



**ANALISIS PENGARUH DISPERSI TERHADAP MEDIA TRANSMISI
PADA SERAT OPTIK *SINGLE MODE*
DI PT TELKOM RUNGKUT SURABAYA**

SKRIPSI

Oleh:

**Augyna Swietenia Prihadian
NIM 121910201060**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**ANALISIS PENGARUH DISPERSI TERHADAP MEDIA TRANSMISI
PADA SERAT OPTIK *SINGLE MODE*
DI PT TELKOM RUNGKUT SURABAYA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Elektro
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

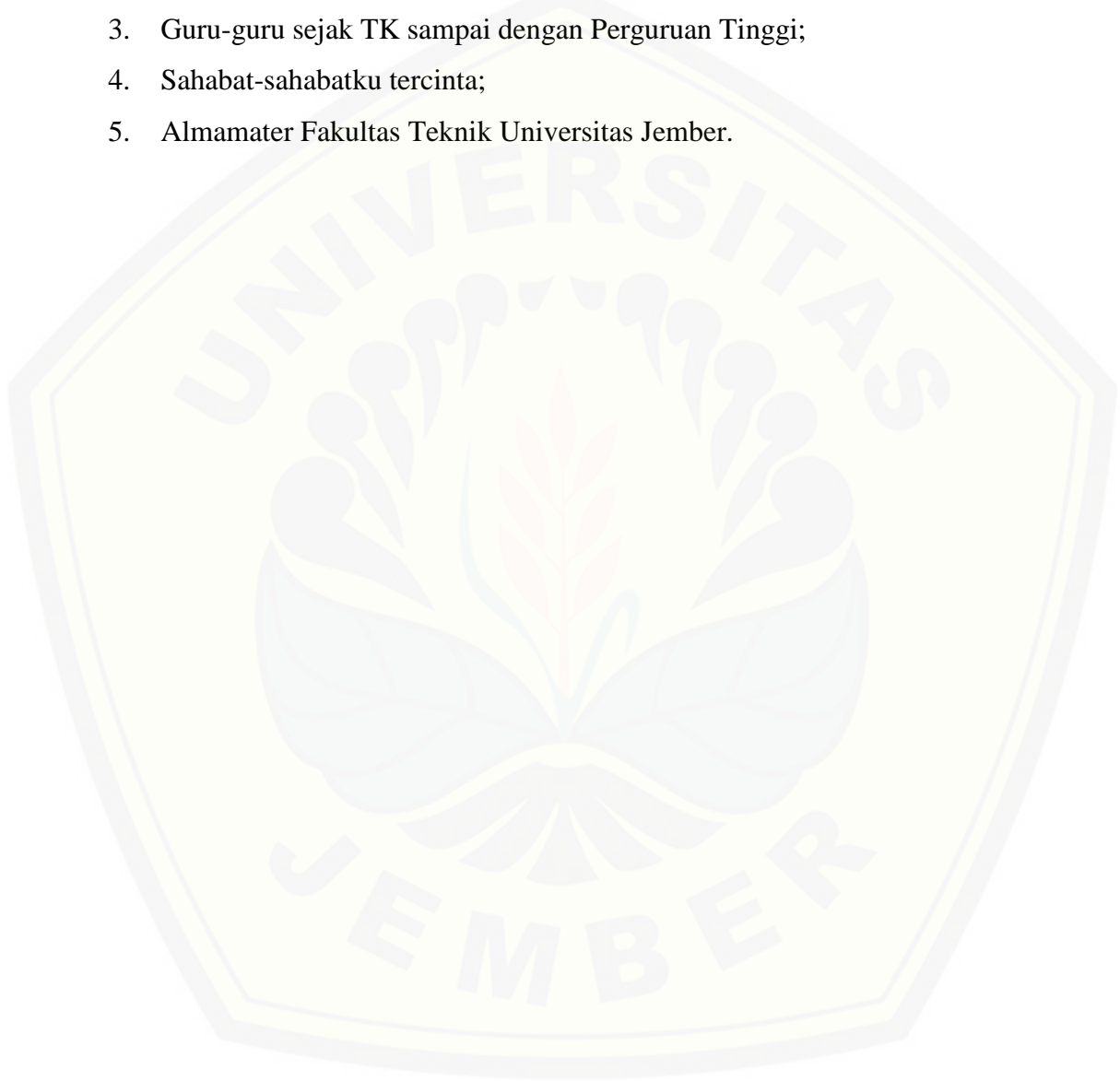
**Augyna Swietenia Prihadian
NIM 121910201060**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Suprihati dan Ayahanda Sigit Rahadianto tersayang;
2. Adikku Andro Aditya Prihadhika, dan semua saudaraku yang terkasih;
3. Guru-guru sejak TK sampai dengan Perguruan Tinggi;
4. Sahabat-sahabatku tercinta;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.



MOTTO

“Hai orang-orang yang beriman, Jadikanlah sabar dan sholatmu Sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”
(terjemahan Al-Quran Surat Al-Baqarah ayat 153)

“Kemenangan yang seindah-indahnya dan sesukar-sukarnya yang boleh direbut oleh manusia ialah menundukan diri sendiri.”
(R.A. Kartini)

“Akal dan belajar adalah itu seperti raga dan jiwa. Tanpa raga, jiwa hanyalah udara hampa. Tanpa jiwa, raga adalah kerangka tanpa makna.”
(Kahlil Gibran)

“Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari satu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat.”
(Winston Churchill)

“Segala sesuatu itu sudah diatur oleh-Nya, tinggal seberapa anda mau bersabar, berusaha, dan berdoa untuk memperjuangkan sesuatu menjadi lebih baik lagi.”
(Augyna Swietenia Prihadian)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Augyna Swietenia Prihadian

NIM : 121910201060

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Dispersi Terhadap Media Transmisi pada Serat Optik *Single Mode* di PT. Telkom Rungkut Surabaya” adalah benar-benar hasil kerja sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas kesalahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademis jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 April 2016

Yang menyatakan,

Augyna Swietenia Prihadian

NIM. 121910201060

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH DISPERSI TERHADAP MEDIA TRANSMISI
PADA SERAT OPTIK *SINGLE MODE*
DI PT TELKOM RUNGKUT SURABAYA**

Oleh

Augyna Swietenia Prihadian
NIM 121910201060

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bambang Supeno, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pengaruh Dispersi Terhadap Media Transmisi pada Serat Optik *Single Mode* di PT. Telkom Rungkut Surabaya” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 27 April 2016

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Mengetahui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Bambang Supeno, S.T., M.T.

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

NIP 196906301995121001

NIP 198405312008121004

Tim Penguji:

Penguji I,

Penguji II,

Widjonarko, Amd., S.T., M.T.

Satryo Budi Utomo, S.T., M.T.

NIP 197109081999031001

NIP 198501262008011002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

NIP 196612151995032001

Analisis Pengaruh Dispersi Terhadap Media Transmisi pada Serat Optik *Single Mode* di PT. Telkom Rungkut Surabaya

Augyna Swietenia Prihadian

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Dalam komunikasi serat optik masih terdapat rugi-rugi daya, yang salah satunya diakibatkan oleh dispersi. Dispersi merupakan peristiwa melebarnya pulsa sebuah sinyal pada transmisi serat optik, apabila pelebaran ini terlalu besar maka pulsa-pulsa yang berdekatan akan sulit dibedakan. Oleh karena itu pada penelitian akan ini dilakukan analisis pengaruh dispersi terhadap media serat optik *single mode* di PT Telkom Rungkut Surabaya. Metode penelitiannya berupa pengukuran dispersi kromatik dengan menggunakan JDSU MTS-8000 dan perhitungan secara teori. Adapun parameter yang digunakan yaitu dispersi kromatik, *rise time budget* dan *dispersion power penalty*. Pada hasil analisis didapatkan bahwa pada link Surabaya – Lamongan ruas Rungkut – Kebalen dengan λ 1550 nm nilai dispersi kromatik sebesar 4,615 ps/nm.km, *rise time budget* sebesar 25,08648 ps dan *dispersion power penalty* sebesar $6,9921 \cdot 10^{-08}$ dB. Pada link Surabaya – Pasuruan ruas Rungkut – Gempol dengan λ 1550 nm nilai dispersi kromatik sebesar 4,193 ps/nm.km, *rise time budget* sebesar 57,69640 ps dan *dispersion power penalty* sebesar $4,81594 \cdot 10^{-07}$ dB. Pada link Surabaya – Malang ruas Rungkut – Pandaan dengan λ 1550 nm nilai dispersi kromatik sebesar 4,036 ps/nm.km, *rise time budget* sebesar 32,1403 ps dan *dispersion power penalty* sebesar $4,18794 \cdot 10^{-09}$ dB. Hasil dari ketiga link tidak mempengaruhi kinerja sistem karena masih memenuhi nilai standar yaitu pada *rise time budget* $t_{\text{sist}} \leq 70$ ps dan pada *dispersion power penalty* $P_d \leq 2$ dB.

Kata kunci: serat optik, dispersi, *rise time budget*, *dispersion power penalty*.

