebagai alat pengaman dan juga sebagai penyampaian informasi berupa sinyal trip ke gardu yang saling terhubung sehingga dapat mengamankan peralatan gardu traksi maupun KRL dari bahaya kerusakan

Tetapi seringkali terjadinya gangguan pada sistem ini dikarenakan sifat penghantarnya yang masih pakai kawat tembaga yang rentan induksi dan kegagalan dalam mengirimkan informasi trip

pada gardu sebelahnya, tetapi permasalahan ini dapat di atasi dengan penambahan perangkat SKSO pada saluran komunikasinya dikarenakan selain transfer data yang lebih cepat karakteristik fiber optiknya juga yang kebal terhadap medan elektromagnetik menjadi pertimbangan untuk mengimplementasikan perangkat ini pada sistem LBD

Oleh karena itu dalam makalah ini akan dibahas tentang implementasi link komunikasi serat optik untuk pengiriman informasi antar gardu traksi, akan dipelajari perangkat apa saja yang digunakan dan sistem penyampaian infomasi antar saluran komunikasinya

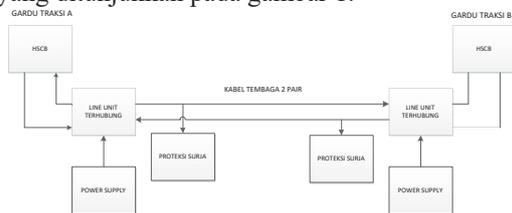
Agar penelitian ini lebih terarah maka dibuat batasan masalah sebagai berikut:

- Saluran pengamanan yang akan dibahas hanya link saluran komunikasi memakai fiber optik
- Link gardu traksi yang akan dijadikan objek penelitian adalah gardu traksi Pesing, gardu traksi Bojongindah, gardu traksi Kalideres dan gardu traksi Batuaceper

2. IMPLEMENTASI LINK KOMUNIKASI SERAT OPTIK

2.1 LBD Dengan Saluran Komunikasi Tembaga

Pada LBD beberapa Gardu Traksi Khususnya tipe Meidensha masih memakai kabel tembaga sebagai saluran komunikasi antar perangkat seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Sistem LBD antar Gardu Traksi dengan Saluran komunikasi tembaga

Sistem ini hanya mengandalkan suplai tegangan sekitar 50 VDC – 110 VDC sebagai pengamanannya, dan apabila suplai tegangan terputus dan kurang dari tegangan standarnya tersebut maka terjadi gangguan yang tidak diinginkan sehingga berdampak pada kegagalan operasional peralatan dan perjalanan KRL menjadi terhambat, selain itu banyak juga terjadi gangguan yang diakibatkan oleh penyebab lainnya antara lain seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Data Gangguan LBD di Gardu Traksi PT. KAI (Persero)

No	Penyebab Gangguan	Lokasi	Tipe Perangkat	Tanggal	Controllable	Uncontrollable
1	Sambaran petir	GT. Boo - GT. Clt	LBD Copper Wire	5/1/2017		1
2	Sambaran petir	GT. Boo - GT. Clt	LBD Copper Wire	9/3/2017		1
3	Komunikasi Error	GT. Du - GT. Kat	LBD Copper Wire	7/6/2017	1	
4	Tegangan Control Hilang	GT. Du - GT. Kat	LBD Copper Wire	6/8/2017	1	
5	Komunikasi Error	GT.Nmb - GT. Cbn	LBD Copper Wire	7/5/2017	1	
6	Vandalisme	GT. Jakk - GT.Swb	LBD Copper Wire	10/5/2017		1
7	Short circuit	GT. Jng - GT. Kld	LBD Copper Wire	18/10/2017	1	
TOTAL					4	2

Berdasarkan data gangguan pada tabel 1 maka diperlukan penggantian sistem perangkat yang lebih handal untuk menekan atau mengurangi gangguan-gangguan tersebut yaitu mengimplementasikan perangkat saluran komunikasi serat optik (SKSO) pada sistem tersebut dengan mempertimbangkan beberapa keunggulannya antara lain:

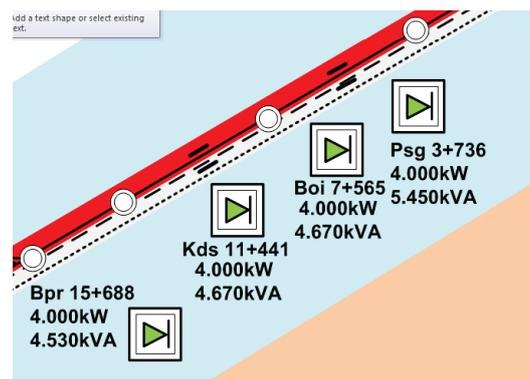
- Memiliki kecepatan transfer data dan sinyal yang lebih baik
Keunggulan dan juga kelebihan serat optik adalah dapat mentransmisikan data dan juga sinyal dengan sangat baik. Kecepatan transfernya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kabel tembaga biasa mencapai angka terabyte.
- Ukuran tipis dan kecil
Ukuran dari serat optik ini juga cenderung jauh lebih tipis dan juga lebih kecil dibandingkan kabel tembaga biasa. Sehingga lebih mudah untuk dibawa – bawa, dan juga pemasangan yang cukup mudah, karena tidak membutuhkan ruang yang terlalu besar dan luas.
- Dapat mentransmisikan sinyal cahaya. Kelebihan dari serat optik lainnya adalah dapat mentransmisikan sinyal cahaya. Hal ini yang

tidak dimiliki oleh kabel tembaga biasa. Serat optik mampu untuk mentransmisikan sinyal cahaya lebih cepat, sesuai dengan kebutuhan penggunaannya.

- Tahan terhadap noise atau gangguan sinyal radio

Kabel serat optik memiliki ketahanan dan juga resistensi yang tinggi terhadap noise yang dihasilkan oleh gelombang radio. Maka dari itu, serat optik akan lebih baik dalam menghantar sinyal dan juga transfer data.