Analysis of Dispersion Effect to Single Mode Optical Fiber Transmission in PT. Telkom Rungkut Surabaya

Augyna Swietenia Prihadian

Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University

ABSTRACT

In optical fiber communication, there are few power loss which is caused by dispersion. Dispersion is the incidence of widening the pulse signal in optical fiber transmission, when the widening the signal is too large, then the adjacent pulses will be difficult to be distinguished. Therefore, this study will analyze the effect of dispersion of the single mode fiber optic media transmission in PT Telkom Rungkut Surabaya. The research is about chromatic dispersion measurement by using the JDSU MTS-8000 equipment and theoretical calculations. There are some parameters measured in this study such as chromatic dispersion, rise time budget and dispersion power penalty. The analysis shows that the link of Surabaya - Lamongan in Rungkut - Kebalen segment with λ 1550 nm, the chromatic dispersion value was 4,615 ps / nm.km, rise time budget of 25.08648 ps with the dispersion power penalty of 6,9921.10⁻⁰⁸ dB. While the link of Surabaya - Pasuruan in Rungkut - Gempol segment with λ 1550 nm, the chromatic dispersion value was 4,193 ps / nm.km, rise time budget of 57.69640 ps with the dispersion power penalty of 4,81594.10⁻⁰⁷ dB. In Surabaya - Malang in Rungkut - Pandaan segment, the link with λ 1550 nm, the chromatic dispersion value was 4,036 ps / nm.km, rise time budget of 32,1403 ps with the dispersion power penalty of 4,18794.10⁻⁰⁹ dB. As a result, all of the links does not affect system performance since they meet the standards where the standard value of sist rise time budget $t_{sist} \leq 70$ ps and the dispersion power penalty $P_d \leq 2$ dB.

Keywords: *optical fiber, dispersion, rise time budget, dispersion power penalty.*

RINGKASAN

Analisis Pengaruh Dispersi Terhadap Media Transmisi pada Serat Optik Single Mode di PT. Telkom Rungkut Surabaya; Augyna Swietenia Prihadian, 121910201060; 2016; 91 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada perkembangan teknologi dan informasi saat ini, kebutuhan layanan internet dan multimedia dengan menggunakan kabel serat optik sebagai media transmisi data, masih mengalami rugi-rugi daya yang salah satunya diakibatkan oleh dispersi. Dispersi ini menyebabkan pelebaran pulsa-pulsa yang ditransmisikan pada ujung serat optik. Bila pulsa-pulsa tersebut diterima pada ujung yang lain akan membatasi jumlah *bit rete* atau pulsa-pulsa perunit waktu yang dapat di deteksi pada jarak tertentu. Nilai dispersi pada sistem harus lebih kecil dari nilai *bit rate* agar tidak mengganggu kinerja dari sistem. Untuk mengatasi dispersi perlu dilakukan *dispersion power penalty* yaitu dengan menaikkan daya input pada *receiver* untuk mengurangi degradasi pada *BER*.

Dilihat dari berbagai permasalahan tersebut, maka penulis memiliki sebuah usulan untuk menganalisis dispersi pada media transmisi serat optik antar kota, di daerah Jawa Timur dengan pusat di PT Telkom Rungkut Surabaya. Diharapkan dari penelitian tersebut dapat diperoleh nilai dispersi kromatik, *rise time budget* dan *dispersion power penalty* dengan menggunakan metode pengukuran dan perhitungan sehingga dapat mengetahui performansi kinerja sistem akibat adanya dispersi tersebut.

Metode penelitiannya berupa pengukuran dispersi kromatik dengan menggunakan JDSU MTS-8000 dan perhitungan secara teori. Adapun parameter yang digunakan yaitu dispersi kromatik, *rise time budget* dan *dispersion power penalty*. Pada hasil analisis didapatkan bahwa pada link Surabaya – Lamongan ruas Rungkut – Kebalen dengan λ 1550 nm nilai dispersi kromatik sebesar 4,615 ps/nm.km, *rise time budget* sebesar 25,08648 ps dan *dispersion power penalty* sebesar $6,9921 \cdot 10^{-08}$ dB. Pada link Surabaya – Pasuruan ruas Rungkut – Gempol

dengan λ 1550 nm nilai dispersi kromatik sebesar 4,193 ps/nm.km, *rise time budget* sebesar 57,69640 ps dan *dispersion power penalty* sebesar $4,81594 \cdot 10^{-07}$ dB. Pada link Surabaya – Malang ruas Rungkut – Pandaan dengan λ 1550 nm nilai dispersi kromatik sebesar 4,036 ps/nm.km, *rise time budget* sebesar 32,1403 ps dan *dispersion power penalty* sebesar $4,18794 \cdot 10^{-09}$ dB. Hasil dari ketiga link tidak mempengaruhi kinerja sistem karena masih memenuhi nilai standar yaitu pada *rise time budget* $t_{\text{sist}} \leq 70$ ps dan pada *dispersion power penalty* $P_d \leq 2$ dB.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Dispersi Terhadap Media Transmisi pada Serat Optik *Single Mode* di PT. Telkom Rungkut, Surabaya“. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan segala pencerahan serta pertolongan-Nya;
2. Ayahanda Drs. Sigit Rahadianto, Ibunda Suprihati, S.E., M.M., dan saudara saya Andro Aditya Prihadhika tercinta, yang telah membantu baik moral dan materil, mendoakan, mendidik, dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini;
3. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Dr. Tri Wahyu Hardianto, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Bambang Supeno, S.T., M.T., dan Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dodi Setiabudi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
6. Widjonarko, Amd., S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Satryo Budi Utomo, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik, saran dan pengarahan yang sangat membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi ini;
7. Dr. Tri Wahyu Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingannya selama menjadi mahasiswa.

8. Guru-guru tercinta TK Asyiah, SDN Jaten 4, SMPN 7 Surakarta, SMAN 5 Surakarta dan seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember, terimakasih atas segala ilmu pengetahuan dan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
9. Keluarga besar Teknik Elektro SATE UJ angkatan 2012, saya bangga pernah menjadi bagian dari kalian. Terimakasih atas dukungan, motivasi dan segala pengalaman yang telah kalian berikan;
10. Saudara dan keluarga saya di kota perantauan Citra Yanuarti, Farah Oktauliah, Pakde Subandi, Bude Endang Sri Astuti, Anggraina Diastri, Neki, Kak Suci, dan Mama Regina terimakasih atas segala bantuan, doa dan dukungannya;
11. Sahabat suka duka selama di kota perantauan Dinar Adibya Wirawan, Awang Karisma Asad Adi Asta, Krisnawan Putra Kumala, Achmad Yusuf Ali Shofi, dan Vicky Fachriza Maulana terimakasih atas segala bantuan, doa dan dukungannya;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 27 April 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN BIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Komunikasi Serat Optik.....	5
2.2 Serat Optik.....	5
2.3 Keuntungan Serat Optik.....	6
2.4 Bagian Serat Optik.....	6

2.5 Jenis Serat Optik	7
2.6 Kode Warna Pada Kabel Serat Optik	9
2.6.1 Selubung Luar Kabel Serat Optik	9
2.6.2 Konektor Kabel Serat Optik	9
2.7 Rugi-Rugi Pada Serat Optik	12
2.8 Dispersi Pada Serat Optik	13
2.8.1 Dispersi Intermodal	14
2.8.2 Dispersi Intramodal	14
2.9 Rise Time Budget.....	16
2.10 Dispersion Power Penalty	17
2.11 JDSU MTS-8000	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Flowchart Penelitian.....	21
3.2 JDSU MTS-8000 ke Serat Optik G.655.....	22
3.3 Jalur Pengukuran Jaringan Serat Optik	22
3.4 Dispersi Kromatik	23
3.5 Rise Time Budget.....	24
3.6 Dispersion Power Penalty	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil Pengambilan Data	28
4.2 Analisis Dispersi Kromatik, Rise Time Budget dan Dispersi Power Penalty di PT. Telkkom Rungkut Surabaya	33
4.2.1 Analisis Dispersi Kromatik	33
4.2.2 Analisis Rise Time Budget.....	37
4.2.3 Analisis Dispersion Power Penalty	39
BAB 5. PENUTUP.....	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42

DAFTAR PUSTAKA 43

LAMPIRAN..... 44



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Warna Selubung Luar / <i>Jacket</i>	9
Tabel 2.2 Jenis-jenis Warna Konektor	12
Tabel 4.1 Pengukuran Panjang Serat Optik PT. Telkom	30
Tabel 4.2 Parameter <i>Rise Time Budget</i> PT. Telkom Link Surabaya – Lamongan dan Link Surabaya – Malang	30
Tabel 4.3 Parameter <i>Rise Time Budget</i> PT. Telkom Link Surabaya – Pasuruan..	30
Tabel 4.4 Pengukuran Dispersi Kromatik PT. Telkom Link Surabaya – Lamongan Ruas Rungkut - Kebalen	31
Tabel 4.5 Pengukuran Dispersi Kromatik PT. Telkom Link Surabaya – Pasuruan Ruas Rungkut - Gempol.....	31
Tabel 4.6 Pengukuran Dispersi Kromatik PT. Telkom Link Surabaya – Malang Ruas Rungkut - Pandaan	31
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Perhitungan dan Pengukuran Dispersi Kromatik PT. Telkom Link Surabaya – Lamongan Ruas Rungkut - Kebalen	34
Tabel 4.8 Perbandingan Nilai Perhitungan dan Pengukuran Dispersi Kromatik PT. Telkom Link Surabaya – Pasuruan Ruas Rungkut - Gempol	34
Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Perhitungan dan Pengukuran Dispersi Kromatik PT. Telkom Link Surabaya – Malang Ruas Rungkut – Pandaan	35
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan <i>Rise Time Budget</i> di PT. Telkom Rungkut.....	38
Surabaya.....	38
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan <i>Dispersion Power Penalty</i> di PT. Telkom Rungkut Surabaya.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perambatan Cahaya pada Serat Optik	5
Gambar 2.2 Bagian Serat Optik	6
Gambar 2.3 Serat Optik <i>Sigle Mode</i>	7
Gambar 2.4 Serat Optik <i>Multimode</i>	8
Gambar 2.5 Konektor FC	10
Gambar 2.6 Konektor SC	10
Gambar 2.7 Konektor ST	10
Gambar 2.8 Konektor <i>Biconic</i>	11
Gambar 2.9 Konektor D4	11
Gambar 2.10 Konektor SMA	11
Gambar 2.11 Gelombang Sebelum dan Sesudah Dispersi.....	13
Gambar 2.12 JDSU MTS-8000.....	19
Gambar 3.2 Pengukuran Dispersi Kromatik Dengan JDSU MTS-8000.....	22
Gambar 3.3 Jalur Pengukuran Dispersi.....	23
Gambar 4.1 Konfigurasi Serat Optik Link Surabaya – Lamongan.....	28
Gambar 4.2 Konfigurasi Serat Optik Link Surabaya – Pasuruan	29
Gambar 4.3 Konfigurasi Serat Optik Link Surabaya – Malang.....	29
Gambar 4.4 Grafik Pengukuran Dispersi Kromatik PT. Telkom Link Surabaya – Lamongan Ruas Rungkut - Kebalen	32
Gambar 4.5 Grafik Pengukuran Dispersi Kromatik PT. Telkom Link Surabaya – Pasuruan Ruas Rungkut - Gempol	32
Gambar 4.6 Grafik Pengukuran Dispersi Kromatik PT. Telkom Link Surabaya – Malang Ruas Rungkut - Pandaan	33
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai Perhitungan dan Pengukuran Dispersi Kromatik Link Surabaya – Lamongan Ruas Rungkut - Kebalen	35
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Nilai Perhitungan dan Pengukuran Dispersi Kromatik Link Surabaya – Pasuruan Ruas Rungkut - Gempol	36

Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Nilai Perhitungan dan Pengukuran Dispersi Kromatik Link Surabaya – Malang Ruas Rungkut - Pandaan 36

Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Total *Bandwidth* dan *Rise Time Budget*..... 38



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perkembangan teknologi dan informasi saat ini, kebutuhan layanan internet dan multimedia dengan menggunakan kabel serat optik sebagai media transmisi data, masih mengalami rugi-rugi daya yang salah satunya diakibatkan oleh dispersi. Dispersi ini menyebabkan pelebaran pulsa-pulsa yang ditransmisikan pada ujung serat optik. Bila pulsa-pulsa tersebut diterima pada ujung yang lain akan membatasi jumlah *bit rate* atau pulsa-pulsa perunit waktu yang dapat di deteksi pada jarak tertentu. Nilai dispersi pada sistem harus lebih kecil dari nilai *bit rate* agar tidak mengganggu kinerja dari sistem. Untuk mengatasi dispersi perlu dilakukan *dispersion power penalty* yaitu dengan menaikkan daya input pada *receiver* untuk mengurangi degradasi pada *BER*.

Serat optik merupakan saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisikan data dengan cara merubah sinyal listrik menjadi cahaya. Cahaya yang ada di dalam serat optik sulit keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser. Laser digunakan karena mempunyai spektrum yang sempit. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh M. Zulfin Romaria (Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara) dengan judul “Analisis Pengaruh Dispersi Terhadap Rugi-rugi Daya Transmisi Pada Serat Optik *Single Mode* Rekomendasi ITU-T Seri G.655”. Pada jurnal ini membahas pengaruh dispersi pada kabel serat optik *single mode* G.655 dengan membandingkan metode pengukuran dan perhitungan. Tetapi masih terdapat beberapa kekurangan misalkan pengukuran yang dilakukan hanya pada STO dengan jarak dekat. Dari latar belakang di atas penulis mempunyai usulan untuk menganalisis dispersi pada media transmisi serat optik antar kota, di daerah Jawa Timur dengan pusat di PT Telkom Rungkut Surabaya. Diharapkan dari penelitian tersebut dapat diperoleh nilai dispersi kromatik, *rise time budget* dan *dispersion*

power penalty dengan menggunakan metode pengukuran dan perhitungan sehingga dapat mengetahui performansi kinerja sistem akibat adanya dispersi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengukur dan menghitung besarnya nilai dispersi pada media transmisi serat optik di PT Telkom Rungkut Surabaya?
2. Bagaimana menghitung besarnya nilai *rise time budget* dan *dispersi power penalty* pada media transmisi serat optik di PT Telkom Rungkut Surabaya?
3. Bagaimana analisa pengaruh dispersi terhadap kinerja sistem pada media transmisi serat optik di PT Telkom Rungkut Surabaya?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besarnya nilai dispersi pada pengukuran dan perhitungan media transmisi serat optik di PT Telkom Rungkut Surabaya.
2. Mengetahui besarnya nilai *rise time budget* dan *dispersi power penalty* pada media transmisi serat optik di PT Telkom Rungkut Surabaya.
3. Menganalisa pengaruh dispersi terhadap kinerja sistem pada media transmisi serat optik di PT Telkom Rungkut Surabaya.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memperoleh nilai dispersi kromatik, *rise time budget* dan *dispersion power penalty* pada media transmisi serat optik di PT Telkom Rungkut Surabaya.
2. Memberikan informasi kepada PT Telkom Rungkut Surabaya tentang kinerja sistem akibat dari dispersi pada media transmisi serat optik, sehingga dapat dilakukan perbaikan apabila dispersi yang dideteksi terlalu besar.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas dan menghindari meluasnya masalah, maka batasan masalahnya yaitu:

1. Jaringan yang diteliti hanya di jaringan serat optik *single mode* dengan tipe seri G.655.
2. Dispersi yang akan dibahas yaitu dispersi kromatik.
3. Analisis kinerja sistem berdasarkan dispersi kromatik, *dispersion power penalty* dan *rise time budget*.
4. Hanya mengukur pada tiga sampel kota dengan pusat kota Surabaya yaitu link Surabaya – Lamongan dengan ruas Rungkut – Kebalen, link Surabaya – Malang dengan ruas Rungkut – Pandaan dan link Surabaya – Pasuruan dengan ruas Rungkut – Gempol.
5. Menganalisis data riil dari PT. Telkom Rungkut Surabaya.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan pembahasan, manfaat pembahasan dan sistematika pembahasan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan pustaka yang menguraikan pendapat-pendapat atau hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, landasan teori merupakan penjabaran dari tinjauan pustaka.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang analisa yang telah didapat dari proses perhitungan.

BAB 5. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan skripsi ini dan saran dari penulis untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

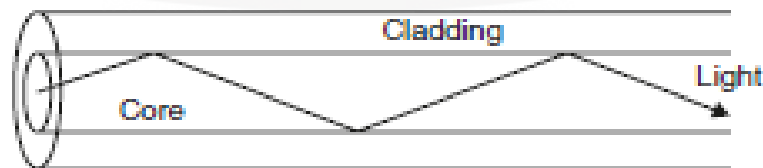
2.1 Sistem Komunikasi Serat Optik

Sistem komunikasi serat optik (SKSO) adalah sistem komunikasi yang dalam pengiriman informasinya menggunakan sumber optik sedangkan proses penerimaan informasinya menggunakan detektor optik, dalam proses pengiriman informasi tersebut menggunakan media transmisi kabel serat optik.

Perkembangan teknologi serat optik saat ini, telah dapat menghasilkan pelemahan (*attenuation*) kurang dari 20 *decibels* (dB)/km. Dengan lebar jalur (*bandwidth*) yang besar sehingga kemampuan dalam mentransmisikan data menjadi lebih banyak dan cepat dibandingkan dengan penggunaan kabel konvensional. Dengan demikian serat optik sangat cocok digunakan terutama dalam aplikasi sistem telekomunikasi. Pada prinsipnya serat optik memantulkan dan membiaskan sejumlah cahaya yang merambat di dalamnya (Mayrizka, 2012).

2.2 Serat Optik

Serat optik adalah saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus dan lebih kecil dari sehelai rambut, dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Sumber cahaya yang digunakan biasanya adalah laser atau LED. Kabel ini berdiameter lebih kurang 120 μm . Cahaya yang ada di dalam serat optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara, karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit seperti pada Gambar 2.1. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi (Agrawal, 2002).