2.2 Lokasi Implementasi



Gambar 2 Jarak Antar Gardu Traksi Berdasarkan Peta Elektrifikasi PT.KAI (Persero)

Gardu Traksi Pesing (Psg), Bojongindah (Boi), Kalideres (Kds), Batuceper (Bpr) adalah beberapa Gardu traksi yang berada di wilayah resor LAA 1.5 Duri dan termasuk ke dalam Daerah Operasional 1 Jakarta. Masing-masing gardu traksi berada pada kilometer yang tidak terlalu jauh jaraknya rata-rata 3 km dengan total Panjang 11,952 km. Dengan Panjang lokasi antara gardu traksi dapat direncanakan panjang saluran link komunikasi fiber optic yang akan diimplementasikan pada LBD Pesing – Batuceper.

2.3 Karakteristik Umum LBD

Data karakteristik umum LBD yang didapat dari PT. Kereta Api Indonesia menunjukkan bahwa suplai tegangan yang dipakai sebesar 24 V_{DC} dengan kecepatan transmisi sebesar 500 Kbps dengan input dan output dry contact (relay) seperti diperlihatkan dalam tabel 2.

Tabel 2 Karakteristik umum LBD

Supply Voltage	24 VDC
Input Signal	9 Input Dry Contact
Output Signal	4 Output Dry Contact
Optical patch cord connector (Tx & Rx)	SC connector
Transmission Speed	500 kbps
Loss Signal Alarm	Alarm is generated when the optical cable broken
Main Feature	Interchangeable without addressing

2.4 Spesifikasi Perangkat LBD

Komponen utama yang digunakan dalam implementasi ini antara lain :

- Optical Converter CGA type 61-60-52
- Media transmisi berupa kabel fiber optic
- PLC Beckhoff Type BC9050

LBD terdiri dari beberapa sub sistem yang berdiri sendiri, masing-masing sub sistem mempunyai fungsi yang sama dengan sub sistem dengan gardu lainnya. Jadi dapat dikatakan masing-masing subsistem dapat saling ditukar dengan gardu lain secara langsung, plug and play, tanpa memerlukan konfigurasi ulang. Kecuali sub sistem yang berisi program kontrol yang spesifik untuk gardu tertentu, dimana gardu tersebut mempunyai fungsi yang spesifik, mencatu tiga arah feeder, sehingga membentuk LBD tiga arah.

Adapun spesifikasi perangkat Optik yang digunakan dalam implementasi ini adalah:

1. Optical Converter

Optical converter adalah transceiver yang terdiri dari beberapa transduser yaitu laser Diode (LD) yang berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik (cahaya) di sisi pengirim dan Photodiode (PD) yang berfungsi mengubah sinyal optik (cahaya) menjadi sinyal listrik di sisi penerima.



Gambar 3 Optical Converter CGA type 61-60-52

- Merk : CGA type 61-60-52
- Suplai Tegangan : $24 V_{DC}$
- Input Signal : 6 Input Dry Contact
- Output Signal : 6C Contact Type, 2A, $24 V_{DC}$
- Optical Transmitter : -18 to -7 dBm
- Output Center Wavelength : 1251nm min, 1310nm, 1550nm max
- Jarak: max 40 km
- Output Spectrum Width : 7.7nm
- Sensitivity : -32dBm
- Maximum Input Power : -3dBm
- Optical Patch cord Connector (Tx & Rx) = SC
- Transmision Speed : 500 Kbps

2. Kabel Fiber Optik

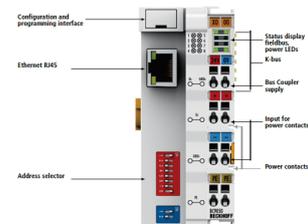
Kabel fiber optic sebagai saluran transmisi yang digunakan adalah kabel tipe single mode Aerial atau kabel udara karena pemasangannya dipasang pada tiang berdekatan dengan kabel transmisi daya

Tabel 3 Spesifikasi Kabel Fiber Optic

No/Uraian	Spesifikasi
1 Fibre Type	Single Mode 9/125µm
2 Attenuation & Bandwidth at 1310nm	= 0.35db/km
3 Attenuation & Bandwidth at 1550nm	= 0.22db/km
4 Jumlah Core	12 (dua belas) cores
5 Warna fiber per tube	Blue, Orange, red, yellow, green, white or depend fabricant
6 Jumlah tube	2 tubes (1 tube = 6 cores)
7 Warna tube	Blue , orange or depend fabricant
8 Central strength member	FRP Non-Metallic Anti Blocking rod
9 Kontruksi kabel	Isolasi xipe, armour dengan messenger wire / Aerial cable, HD SS

3. Modem Relay/ PLC

Fungsi modem relay ialah meneruskan sinyal tripping dari IRP (gardu traksi yang mengalami gangguan) ke IRP gardu traksi pasangannya. Dan akan mengirimkan sinyal normal ke gardu traksi pasangannya bila gangguan sudah diselesaikan. Selain itu juga berfungsi mengirimkan status (normal dan open) dari HSCB dan event tripping dari IRP secara realtime ke local dan remote monitor panel



Gambar 4 PLC Beckhoff Tipe BC9050

Tabel 4 Spesifikasi Perangkat PLC Beckhoff Tipe BC9050

Technical data	BC9050
Number of Bus Terminals	64 (255 with K-bus extension)
Max. number of bytes fieldbus	512 byte input and 512 byte output
Max. number of bytes process image	2048 byte input and 2048 byte output
Digital peripheral signals	2,040 inputs/outputs
Analog peripheral signals	512 inputs/outputs
Protocol	TwinCAT ADS, Modbus TCP
Configuration possibility	via KS2000 or Ethernet
Data transfer rates	10/100 Mbaud, automatic recognition of the transmission rate
Bus interface	1 x RJ45
Power supply	24 V DC (-15 %/+20 %)
Input current	65 mA + (total K-bus current)/4
Starting current	approx. 2.5 x continuous current
Recommended fuse	≤ 10 A
Current supply K-bus	1750 mA
Power contacts	max. 24 V DC/max. 10 A
Electrical isolation	500 V (power contact/supply voltage/fieldbus)
Weight	approx. 100 g
Operating/storage temperature	0...+55 °C/25...+85 °C
Protect. class/installation pos.	IP 20/Variable
Approvals	CE, UL, Ex

1. Interface Relay Panel (IRP)

IRP merupakan panel interface antara unit feeder HSCB dengan relay modem. IRP mempunyai fungsi sebagai interface dan sebagai test panel baik untuk komunikasi maupun untuk tripping test HSCB. IRP harus mampu:

- Menunda sinyal tripping sampai dengan batas waktu maksimum recloser HSCB bekerja
- Dilengkapi dengan lampu indikator yang mengindikasikan status intertrip masing-masing feeder HSCB
- Dilengkapi dengan mode test dan service. Mode test IRP mampu memberi sinyal trip ke pada HSCB yang berkorespondensi gardu traksi yang bersangkutan, tanpa menjatuhkan HSCB lainnya.
- Relay dan komponen yang digunakan harus mampu bekerja pada tegangan 24 – 110 V_{DC} dan tegangan battery pada saat pengoperasian.

2. Perangkat Lainnya

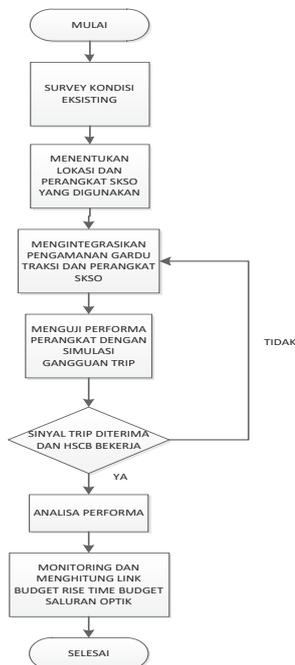
- a. Display. Display untuk menggambarkan kondisi HSCB, normal, trip. Pemakaian Display adalah optional.

b. Optical Terminal Board (OTB) berada pada sisi akhir fibre optic serta digunakan sebagai terminasi kabel Fibre Optik untuk selanjutnya dapat dihubungkan ke perangkat Modem. type variasi OTB yang digunakan berbeda-beda tergantung kebutuhan yang ada dan dapat disesuaikan dengan tempat penggunaannya.

2.5. Alur Implementasi

Implementasi sistem akan dilakukan pada Gardu Traksi yang saling terhubung di suatu beberapa petak stasiun mulai stasiun Pesing sampai Stasiun Batuceper. Karena, selain menguji hubungan antar perangkat LBDnya, akan diuji pula performa pengamanannya setelah menggunakan LBD dengan saluran transmisi fiber optik. Dalam makalah ini, keamanan akses akan dilakukan dengan cara mengirimkan sinyal tripping pada beberapa gardu traksi dan menganalisa performanya.

Dari gambar 5 dapat diamati, proses implementasi diawali dengan Melakukan survey kondisi eksisting di lapangan seperti apa kinerja dan permasalahan pada sistem eksisting berdasarkan data di lapangan, kemudian ditentukan lokasi implementasi perangkat SKSO beserta spesifikasi perangkat yang digunakan, Setelah itu perangkat tersebut diintegrasikan dengan pengamanan Gardu Traksi.



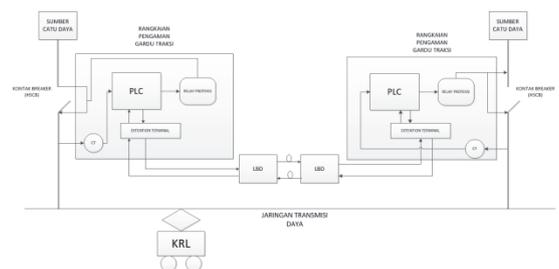
Gambar 5 Diagram Alur Perencanaan dan Implementasi

Hasil pengintegrasian ini akan dilakukan uji coba performa dengan simulasi mengirimkan sinyal gangguan melalui panel IRP yang kemudian dikirimkan ke Gardu Traksi yang terhubung pada sisi kiri dan kanan gardu traksi yang diuji untuk mengetripping breaker HSCB dalam kondisi normal dan bypass pada gardu traksi yang terhubung tersebut, jika sinyal gangguan tersebut

tidak diterima dan HSCB yang diuji tidak trip maka akan dilakukan evaluasi kembali apakah pada koneksi antar perangkatnya yang salah atau konfigurasi yang tidak tepat antar perangkat setelah dievaluasi maka akan dilakukan simulasi kembali.

Pada akhir implementasi ini akan dianalisa performa perangkat, memonitoring kinerja perangkat terhadap pengamanan dan dihitung power link budget dan rise time budget saluran optiknya.

2.6 Hubungan Antar Gardu Traksi dengan Link Komunikasi LBD



Gambar 6 Hubungan Antara Jaringan Pengaman dan LBD Antar Gardu Traksi

Gardu Traksi adalah Peralatan penyuplai daya listrik DC sebagai suplai daya KRL, pada sistem penyuplaian daya antar gardu traksi dipasang paralel dikarenakan jika salah satu suplai gardu traksi bermasalah maka gardu traksi pasangannya dapat difungsikan sebagai backup suplai daya KRL. kecuali pada kondisi tertentu dimana kedua gardu traksi tidak boleh menyuplai dikarenakan kondisi yang membahayakan misal short circuit pada KRL maupun perangkat Gardu traksi atau kawat suplai daya terputus maka sistem pengamanan gardu traksi harus aktif dan mengetripping breaker di kedua sisi penyuplai, tetapi dikarenakan jarak titik gangguan antar gardu traksi tidak sama maka hanya gardu traksi yang terdekat yang langsung trip dan gardu traksi sebaliknya membutuhkan waktu agak lama untuk trip oleh karena itu diperlukan link komunikasi yang lebih cepat dengan mengimplementasikan perangkat LBD sebagai link penyampaian informasi gangguan antar sistem pengamanan gardu traksi dengan memanfaatkan saluran serat optik sebagai saluran transmisinya

2.7 Jaringan Pengaman Gardu Traksi

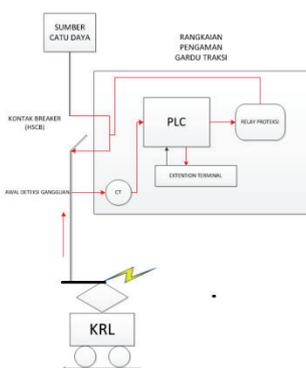
Pada Pengamanan gardu traksi terdapat beberapa komponen antara lain :

1. CT (Current Transformator)

CT berguna sebagai sensor arus yang membaca kondisi arus baik dari gangguan pada jaringan maupun arus keluaran dari trafo, arus tersebut akan diturunkan pada sistem tenaga listrik menjadi besaran arus yang sesuai untuk pengukuran. Arus yang dihasilkan oleh misal arus dari gangguan short circuit. Relay tidak mampu menahan beban arus tersebut. Oleh karena itu dibutuhkanlah

CT untuk menurunkan arus sehingga relai dapat menerima arus tersebut Selain itu fungsi CT juga menjadi standarisasi rating arus untuk peralatan sisi sekunder.