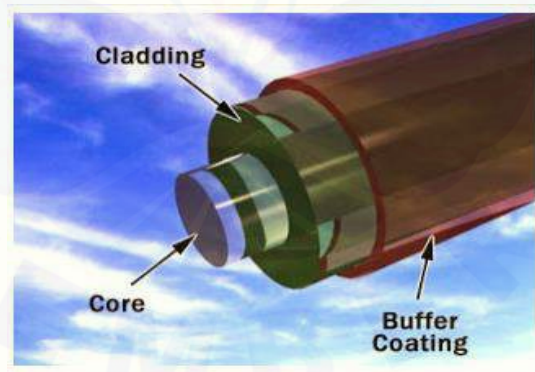
Gambar 2.1 Perambatan Cahaya pada Serat Optik

2.3 Keuntungan Serat Optik

Dalam penggunaan serat optik ini, terdapat beberapa keuntungan antara lain: (Keiser, 2000)

- a. Pembuatan kabel serat optik membutuhkan bahan yang relatif murah.
- b. Biaya pemasangan dan pengoperasian yang rendah serta tingkat keamanan yang lebih tinggi.
- c. Kerugian sinyal cahaya pada serat optik lebih sedikit daripada kerugian sinyal listrik pada kawat tembaga.
- d. Serat optik sangat ideal untuk membawa informasi digital, terutama jika digunakan dalam jaringan komputer.
- e. Ukuran kecil dan ringan, sehingga hemat pemakaian ruang.
- f. Imun, kekebalan terhadap gangguan elektromagnetik dan gangguan gelombang radio.
- g. Non-Penghantar, tidak ada tenaga listrik dan percikan api.
- h. Tidak berkarat.

2.4 Bagian Serat Optik



Gambar 2.2 Bagian Serat Optik

(Sumber: <http://fungsikabel.blogspot.co.id>)

Keterangan:

- a. *Core*

Core merupakan bagian inti dari serat optik, yang berukuran diameter 2 – 125 μm . Gelombang cahaya yang dikirimkan akan merambat dan mempunyai

indeks bias lebih besar dari lapisan kedua. *Core* terbuat dari bahan kuarsa atau *silica* yang sangat berkualitas dan bebas air.

b. *Cladding*

Cladding merupakan lapisan kedua dari serat optik, bagian ini mengelilingi bagian inti dan mempunyai indeks bias lebih kecil dibandingkan dengan bagian inti. *Cladding* mempunyai diameter 5 – 250 μm .

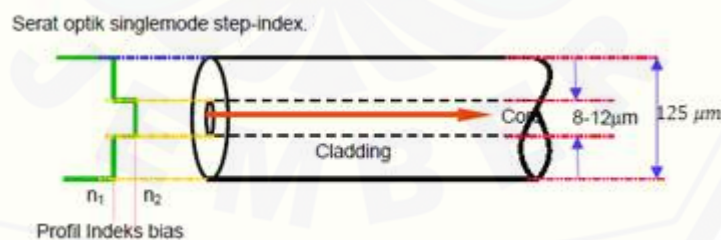
c. *Coating* (jacket)

Coating berfungsi sebagai pelindung *core* dan *cladding* dari tekanan fisik. *Coating* tidak berpengaruh dalam perambatan cahaya (Zuliandri, 2014).

2.5 Jenis Serat Optik

Serat optik merupakan saluran transmisi yang terbuat dari kaca atau plastik yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Berdasarkan sifat dan karakteristiknya maka jenis serat optik secara garis besar dapat dibagi menjadi dua yaitu *single mode* dan *multimode*.

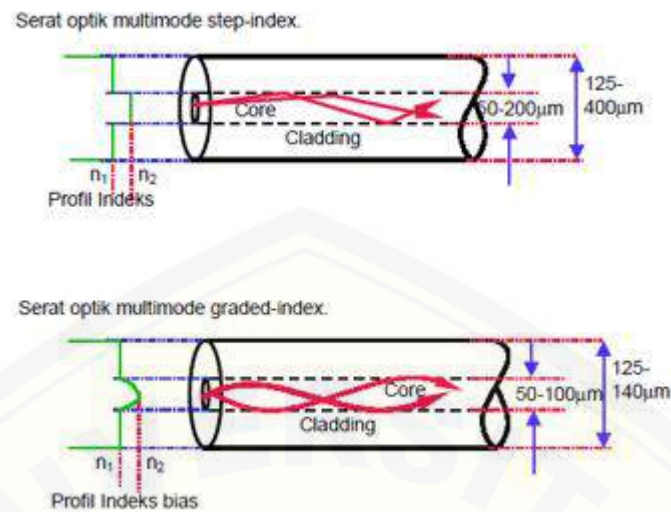
Serat optik *single mode* mempunyai inti sangat kecil, berdiameter sekitar 9×10^{-6} meter atau 9 mikron. Cahaya yang merambat secara paralel di tengah membuat terjadinya sedikit dispersi pulsa. Panjang gelombang serat optik *single mode* yaitu 1300 – 1500 nm. Jenis serat ini digunakan untuk mentransmisikan satu sinyal dalam setiap serat. Seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Serat Optik *Single Mode*

(Sumber: husnirofiq.wordpress.com)

Sedangkan serat optik *multimode* seperti pada Gambar 2.4 mempunyai diameter sekitar $6,35 \times 10^{-5}$ meter atau 63,5 mikron. Panjang gelombang serat optik *multimode* yaitu 850-1300 nm. Serat ini digunakan untuk mentransmisikan banyak sinyal dalam satu serat (Nugraha, 2006).



Gambar 2.4 Serat Optik *Multimode*

(Sumber: husnirofiq.wordpress.com)

Pada serat optik *single mode* terdapat empat macam tipe yang sering digunakan berdasarkan rekomendasi ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*) yang dahulu dikenal dengan CCITT yaitu :

- a. G.652 - Standar *Single Mode Fiber*
- b. G.653 - *Dispersion-Shifted Single Mode Fiber*
- c. G.653 - *Characteristics of Cut-Off Shifted Mode Fiber Cable*
- d. G.655 - *Dispersion-Shifted Non Zero Dispersion Fiber*.

Ada dua tipe serat optik yang digunakan pada sistem DWDM, yaitu :

- a. *Non Dispersion Shifted Fiber* (NDSF)

Serat optik *Non Dispersion Shifted Fiber* (NDSF) merupakan rekomendasi ITUT seri G.652. NDSF memiliki nilai koefisien dispersi kromatik mendekati nol di daerah panjang gelombang 1310 nm .

- b. *Non Zero Dispersion Shifted Fiber* (NZDSF)

Non Zero Dispersion Shifted Fiber (NZDSF) merupakan jenis serat yang sesuai dengan rekomendasi ITU-T seri G.655 dengan *range* panjang gelombang 1255 – 1650 nm. NZDSF memiliki nilai dispersi tidak nol namun juga tidak lebar

di daerah panjang gelombang 1550 nm dibandingkan dengan serat optik *Non Dispersion Shifted Fiber* (NDSF) (Romaria, 2014).

2.6 Kode Warna Pada Kabel Serat Optik

2.6.1 Selubung Luar Kabel Serat Optik

Dalam standarisasinya kode warna dari selubung luar (*jacket*) kabel serat optik jenis *Patch Cord* adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Warna Selubung Luar / *Jacket*

Warna selubung luar/ <i>jacket</i>	Pengertian
Kuning	Serat optik <i>single-mode</i>
Oren	Serat optik <i>multi-mode</i>
Aqua	Optimal laser 10 giga 50/125 mikrometer serat optik <i>multi-mode</i>
Abu-Abu	Kode warna serat optik <i>multi-mode</i> , yang tidak digunakan lagi
Biru	Kadang masih digunakan dalam model perancangan

2.6.2 Konektor Kabel Serat Optik

Pada kabel serat optik, sambungan ujung terminal atau disebut juga konektor, biasanya memiliki tipe standar seperti berikut:

1. FC (*Fiber Connector*): digunakan untuk kabel *single mode* dengan akurasi yang sangat tinggi dalam menghubungkan kabel dengan *transmitter* maupun *receiver*. Konektor ini menggunakan sistem drat ulir dengan posisi yang dapat diatur, sehingga ketika dipasangkan ke perangkat lain, akurasinya tidak akan mudah berubah.



Gambar 2.5 Konektor FC

(Sumber: byfiber.com)

2. SC (*Subscriber Connector*): digunakan untuk kabel *single mode*, dengan sistem dicabut-pasang. Konektor ini tidak terlalu mahal, simpel, dan dapat diatur secara manual serta akurasinya baik bila dipasangkan ke perangkat lain.



Gambar 2.6 Konektor SC

(Sumber: www.metacom.cl)

3. ST (*Straight Tip*): bentuknya seperti bayonet berkunci hampir mirip dengan konektor BNC. Sangat umum digunakan baik untuk kabel *multi mode* maupun *single mode*. Sangat mudah digunakan baik dipasang maupun dicabut.



Gambar 2.7 Konektor ST

(Sumber: www.wikiwand.com)

4. *Biconic*: Salah satu konektor yang kali pertama muncul dalam komunikasi serat optik. Saat ini sangat jarang digunakan.



Gambar 2.8 Konektor *Biconic*

(Sumber: fiberons.com)

5. D4: konektor ini hampir mirip dengan FC hanya berbeda ukurannya saja. Perbedaannya sekitar 2 mm pada bagian *ferrule*-nya.



Gambar 2.9 Konektor D4

(Sumber: www.teleweaver.com/connectors/)

6. SMA: konektor ini merupakan pendahulu dari konektor ST yang sama-sama menggunakan penutup dan pelindung. Namun seiring dengan berkembangnya ST konektor, maka konektor ini sudah tidak berkembang lagi penggunaannya.



Gambar 2.10 Konektor SMA

(Sumber: i-fiberoptics.com)

7. E200

Selanjutnya jenis-jenis konektor tipe kecil:

1. LC
2. SMU
3. SC-DC

Selain itu pada konektor tersebut biasanya menggunakan warna tertentu dengan maksud sebagai berikut:

Tabel 2.2 Jenis-jenis Warna Konektor

Warna Konektor		Arti	Keterangan
Biru		<i>Physical Contact (PC), 0°</i>	yang paling umum digunakan untuk serat optik <i>single-mode</i> .
Hijau		<i>Angle Polished (APC), 8°</i>	sudah tidak digunakan lagi untuk serat optik <i>multi-mode</i>
Hitam		<i>Physical Contact (PC), 0°</i>	
Abu-abu	Krem	<i>Physical Contact (PC), 0°</i>	serat optik <i>multi-mode</i>
Putih		<i>Physical Contact (PC), 0°</i>	
Merah			Penggunaan khusus

2.7 Rugi-Rugi Pada Serat Optik

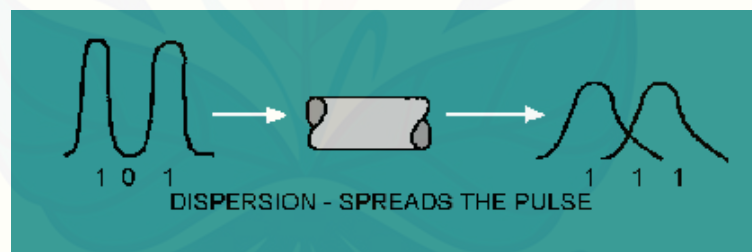
Rugi-rugi serat optik dinyatakan dengan satuan dB/km. Macam-macam rugi-rugi serat optik adalah sebagai berikut : (Alaydrus, 2009)

- a. *Material Absorption*, terjadi pada level molekul dari material dasar pembuat serat optik. Kerugian ini yang pasti terjadi di setiap serat.
- b. *Impurity Absorption*, akibat keberadaan ion-ion metal dan juga uap air.
- c. *Rayleigh Scattering*, yaitu redaman dari gelombang pendek yang diakibatkan oleh struktur kaca yang tidak teratur. Struktur ini akan memindahkan sebagian dari berkas cahaya yang seharusnya merambat langsung melalui serat optik.
- d. *Bending Loss*, ada dua jenis pembengkokan yaitu *macrobending* dan *microbending*. Akibat bengkokan akan terjadi radiasi, dipancarkannya sinyal dari *core* menuju *cladding*.

- e. Dispersi yaitu redaman yang disebabkan oleh pulsa-pulsa yang ditransmisikan pada ujung serat optik sebagai akibat dari panjang perambatan.

2.8 Dispersi Pada Serat Optik

Dispersi adalah peristiwa melebarnya pulsa sinyal yang merambat didalam serat optik. Jarak antara dua pulsa menentukan kecepatan kirim data perdetiknya (*data rate*). Dispersi akan menyebabkan setiap pulsa yang tadinya berbentuk sempit, akan melebar setelah menempuh jarak tertentu. Jika pelebaran ini terlalu besar sangat mungkin pulsa-pulsa yang berdekatan tidak bisa dibedakan lagi satu dengan yang lainnya. Hal ini akan menyebabkan penerima kesulitan dalam mendeteksi bit. Ada dua tindakan jika fenomena ini tidak bisa dihindari yaitu mereduksi kecepatan kirim data (memperjauh jarak dua pulsa) atau memperpendek panjang serat optik, yang pada setiap segmennya akan dibuat regenerator yang akan mengembalikan bentuk pulsa yang melebar kebentuk semula (Alaydrus, 2009). Seperti pada Gambar 2.7 dibawah merupakan gambaran dari sinyal yang mengalami dispersi.



Gambar 2.11 Gelombang Sebelum dan Sesudah Dispersi

(Sumber: telecom-transmission.blogspot.co.id)

Pengaruh dispersi pada kinerja dari system transmisi serat optik dikenal dengan *intersymbol interference* (ISI). *Intersymbol interference* terjadi ketika pelebaran pulsa yang diakibatkan oleh dispersi menyebabkan pulsa *output* pada sistem menjadi *overlap* dan membuatnya tidak terdeteksi. Dispersi terbagi atas dua yaitu (Keiser,2000):

- a. Dispersi intramodal
- b. Dispersi intermodal

2.8.1 Dispersi Intermodal

Dispersi pandu gelombang dalam serat optik disebabkan oleh ketidaklinernya sebuah pulsa cahaya akan dirambatkan dalam beberapa *mode*. Setiap mode menempuh alur *zig-zag* kecuali pada *mode* terendah yaitu pada *mode* yang merambat sejajar dengan jalur pusat inti serat.

Oleh karena yang ditempuh mempunyai panjang total yang berbeda, maka akan mempengaruhi pula waktu tempuh setiap *mode*. Akibatnya setiap *mode* yang tiba pada ujung lain mempunyai waktu yang berbeda. Pulsa yang diterima pada ujung tersebut adalah penjumlahan dari pulsa masing-masing *mode* ini (Fahmi, 2008).

2.8.2 Dispersi Intramodal

Dispersi intramodal disebabkan oleh sumber cahaya yang tidak bersifat monokromatis (tidak berfrekuensi tunggal), oleh karena itu timbul beberapa frekuensi yang membentuk spektrum sebesar $\Delta\lambda$ dan mempunyai suatu pusat frekuensi dengan panjang gelombang λ .

Dispersi intramodal akan mengakibatkan perbedaan keterlambatan penjalaran di antara komponen-komponen spektrum yang berbeda, sehingga menimbulkan pelebaran pada masing-masing *mode* yang ditransmisikan. Perbedaan keterlambatan dapat disebabkan oleh:

- a. Sifat-sifat penyebaran dari padu gelombang (dispersi bahan atau material). Dispersi bahan timbul karena pulsa cahaya yang dipancarkan dari suatu sumber cahaya tidak monokromatis yang terdiri dari beberapa komponen panjang gelombang yang berbeda-beda, maka komponen pulsa cahaya yang mengandung panjang gelombang lebih panjang akan mempunyai cepat rambat lebih besar daripada komponen pulsa cahaya dengan panjang gelombang lebih pendek.
- b. Efek-efek pemanduan dalam struktur serat optik (dispersi pandu gelombang/*waveguide*). Dispersi pandu gelombang dalam serat optik disebabkan oleh ketidakliniernya konstanta perambatan dengan frekuensi optik (Fahmi, 2008).

Dispersi ini diakibatkan oleh karakteristik serat optik dengan panjang gelombang, hal ini menimbulkan *delay* antara panjang gelombang dengan pulsa transmisi cahaya sehingga sinyal yang ditransmisikan menjadi cacat dan menimbulkan distorsi dan naiknya BER (*Bit Error Rate*). Dispersi kromatik bisa diukur dengan menggunakan *chromatic dispersion meter*. Selain itu pada sebuah percobaan mengenai hubungan antara suhu dan dispersi kromatik, kesimpulan yang didapat adalah salah satu penyebab penurunan kualitas sinyal pada jaringan serat optik adalah dispersi kromatik yang berfluktuasi yang dipengaruhi oleh suhu kabel serat optik. Dispersi kromatik bisa diatasi dengan membuat semacam *spoel* atau gulungan serat optik untuk mengkompensasi cacatnya sinyal yang ditransmisikan.

Untuk menghitung nilai dispersi kromatik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

$D(\lambda)$ = Dispersi kromatik pada λ (ps/km.nm)

λ = Panjang gelombang (nm)

λ_0 = Nilai λ pada saat dispersi = 0 (nm)

S_0 = Nilai *Slope* pada saat dispersi = 0 (ps/km.nm²)

Setelah didapatkan nilai dispersi kromatik selanjutnya yaitu menghitung nilai total dispersi (*Total Chromatic Dispersion*) dengan representasi *time spreading* atau *pulse spreading* akibat fenomena *chromatic dispersion*, dengan rumus seperti berikut:

$$D_t = D(\lambda) \times \sigma_\lambda \times L \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

D_t = Total Dispersi Kromatik (ps)

$D(\lambda)$ = *Chromatic Dispersion Coefficient*

σ_λ = *Laser Spectral Width* (nm)

L = Jarak (km)

(Romaria, 2014).