2. PLC untuk Proteksi
 PLC yang digunakan disini adalah PLC yang telah terintegrasi dengan HSCB Gardu Traksi missal Sepcos untuk tipe gardu traksi Secheron dan Sitras Pro Untuk tipe gardu traksi Siemens. Fungsi dari perangkat ini adalah memproses pembacaan arus dari CT dan apabila arus tersebut melebihi setting dari proteksi maka Sitras Pro akan mengirimkan sinyal ke relai proteksi untuk mengetriapkan HSCB, Selain itu perangkat ini juga berfungsi mengubah sinyal analog dari CT menjadi sinyal digital dengan tegangan output 110 V_{DC}
3. Relai Proteksi
 Relai proteksi merupakan perangkat yang sangat penting dalam sistem proteksi. Setelah menerima sinyal trip dari PLC Relai proteksi akan bekerja membuka HSCB jika ada gangguan dan akan stabil jika tidak ada gangguan. Kinerja relai proteksi dipengaruhi oleh perangkat di relai itu sendiri, setting relai dan kondisi lapangan.
4. HSCB (High Circuit Breaker)
 HSCB adalah suatu alat yang berfungsi sebagai pemutus tegangan DC (Direct Current). Setelah menerima sinyal trip dari relai proteksi.
5. Extention Terminal merupakan terminal output dari PLC. Pada terminal ini dapat dihubungkan peralatan LBD sehingga dapat membentuk link komunikasi antar gardu



Gambar 7 Blok Diagram Jaringan Pengaman Gardu Traksi

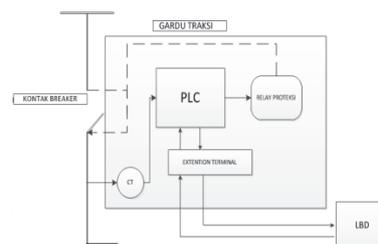
Cara kerja sistem pengaman ini dapat dilihat pada blok diagram gambar 8 Ketika adanya gangguan pada jaringan misal short circuit dari KRL yang menimbulkan lonjakan arus yang tinggi sehingga melebihi settingan proteksi Gardu Traksi standar setting proteksi untuk short circuit adalah 1800 A, lonjakan arus tersebut kemudian dideteksi oleh sensor arus yaitu CT pada gardu traksi terdekat, dari CT arus tersebut diturunkan dengan rasio 500/5 yang artinya jika arus yang diterima pada sisi primer 500A maka arus di sisi sekundernya

sebesar 5A sehingga arus yang dideteksi tidak terlalu besar untuk beban pada perangkat PLC, arus dari CT kemudian diteruskan ke PLC untuk dideteksi apakah arus tersebut sudah melebihi settingan proteksi, jika ya maka dari PLC mengeluarkan tegangan dalam bentuk sinyal digital dengan tegangan sebesar 110 V_{DC} untuk mentrigger relai proteksi sehingga relai bekerja dan menggerakkan HSCB untuk trip.

2.8 Integrasi Jaringan Pengaman Gardu Traksi dan Jaringan SKSO LBD

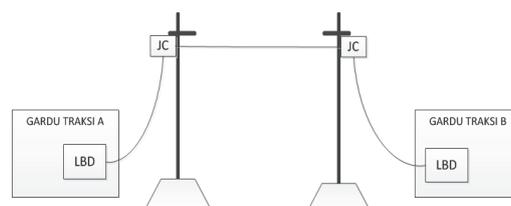
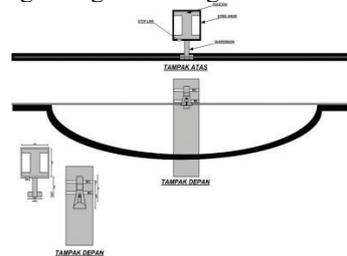
Untuk mendapatkan informasi dari peralatan di lapangan, pengintegrasian antara jaringan pengaman gardu traksi dan LBD diperlukan agar dapat terbentuk link komunikasi antar gardu traksi.

Pada sistem pengamanan Gardu Traksi, sudah tersedia extention terminal yang dapat dihubungkan dengan LBD, karena pada terminal tersebut merupakan output dan input langsung dari PLC untuk mengirimkan sinyal trip pada relai proteksi untuk menggerakkan coil HSCB. Dengan sinyal trip yang didapat dari LBD dapat langsung mentrigger relay untuk memerintahkan HSCB untuk trip secara cepat hal ini diperlukan agar perangkat di KRL maupun perangkat gardu traksi aman dari kerusakan akibat arus yang terlalu tinggi



Gambar 8 Pemasangan Extension terminal dengan LBD

Selain Untuk mendapatkan output kondisi peralatan di lapangan, modem relay LBD menggunakan metode broadcast secara terus menerus untuk mendeteksi kondisi peralatan gardu traksi yang saling terhubung

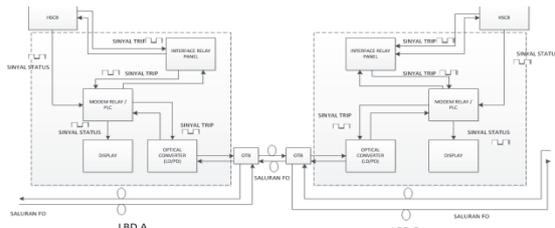


Gambar 9 Pemasangan saluran optik pada tiang (outdoor)

Dalam sistem pengamanan gardu traksi sinyal yang diteruskan oleh CT masih dalam bentuk sinyal listrik analog yang kemudian diubah menjadi sinyal digital oleh PLC.