2.9 Rise Time Budget

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi maksimum pada saluran transmisi, sehingga perhitungan ini perlu dilakukan untuk mengetahui nilai laju bit maksimum agar mendukung jarak tempuh dengan *Rise Time Budget*. Tujuan dari perhitungan *Rise Time Budget* adalah untuk menganalisis kerja sistem secara keseluruhan dan memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Perhitungan *Rise Time Budget* adalah sebagai berikut:

$$t_{sist} = \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + D_t^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

t_{sist} = *Rise Time Budget* (ns)

t_{tx} = *Rise Time Transmitter* (ns)

t_{rx} = *Rise Time Receiver* (ns)

D_t = Total Kromatik *Dispersion* (ps)

Dari hasil perhitungan *rise time budget* tersebut, dapat diketahui total *bandwidth* (GHz) dari sistem tersebut, yaitu:

$$BW_{tot} = \frac{350}{t_{sist}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Kebutuhan pada *rise time system* tergantung bagaimana memilih teknik pengkodean datanya. Secara umum, *rise time system* harus lebih kecil dari 70% periode bit (B_r) jika menggunakan pengkodean NRZ dan harus lebih kecil dari 35% periode bit (B_r) jika menggunakan pengkodean RZ. Kondisi ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$t_{sist} \leq 0,7 B_r \quad (\text{Kode NRZ}) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$t_{sist} \leq 0,35 B_r \quad (\text{Kode RZ}) \dots\dots\dots(2.6)$$

Nilai t (*bit rate*) untuk sinyal NRZ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_r = \frac{0,7}{B_r} \dots\dots\dots(2.7)$$

(Isnawati, 2009)

2.10 Dispersion Power Penalty

Dispersion power penalty digunakan untuk mengatasi dispersi. *Dispersion power penalty* yaitu kenaikan daya input yang dibutuhkan *receiver* untuk mengeliminasi degradasi pada BER (*Bit Error Rate*) karena efek dispersi serat optik. *Dispersion power penalty* tidak boleh melebihi dua *decibel* (2 dB). Dispersi yang terjadi ditentukan oleh panjang gelombang yang digunakan. Setelah diketahui besarnya dispersi yang terjadi langkah selanjutnya adalah menghitung *pulse width* (τ) dengan rumus sebagai berikut:

$$\tau = \sigma_{\lambda} \cdot D\lambda \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

τ = *Pulse Width* (ps/km)

σ_{λ} = *Spectral Width* (nm)

$D\lambda$ = Dispersi Kromatik (ps/km.nm)

Setelah didapatkan nilai *pulse width* (τ) pada serat optik tersebut maka dapat dicari besarnya *fiber bandwidth* (f) dalam ps/Km, dengan rumus sebagai berikut:

$$f = \frac{\ln 4}{\tau \cdot \pi} \dots \dots \dots (2.9)$$

Langkah selanjutnya yaitu menghitung *fiber bandwidth-distance* (F_F) dengan membagi *fiber bandwidth* (f) yang telah didapat dengan panjang serat optik yang digunakan (L), seperti pada rumus berikut ini:

$$F_F = \frac{f}{L} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

F_F = *Fiber Bandwidth-distance* (ps/km)

f = *Fiber Bandwidth* (ps/km)

L = panjang serat optik (km)

Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi besarnya *dispersion power penalty* adalah *bit rate* (BR) yang diperoleh dari spesifikasi serat optik yang digunakan pada sistem (dalam Gbps). Hal tersebut terlihat dalam mencari *length efficiency* atau η_L dari serat, dimana *length efficiency* merupakan pembagian

kuadrat dari *serat bandwidth-distance* dengan *bit rate* yang sama dengan 10 Gbps dikali koefisien c yang sama dengan 0.5, seperti pada persamaan berikut:

$$\eta_L = c \times \left(\frac{FF}{BR}\right)^2 \dots\dots\dots (2.11)$$

Setelah didapat *length efficiency* kemudian dapat dihitung besarnya *dispersion power penalty* dengan persamaan sebagai berikut:

$$dBL = 10 \log(1 + \eta_L) \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

η_L = *Length Efficiency*

dBL = *Dispersion Power Penalty* (dB)

(Romaria, 2014).

2.11 JDSU MTS-8000

JDSU merupakan modul transport yang menggunakan bahan kemasan anti statis untuk menghubungkan modul ke unit dasar. Terdapat tiga pengukuran yaitu:

a. *Optical Time Domain Reflektor* (OTDR)

Merupakan suatu peralatan optoelektronik yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter seperti pelemahan (*attenuation*), panjang, kehilangan pencerai dan penyambung, dalam sistem telekomunikasi serat optik.

b. *Chromatic Dispersion* (CD)

Chromatic Dispersion (CD) berfungsi untuk mengukur dispersi kromatik, *delay*, dan *slope* dari sinyal optik pada panjang gelombang yang berbeda.

c. *Optical Spectrum Analyzer* (OSA).

Optical Spectrum Analyzer (OSA) berfungsi untuk mengukur kerapatan spektral dari sinyal optik pada panjang gelombang yang berbeda. OSA memiliki rentang panjang gelombang yang lebar, kalibrasi yang akurat, resolusi, sensitivitas dan akurasi pengukuran yang tinggi serta amplitudo yang stabil (Rui, 2009).



Gambar 2.12 JDSU MTS-8000

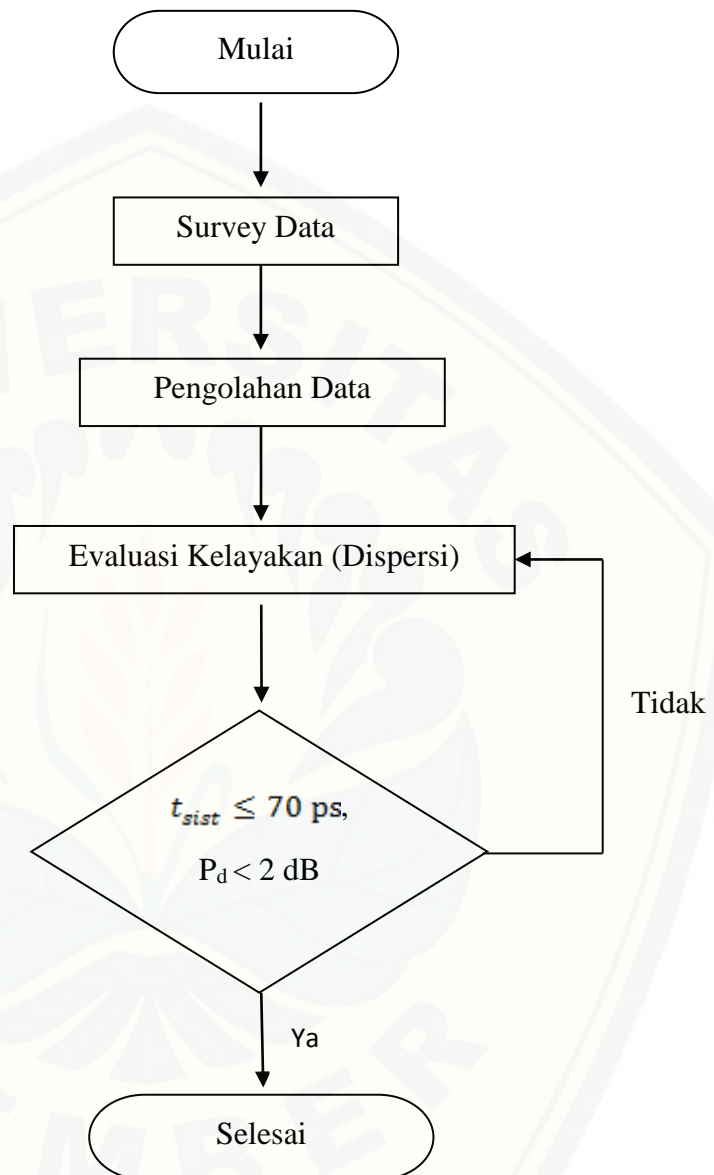


BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metodologi penelitian ini dijelaskan tentang hal pokok yang akan dikaji dalam bentuk *flowchart* (diagram alur). Penelitian ini dimulai dengan dua metode, metode yang pertama yaitu menghubungkan serat optik seri G.655 ke JDSU MTS-8000, kemudian langkah selanjutnya melakukan pengukuran dispersi kromatik pada JDSU MTS-8000, kemudian penelitian dilakukan dengan jalur yang berbeda yaitu dengan mengambil jalur link Surabaya-Lamongan dengan ruas Rungkut-Kebalen, link Surabaya-Pasuruan dengan ruas Rungkut-Gempol dan link Surabaya-Malang dengan ruas Rungkut-Pandaan. Pada metode kedua langkah pertama adalah mencatat parameter-parameter yang dimiliki PT Telkom sesuai dengan rekomendasi ITU-T. Kemudian langkah selanjutnya adalah menghitung dispersi kromatik dengan menggunakan rumus teoritis. Setelah metode pertama dan kedua dilakukan, selanjutnya akan bertemu pada analisa hasil. Di dalam analisa hasil ini akan menghitung nilai *rise time budget* dan *dispersion power penalty*. Langkah selanjutnya adalah penentuan kelayakan, yaitu hasil tidak akan mengganggu kinerja sistem apabila nilai *rise time budget* ($t_{\text{sist}} \leq 70$ ps sesuai dengan standar KPI (*Key Performance Indicator*), dan nilai *dispersion power penalty* berada pada keadaan $P_d < 2$ dB. Apabila data yang diperoleh tidak sesuai yang diharapkan maka akan dilakukan pengukuran ulang. Tahap terakhir akan dilakukan pembahasan dan penyusunan laporan guna memperoleh kesimpulan.

Lebih lengkapnya proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 diagram alur penelitian dimana menggambarkan proses penelitian dari awal penelitian sampai akhir penelitian.

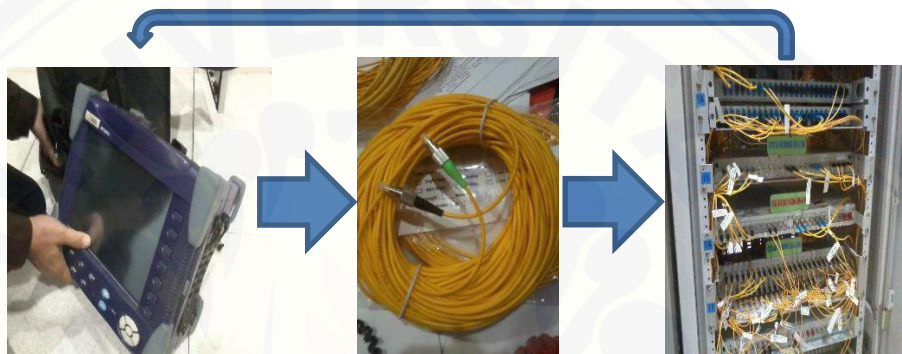
3.1 Flowchart Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 JDSU MTS-8000 ke Serat Optik G.655

JDSU merupakan modul transport yang menggunakan bahan kemasan anti statis untuk menghubungkan modul ke unit dasar. Terdapat tiga pengukuran yaitu, *Optical Time Domain Reflektor* (OTDR), *Chromatic Dispersion* (CD), dan *Optical Spectrum Analyzer* (OSA). Pada penelitian ini pengukuran yang digunakan hanya pada *Chromatic Dispersion*, langkah pengukurannya yaitu dengan menyambungkan JDSU MTS-8000 ke kabel serat optik seri G.655 yang sudah terhubung pada OTB (*Optical Termination Block*), seperti pada gambar 3.2.

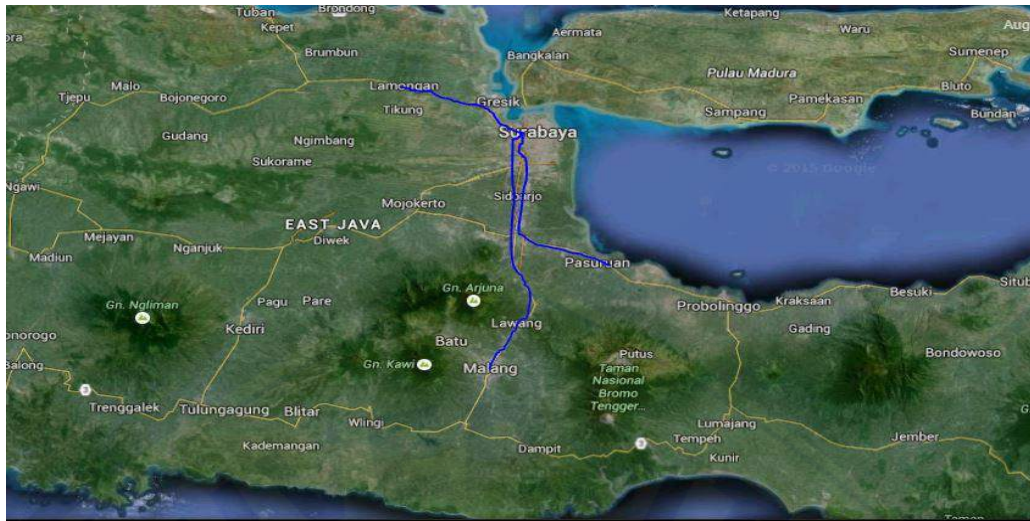


Gambar 3.2 Pengukuran dispersi kromatik Dengan JDSU MTS-8000

3.3 Jalur Pengukuran Jaringan Serat Optik

Jalur pengukuran dalam analisis dispersi yang dilakukan pada tulisan ini yaitu dari link Surabaya – Lamongan dengan ruas Rungkut - Kebalen, link Surabaya – Pasuruan dengan ruas Rungkut - Gempol dan link Surabaya – Malang dengan ruas Rungkut - Pandaan. Pengukuran ini menggunakan alat ukur JDSU MTS-8000 yaitu merupakan alat ukur yang berfungsi untuk mengukur dispersi kromatik dengan bahan kemasan anti statis untuk menghubungkan modul ke unit dasar secara *point-to-point*.

Cakupan wilayah area yang dilakukan pada penelitian tampak pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Jalur Pengukuran Dispersi

(Sumber: Google Earth)

3.4 Dispersi Kromatik

Untuk menghitung nilai dispersi kromatik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

$D(\lambda)$ = Dispersi kromatik pada λ (ps/km.nm)

λ = Panjang gelombang (nm)

λ_0 = Nilai λ pada saat dispersi = 0 (nm)

S_0 = Nilai *Slope* pada saat dispersi = 0 (ps/km.nm²)

Perhitungan dispersi kromatik pada link Surabaya – Lamongan dengan ruas Rungkut – Kebalen

$$\begin{aligned} D(\lambda) &= \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \\ &= \frac{0,08}{4} \left[1550 - \frac{1493,9^4}{1550^3} \right] \\ &= 0,02 [1550 - 1334,271275] \\ &= 4,250 \text{ ps/km.nm} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai dispersi kromatik selanjutnya yaitu menghitung nilai total dispersi (*Total Chromatic Dispersion*), dengan rumus seperti berikut:

$$D_t = D(\lambda) \times \sigma_\lambda \times L \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

- D_t = Total dispersi Kromatik (ps)
 $D(\lambda)$ = *Chromatic Dispersion Coefficient*
 σ_λ = *Laser Spectral Width* (nm)
 L = Jarak (km)
 (Romaria, 2014).

Perhitungan total dispersi pada link Surabaya – Lamongan dengan ruas Rungkut – Kebalen

$$\begin{aligned} D_t &= D(\lambda) \times \sigma_\lambda \times L \\ &= 4,615 \times 0,2 \times 26,64499 \\ &= 24,593326 \text{ ps} \end{aligned}$$

3.5 Rise Time Budget

Perhitungan *Rise Time Budget* adalah sebagai berikut:

$$t_{\text{sis}} = \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{rx}}^2 + D_t^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

- t_{sis} = *Rise Time Budget* (ns)
 t_{tx} = *Rise Time Transmitter* (ns)
 t_{rx} = *Rise Time Receiver* (ns)
 D_t = Total Kromatik *Dispersion* (ps)

Perhitungan *rise time budget*

$$\begin{aligned} t_{\text{sis}} &= \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{rx}}^2 + D_t^2} \\ &= \sqrt{3,5^2 + 3,5^2 + 24,593326^2} \\ &= \sqrt{629,3317} \\ &= 25,08648 \text{ ps} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *rise time budget* tersebut, dapat diketahui total *bandwidth* (GHz) dari sistem tersebut, yaitu:

$$BW_{tot} = \frac{350}{t_{sist}} \dots\dots\dots(3.4)$$

Perhitungan total *bandwidth*

$$\begin{aligned} BW_{tot} &= \frac{350}{t_{sist}} \\ &= \frac{350}{25,08648} \\ &= 13,9517 \text{ GHz} \end{aligned}$$

Nilai *t* (*bit rate*) untuk sinyal NRZ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_r = \frac{0.7}{B_r} \dots\dots\dots(3.5)$$

(Romaria, 2014).

3.6 Dispersion Power Penalty

Untuk menghitung *pulse width* (τ) dengan rumus sebagai berikut:

$$\tau = \sigma_\lambda \cdot D\lambda \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan :

- τ = *Pulse Width* (ps/km)
- σ_λ = *Spectral Width* (nm)
- $D\lambda$ = *Dispersi Kromatik* (ps/km.nm)

Perhitungan *Pluse width*

$$\begin{aligned} \tau &= \sigma_\lambda \cdot D\lambda \\ &= 0,2 \cdot 4,615 \\ &= 0,923 \text{ ps/km} \end{aligned}$$

Kemudian mencari besarnya *fiber bandwidth* (f) dalam ps/Km, dengan rumus sebagai berikut:

$$f = \frac{\ln 4}{\tau \cdot \pi} \dots\dots\dots(3.7)$$

Perhitungan *Fiber Bandwidth*

$$\begin{aligned} f &= \frac{\ln 4}{\tau \cdot \pi} \\ &= \frac{1,3863}{0,923 \cdot 3,14} \\ &= 0,4781 \text{ ps} \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya yaitu menghitung *fiber bandwidth-distance* (F_F), seperti pada rumus berikut ini:

$$F_F = \frac{f}{L} \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan :

- F_F = *Fiber Bandwidth-distance* (ps/km)
- f = *Fiber Bandwidth* (ps/km)
- L = panjang serat optik (km)

Perhitungan *Fiber Bandwidth Distance*

$$\begin{aligned} F_F &= \frac{f}{L} \\ &= \frac{0,4781}{26,64499} \\ &= 0,01794 \text{ ps/km}^2 \end{aligned}$$