Pada instalasi outdoor dimana untuk menghubungkan perangkat antar Gardu traksi, kabel fiber optic dipasang di tiang Jaringan berdekatan dengan jaringan transmisi daya untuk KRL pada masing-masing titik sambungan optic dipasang joint closure (JC)

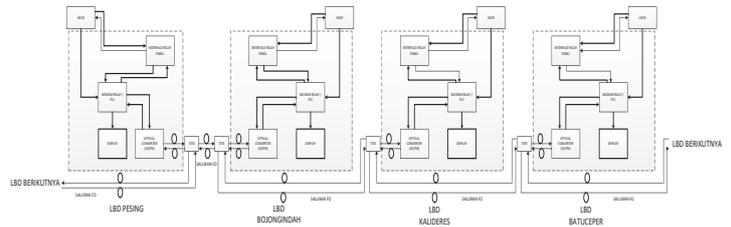
2.9 Jaringan SKSO LBD



Gambar 10 Blok Diagram Jaringan LBD

Cara kerja Jaringan SKSO pada LBD dapat dilihat berdasarkan blok diagram pada gambar 10 pada saat modem relay menerima sinyal berupa data trip dari HSCB gardu traksi A maka modem relay menseleksi sinyal tersebut apakah harus diteruskan atau tidak dengan membaca posisi selector switch pada IRP dengan posisi test atau service, jika pada posisi test sinyal trip tersebut akan diblok dan jika posisi service maka sinyal yang masuk ke modem relay akan diteruskan ke optical converter dimana nantinya sinyal logic yang berbentuk diskrit akan diubah menjadi bentuk sinyal cahaya oleh laser diode (LD) pada optical converter kemudian diteruskan ke OTB di dalam OTB terdapat splitter yang fungsinya memisahkan sinyal cahaya dan kopler yang fungsinya menggabungkan sinyal cahaya, sinyal cahaya dari OTB pengirim diteruskan pada OTB rangkaian penerima gardu traksi B. Pada sisi gardu traksi B sinyal cahaya tersebut akan ditangkap oleh photodiode (PD) pada optical converter dan diubah kembali menjadi sinyal diskrit yang kemudian diteruskan ke modem relay, pada modem relay sisi penerima mempunyai proses yang sama dengan menseleksi apakah sinyal tersebut akan diteruskan ke perangkat HSCB atau tidak tergantung posisi selector switch pada IRP jika posisi test maka sinyal tersebut akan diblok dan tidak diteruskan pada perangkat HSCB, jika bypass maka sinyal tersebut dialihkan oleh modem relay ke arah LBD gardu traksi berikutnya, dan jika posisi service maka sinyal tersebut akan diteruskan ke perangkat HSCB sehingga mengetriapkan HSCB pada gardu traksi B. Semua kondisi breaker dan histori pengoperasian LBD ditampilkan pada perangkat display tentunya setelah mendapat sinyal logic dari modem relay. Sinyal yang dikirimkan tersebut berupa sinyal digital dengan tegangan input relay sebesar 110 Vdc dan output 24 Vdc dengan laju bit 500 Kbps. Selain Megirimkan sinyal trip dari breaker modem relay juga membaca sinyal status

kondisi HSCB apakah trip atau tidak dengan mengirimkan sinyal status pada display (monitor LBD)



Gambar 11 Interkoneksi antar LBD Pesing, Bojongindah, Kalideres, dan Batuceper

Implementasi ini dilakukan pada gardu traksi Pesing, Bojongindah, Kalideres dan Batuceper sehingga terbentuklah link komunikasi antar gardu traksi tersebut. Hal yang perlu diketahui apabila terjadi gangguan gardu traksi yang posisinya di tengah yang terletak antara section gardu traksi Pesing dan section gardu traksi kalideres, maka gardu traksi bojongindah hanya akan mengirim sinyal trip pada satu gardu traksi yang berada di section posisi terdekat dari titik gangguan. Kecuali adanya gangguan internal yang mengetriapkan semua HSCB di dalam suatu gardu traksi maka LBD akan mengirimkan sinyal trip ke semua section gardu traksi yang terhubung sehingga mengetriapkan semua HSCB pada gardu traksi kiri dan kanannya.

Setelah diimplementasikan dapat dilakukan pengujian performa perangkat dengan membuat simulasi gangguan menggunakan panel IRP.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Simulasi Uji Coba Kinerja LBD

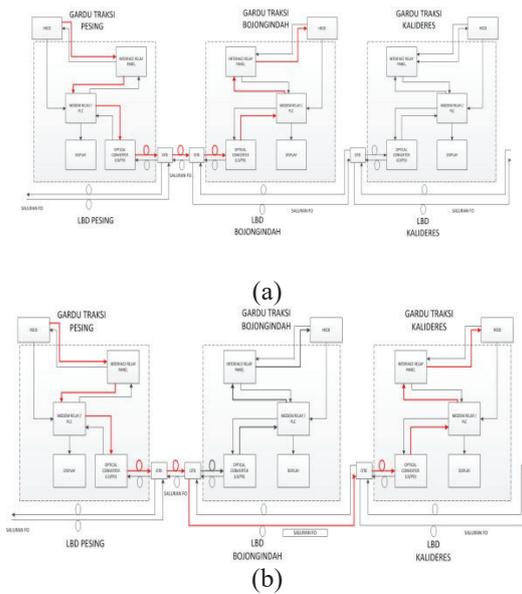
Pada uji coba ini disimulasikan sistem kerja LBD setelah diaplikasikan perangkat fiber optic, prosedur yang dilakukan yaitu dengan mengoperasikan selector switch pada panel IRP dan mensimulasikan mengirimkan seolah-olah adanya sinyal trip pada perangkat LBD GT. pesing sampai dengan GT. Batuceper. Hasil simulasi ditampilkan pada tabel di bawah ini dan akan dicatat waktu respon antar peralatan saat mengirimkan sinyal trip.



Gambar 12 Interface Relay Panel (IRP)

Relay Interface unit, mempunyai pilihan Service, Test, dan Bypass yang akan diuji pada simulasi ini :

- Test. Pada posisi ini Sinyal trip out tidak dikirim ke luar. Sinyal trip in tidak menjatuhkan HSCB pada gardu yang bersangkutan
- Service. Pada posisi ini Sinyal trip out dikirim ke luar. Sinyal trip in menjatuhkan HSCB pada gardu yang bersangkutan.
- By Pass. Meneruskan sinyal trip in dikirim ke gardu berikutnya.



Gambar 13 Interkoneksi Perangkat antar Gardu Traksi Pada Posisi Normal (a) dan Bypass (b)

Tabel 5 Hasil Simulasi Uji Coba Kinerja LBD

Gardu Traksi	Normal	Bypass	Posisi Selector saat pengujian		Auto Reclose		Sinyal Trip		Keterangan
			Test	Service	Ya	Tidak	Trip In (receive)	Trip Out (send)	
GT. Batuaceper (Bpr)		Bpr - Bpr Hulu	*	*	*	*	OK	OK	Sendang dan Receive Berfungsi
		Bpr - Bpr Hilir	*	*	*	*	OK	OK	
		Bpr - Bpr Hulu	*	*	*	*	OK	OK	
		Bpr - Kds Hilir	*	*	*	*	OK	OK	
		Bpr - Kds Hulu	*	*	*	*	OK	OK	
GT. Kalideres (Kds)		Kds - Psg Hulu	*	*	*	*	OK	OK	Sendang dan Receive Berfungsi
		Kds - Psg Hilir	*	*	*	*	OK	OK	
		Kds - Bpr Hulu	*	*	*	*	OK	OK	
		Kds - Bpr Hilir	*	*	*	*	OK	OK	
		Kds - Bpr Hulu	*	*	*	*	OK	OK	
GT. Bojongindah (Boi)		Boi - Psg Hilir	*	*	*	*	OK	OK	Sendang dan Receive Berfungsi
		Boi - Kds Hulu	*	*	*	*	OK	OK	
		Boi - Kds Hilir	*	*	*	*	OK	OK	
GT. Pesing (Psg)		Psg - Bpr Hulu	*	*	*	*	OK	OK	Sendang dan Receive Berfungsi
		Psg - Bpr Hilir	*	*	*	*	OK	OK	

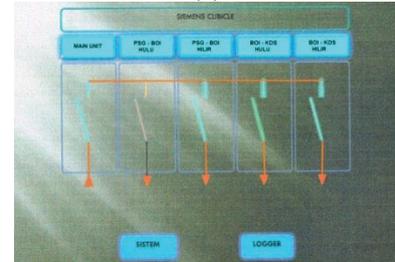
Berdasarkan data tabel diatas dapat dilihat bahwa LBD Pesing, LBD Bojongindah, LBD kalideres, dan LBD Batuaceper bekerja dengan baik. Dapat dilihat dari saat mengirim dan menerima sinyal trip baik dalam keadaan normal maupun bypass sinyal tersebut dapat diterima dan diteruskan untuk mengeksekusi HSCB agar trip. Pada kondisi autoreclose ada beberapa HSCB yang tidak autoreclose ini dikarenakan setting waktu auto reclose pada tiap HSCB berbeda-beda.

Histori Hasil Pengujian tersebut juga terrekam pada display monitor yang terpasang pada perangkat LBD, Selain merekam hasil pengujian

monitor ini juga dapat merekam semua histori gangguan pada perangkat maupun saluran transmisinya



(a)



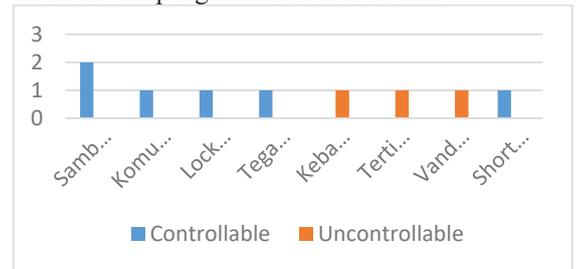
(b)

Gambar 14 Data Logger pada display panel (a) dan tampilan kondisi HSCB (b)

3.2 Analisa Berdasarkan Jumlah Gangguan

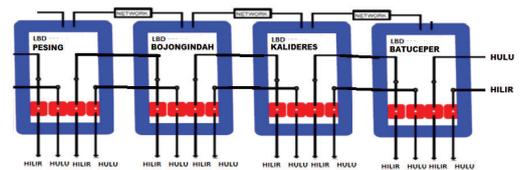
Beberapa LBD saat ini masih banyak memakai Copper wire (LBD Meiden) dibanding fiber optic (LBD CGA) dan pada sistem tersebut sering bekerja tidak optimal dikarenakan gangguan pada salurannya.

Jumlah gangguan (gambar 15) pada LBD Meiden yang menggunakan Copper Wire lebih banyak dibandingkan jumlah gangguan pada LBD CGA yang memakai Fiber Optik, Sedangkan jenis gangguan pada fiber optic semuanya lebih kepada hal Non Teknis (Uncontrollable) sehingga dapat disimpulkan bahwa LBD meiden dapat diandalkan untuk sistem pengamanan Gardu Traksi.



Gambar 15 Grafik Data Gangguan LBD di Gardu Traksi unit LAA PT. KAI (Persero)

3.3 Link Pesing – Batuaceper



Gambar 16 Link Komunikasi Optik LBD Pesing – Batuaceper

Penelitian yang dilakukan meliputi melakukan perhitungan dan pengukuran terhadap power link budget dan rise time budget untuk semua core yang digunakan pada setiap link-nya. Sebagai

acuan data teknis yang digunakan dalam sistem transmisi jaringan serat optik

3.4 Perhitungan Power Link Budget dan Rise Time Budget

Pada perhitungan ini, sejumlah data diambil dari ketentuan dan data teknis yang ada, dimana dapat dilihat satu contoh perhitungan Link Pesing – Bojongindah

Tabel 6 Spesifikasi Link Pesing-Bojongindah (λ) = 1310 nm

Parameter	Pesing-Bojongindah
Jarak	3.829 km
JenisKabel	Single Mode
TipeKabel	G.655C
Jumlah Splice	2 splice
JumlahKabel	3 haspel
Loss Fiber	0.35 dB
Loss Splice	0.1 dB
Loss konektor	0.5 dB
Margin sistem	5 dB
RedamanKabel	0.35 dB ($\lambda=1310$ nm) 0.22 dB ($\lambda=1550$ nm)
Rise time transmitter	35 ps
Rise time receiver	35 ps
Dispersikromatis (D)	4.3 ps/(nm.km)
Lebarspektra	0.1 nm
Daya Transmitter	4 dBm
Daya Receiver	-4 dBm

- Loss Fiber (L_f)
 $\alpha_f = L \times L_f = 3.829 \text{ km} \times 0.35 \text{ dB} = 1.34 \text{ dB}$
- Loss Splice (L_s)
 $\alpha_s = N_s \times L_s = 2 \times 0.1 \text{ dB} = 0.2 \text{ dB}$
- Loss Konektor (L_c)
 $\alpha_c = N_c \times L_c = 2 \times 0.5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$

Perhitungan Power Link Budget
 $P_r = P_t - \alpha_f - \alpha_s - \alpha_c = (4 \text{ dbm}) - 1.34 - 0.2 - 1 = 1.46 \text{ dBm}$

Perhitungan Rise Time Budget
 $t_f = D \cdot \sigma_\lambda \cdot L_{sist} = (4.3) \cdot 0.1 (3.829) = 1.64 \text{ ps}$

Maka nilai rise time sistem sebagai berikut :
 $t_{sist}^2 = t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2 = 35^2 + 35^2 + 1.64^2 = 2452.6896$
 $t_{sist} = 49.52 \text{ ps}$

Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa nilai ini berada di bawah ketentuan KPI yaitu $\leq 70 \text{ ps}$.

3.5 Perhitungan Power Link Budget dan Rise Time Budget Berdasarkan hasil pengukuran OTDR

Hasil pengamatan melalui OTDR kemudian dipakai untuk melakukan perhitungan power link budget dan rise time budget.

Contoh perhitungan pengolahan hasil pengukuran untuk link Pesing – Batucapeper menggunakan Panjang gelombang (λ)=1310nm.



Gambar 17 Tampilan hasil pengukuran OTDR Link Pesing – Bojongindah.

- Loss Fiber (L_f)
 $\alpha_f = L \times L_f = 3.829 \text{ km} \times 0.404 = 1.5 \text{ dB}$
- Loss Splice (L_s)
 $\alpha_s = N_s \times L_s = 1.5 \times 0,110 \text{ dB} = 0,16 \text{ dB}$
- Loss Konektor (L_c)
 $\alpha_c = N_c \times L_c = 2 \times 0,5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$

Perhitungan Power Link Budget
 $P_r = P_t - \alpha_f - \alpha_s - \alpha_c = (4 \text{ dbm}) - 1.5 - 0.16 - 1 = 1,34 \text{ dBm}$

Dengan cara yang sama dapat dihitung pula power link budget pada link yang lainnya

Perhitungan Rise Time Budget
 $t_f = D \cdot \sigma_\lambda \cdot L_{sist} = (4.3) \cdot 0.1 (3.829) = 1.64 \text{ ps}$
Maka nilai rise time sistem sebagai berikut :
 $t_{sist}^2 = t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + t_f^2 = 35^2 + 35^2 + 1.64^2 = 2452.6896$
 $t_{sist} = 49.52 \text{ ps}$

Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa nilai ini sesuai ketentuan KPI yaitu $\leq 70 \text{ ps}$. Dengan cara yang sama dapat dihitung pula rise time budget pada link yang lainnya.

3.6 Analisis Nilai Redaman

Analisa redaman sangat diperlukan untuk mengetahui kelayakan jalur instalasi jaringan serat optik link Pesing - Batucapeper. Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Nilai redaman hasil perhitungan dan pengukuran

No	Link	$\lambda = 1310 \text{ nm}$				$\lambda = 1550 \text{ nm}$			
		Perhitungan (dB)		Pengukuran (dB)		Perhitungan (dB)		Pengukuran (dB)	
		Kabel	Splice	Kabel	Splice	Kabel	Splice	Kabel	Splice
1	Pesing - Bojongindah	1.34	0.2	1.5	0.16	0.85	0.2	1.8	0.37
2	Bojongindah - Kalideres	1.34	0.2	1.56	0.40	0.85	0.2	1.6	0.43
3	Kalideres - Batucapeper	1.35	0.2	1.53	0.4	0.85	0.2	1.7	0.46

Redaman kabel hasil perhitungan nilainya berbeda dengan redaman kabel hasil pengukuran OTDR. Bila dilihat pada seluruh link Pesing-Batucapeper dengan panjang gelombang ($\lambda=1310 \text{ nm}$) semua nilai redaman kabel hasil pengukuran

OTDR nilainya lebih besar dibandingkan hasil perhitungan, hal ini disebabkan karena untuk perhitungan kabel diasumsikan baru (kondisi ideal), sedangkan pada saat pengukuran dilakukan terhadap kabel yang memang sudah digelar di lapangan, jadi sudah terpengaruh oleh berbagai kondisi lingkungan yang menyebabkan redamannya bertambah. Sedangkan untuk redaman sambungan (splice) dengan panjang gelombang ($\lambda=1550$ nm) untuk link Duri-Tanahabang nilai hasil pengukuran lebih besar dibandingkan dengan nilai hasil perhitungan, hal ini disebabkan oleh tidak sempurnanya pada saat penyambungan kabel (splicing).

3.7 Analisis Power Link Budget

Dengan menghitung Power Link Budget, maka akan dapat diketahui kelayakan performansi Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO). Di bawah ini adalah tabel daya terima (P_r) hasil perhitungan dan pengukuran berdasarkan OTDR untuk panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm :

Tabel 8 Nilai daya terima hasil perhitungan dan pengukuran

No	Link	$\lambda=1310$ nm		$\lambda=1550$ nm	
		Perhitungan (dBm)	Pengukuran (dBm)	Perhitungan (dBm)	Pengukuran (dBm)
1	Pesing - Bojongindah	1,46	1,34	1,95	0,851
2	Bojongindah - Kalideres	1,44	1,26	1,95	-2,81
3	Kalideres - Batucapeur	1,32	1,097	1,95	0,268

Daya terima hasil pengukuran OTDR berbeda nilainya dengan nilai hasil perhitungan. Hal ini disebabkan karena pada daya terima hasil pengukuran memiliki nilai redaman yang besar baik dari redaman kabel maupun redaman sambungan. Akan tetapi nilai total keseluruhan hasil power link budget berdasarkan pengukuran nilainya masih dibawah standar KPI (Key Performance Indicator) sebesar ≤ -4 dBm, maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran nilainya masih memenuhi ketentuan.

3.8 Analisis Rise Time Budget

Evaluasi terhadap parameter ini diperlukan karena dalam Sistem Komunikasi Serat Optik (SKSO) terdapat dispersi yang harus diperhatikan agar informasi dalam jaringan serat optik tetap terjamin dan system dapat melewati bit rate yang ditransmisikan. Dengan perhitungan rise time budget dapat ditentukan batasan dispersi maksimum suatu jaringan transmisi dan dapat diketahui kemungkinan terjadinya degradasi (penurunan) sinyal digital sepanjang jaringan transmisi yang disebabkan oleh komponen yang digunakan.

Tabel 9 Rise time budget hasil perhitungan dan pengukuran $\lambda=1310$ nm dan 1550 nm

No	Link	$\lambda=1310$ nm		$\lambda=1550$ nm	
		Perhitungan (ps)	Pengukuran (ps)	Perhitungan (ps)	Pengukuran (ps)
1	Pesing - Bojongindah	49,52	49,52	49,5246	49,5
2	Bojongindah - Kalideres	49,531	49,5311	49,5312	49,5353
3	Kalideres - Batucapeur	49,525	49,52	49,534	49,535

Hasil rise time budget pengukuran OTDR disemua link apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan berdasarkan data spesifikasi LBD, memiliki perbedaan selisih yang sangat kecil. Dari hasil perhitungan dan pengukuran OTDR didapat bahwa semua link memenuhi syarat $tsist \leq 70$ ps artinya adalah dispersi yang ada pada sistem tersebut masih dalam batas normal yang berarti tidak mengganggu kinerja sistem.

IV SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data simulasi gangguan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa Link komunikasi pada LBD Pesing, LBD Bojongindah, LBD kalideres, dan LBD Batucapeur bekerja dengan baik. Dapat dilihat dari saat mengirim dan menerima sinyal trip baik dalam keadaan normal maupun bypass sinyal tersebut dapat diterima dan diteruskan untuk mengeksekusi breaker agar trip. Pada kondisi autoreclose ada beberapa breaker yang tidak autoreclose ini dikarenakan setting waktu autoreclose pada tiap breaker berbeda-beda
2. Implementasi perangkat SKSO yang digunakan dapat meningkatkan sistem pengamanan pada LBD, dapat dibuktikan dengan data gangguan pada tahun 2017 jumlah gangguan menurun dibandingkan dengan LBD yang menggunakan Copper Wire gangguan yang terjadi pada perangkat SKSO hanya bersifat Uncontrollable (non teknis)
3. Hasil perhitungan power link budget sebagai contoh untuk link Pesing-Bojongindah dengan $\lambda=1330$ nm sebesar 0,26 dBm sedangkan hasil pengukuran nilainya -0,3 dBm. Untuk link dengan $\lambda=1550$ nm nilai power link budgetnya sebesar 1,21 dBm, sedangkan hasil pengukuran nilainya sebesar 0,85 dBm. Nilai total keseluruhan hasil power link budget berdasarkan pengukuran nilainya masih memenuhi standar KPI (Key Performance Indicator) sebesar ≤ -4 dBm. Hal yang sama juga terjadi pada link yang lainnya.
4. Hasil perhitungan dan pengukuran rise time budget untuk semua link dengan $\lambda=1330$ nm dan $\lambda=1550$ nm hasilnya rata-rata sebesar 49 ps. Hasil ini masih memenuhi syarat $tsist \leq 70$ ps artinya adalah dispersi yang ada pada

sistem tersebut masih dalam batas normal yang berarti tidak mengganggu kinerja sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hantoro, Gunadi Dwi (2015). Fiber Optic, Informatika, Bandung
- [2] Crisp, John & Barry Elliot (2006) Serat Optik: Sebuah Pengantar, Erlangga, Bandung
- [3] Agrawal, Govind. P (2002) Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition, John Wiley & Sons Inc Publication, Rochester New York
- [4] Anonim (2010) Training LBD CGA, Cristalenta Pratama, Jakarta
- [5] Anonim,(2001) Training LBD Meidensha, PT.Meidensha Engineering Indonesia Joint Operator, Jakarta
- [6] Andeskob Topan Indra dan Harmadi. 2014. Karakterisasi Sistem Sensor Serat Optik Berdasarkan Efek Gelombang Evanescent. Jurnal Fisika Unand Vol. 3, No.1, 1 Januari
- [7] Praja, Fazar Guntara, Dwi Aryanta, dan Lita Lidyawati. 2013. Analisis Perhitungan dan Pengukuran Transmisi Jaringan Serat Optik Telkomsel Regional Jawa Tengah. Jurnal Reka Elkomika Vol.1, No.1, 1 Januari
- [8] Efriyanda, Okses, Delsina Faiza, dan Ahmaddul Hadi 2014. Analisis Kinerja Sistem Komunikasi Serat Optik Dengan Menggunakan Metode Power Link Budget dan Rise Time Budget Pada PT. Telkom (Studi Kasus Link Batusangkar – Lintau). Jurnal Vokasional Teknik Elektronika & Informatika Vol. 2, No. 2, 2 Juli
- [9] Supartono, Anita, Bambang Suripno, dan Yanti. 2011. Perancangan dan Analisis Transport OAN (Optical Access Network) Siemens di Daerah Sentral Dago, Jurnal Electrical Engineering Vol. 2 No. 1, 5 Desember
- [10] Safitri, Dhian Ulfa, Rizal Munadi, dan Hubbul Walidainy. 2016, Analisis Kualitas Jaringan Akses Indihome Untuk Teknologi GPON dan MSAN di STO Darussalam, Jurnal Online Teknik Elektro, Vol.1 No.3, 3 Juli
- [11] Alona Situmeang, 2016, Analisa Linked Breaking Device (LBD) DI PT. KAI (Persero) Wilayah Stasiun Tanah Abang