Kemudian mencari nilai *length efficiency* atau η_L dari serat, seperti pada persamaan berikut:

$$\eta_L = c \times \left(\frac{F_F}{BR} \right)^2 \dots\dots\dots(3.9)$$

Perhitungan *Lenght Efficiency*

$$\begin{aligned} \eta_L &= c \times \left(\frac{F_F}{BR} \right)^2 \\ &= 0,5 \times \left(\frac{0,01794}{100} \right)^2 \\ &= 1,60970 \cdot 10^{-08} \end{aligned}$$

Setelah didapat *length efficiency* kemudian dapat dihitung besarnya *dispersion power penalty* dengan persamaan sebagai berikut:

$$dB_L = 10 \log(1 + \eta_L) \dots\dots\dots(3.10)$$

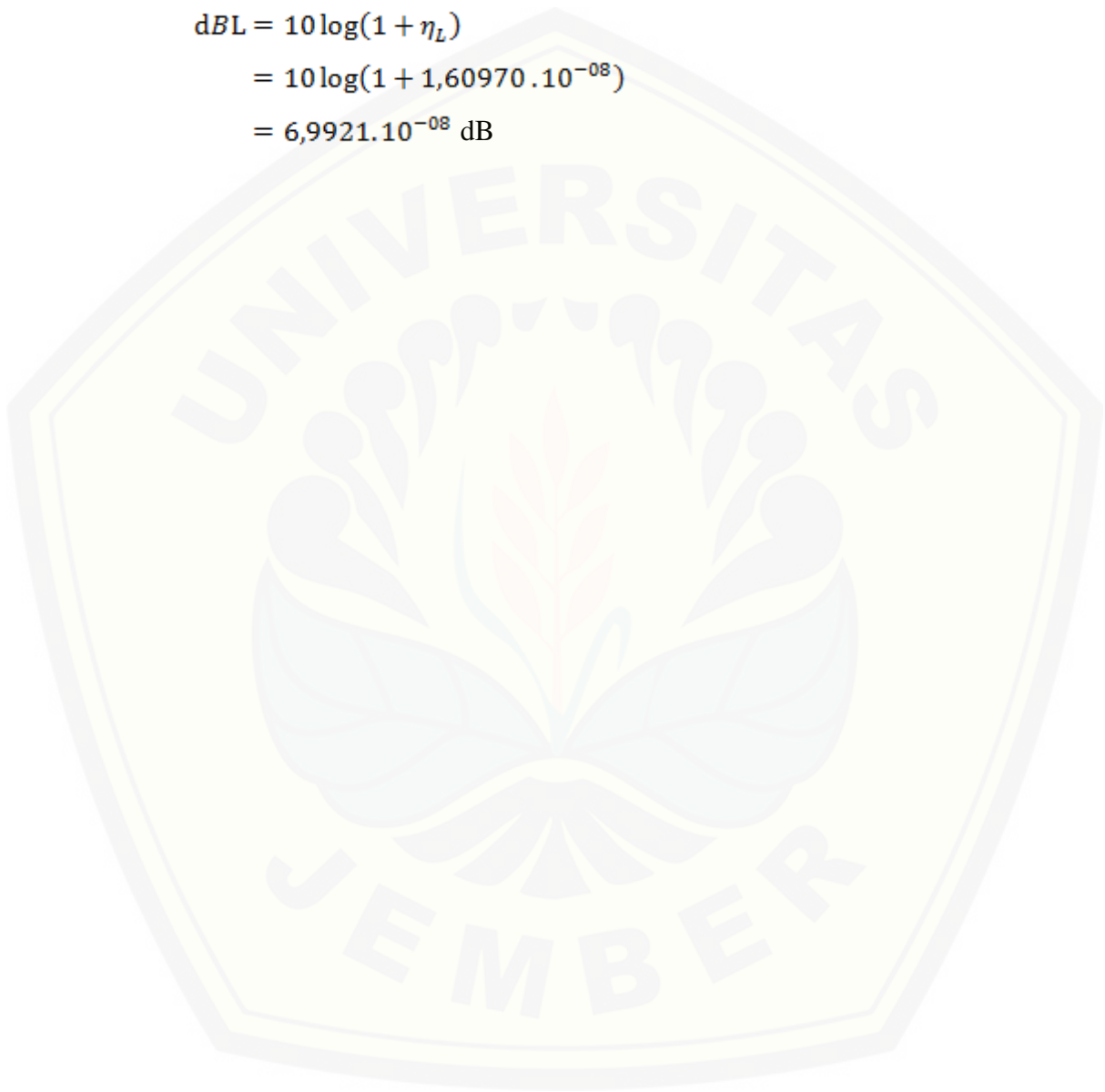
Keterangan :

η_L = Length Efficiency

dBL = Dispersion Power Penalty (dB) (Romaria, 2014).

Perhitungan *Dispersion Power Penalty*

$$\begin{aligned} \text{dBL} &= 10 \log(1 + \eta_L) \\ &= 10 \log(1 + 1,60970 \cdot 10^{-08}) \\ &= 6,9921 \cdot 10^{-08} \text{ dB} \end{aligned}$$



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa pengukuran dan perhitungan dispersi kromatik, *rise time budget* dan *dispersion power penalty*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada hasil analisis didapatkan bahwa nilai dispersi kromatik pada link Surabaya – Lamongan ruas Rungkut – Kebalen dengan λ 1550 nm pada pengukuran sebesar 4,615 ps/nm.km dan perhitungan 4,250 ps/nm.km. Pada link Surabaya – Pasuruan ruas Rungkut – Gempol dengan λ 1550 nm pada pengukuran sebesar 4,193 ps/nm.km dan perhitungan 4,071 ps/nm.km. Pada link Surabaya – Malang ruas Rungkut – Pandaan dengan λ 1550 nm nilai pada pengukuran sebesar 4,036 ps/nm.km dan perhitungan 3,948 ps/nm.km (terdapat pada Tabel 4.7, Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 halaman 33).
2. Pada link Surabaya – Lamongan ruas Rungkut – Kebalen *rise time budget* sebesar 25,08648 ps dan *dispersion power penalty* sebesar $6,9921 \cdot 10^{-08}$ dB. Pada link Surabaya – Pasuruan ruas Rungkut – Gempol *rise time budget* sebesar 57,69640 ps dan *dispersion power penalty* sebesar $4,81594 \cdot 10^{-07}$ dB. Pada link Surabaya – Malang ruas Rungkut – Pandaan *rise time budget* sebesar 32,1403 ps dan *dispersion power penalty* sebesar $4,18794 \cdot 10^{-09}$ dB (terdapat pada Tabel 4.10 halaman 38 dan Tabel 4.11 halaman 41). Hasil dari ketiga link tidak mempengaruhi kinerja sistem karena masih memenuhi nilai standar yaitu pada *rise time budget* $t_{\text{sist}} \leq 70$ ps dan pada *dispersion power penalty* $P_d \leq 2$ dB.

2.2 Saran

Dari analisis pengaruh dispersi terhadap media transmisi kabel serat optik *single mode* di PT. Telkom Rungkut Surabaya, maka untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menganalisis dispersi dengan jarak yang lebih jauh lagi bahkan sampai ke pelanggan. Dapat juga diterapkan pada analisis dispersi pada kabel serat optik bawah laut. Dan peneliti selanjutnya juga dapat menerapkannya pada kabel serat optik jenis lain seperti G.652.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, G.P. 2002. *Fiber-optic communication systems*, Ed. 3. New-York: John Wiley & Sons, Inc.
- Alaydrus, Mudrik. 2009. *Saluran Transmisi Komunikasi*. Yogyakarta. Penerbit Graha Ilmu.
- Fahmi, R. 2012. Tugas Akhir: “Analisis *Link Power Budget* Dan *Rise Time Budget* Media Transmisi Fiber Optik Dengan Teknologi *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) Di *Ring Loop 7* ARNET Jember”. Universitas Jember. Jember.
- Isnawati, A. Fitriani dkk. 2009. Jurnal: “Pengaruh Dispersi Terhadap Kecepatan Data Komunikasi Optik Menggunakan Pengkodean *Retrun To Zero* (RZ) Dan *Non Retrun To Zero* (NRZ)”. Teknik Telekomunikasi AKATEL. Purwokerto.
- Keiser, Gerard. 2000. *Optical Fiber Communication, 3rd ed. McGraw-Hil*. Singapore.
- Mayrizka, F., Hambali, A. 2012. Tugas Akhir: “Analisis Dispersi Pada Jaringan Berbasis Optik Dengan Menggunakan MSAN Di STO Klender Jakarta Jatinegara”. Universitas Telkom. Bandung.
- Nugraha, Andi Rahman. 2006. *Serat Optik*. Yogyakarta. Penerbit ANDI.
- Romaria, M. Zulfin. 2014. Jurnal: “Analisis Pengaruh Dispersi Terhadap Rugi-Rugi Daya Transmisi Pada Serat Optik *Single Mode* Rekomendasi ITU-T Seri G.655”. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Rui, R dan O’Sullivan, M. 2009. *Fiber Optic Measurement Technique*. USA: Elsevier Academic Press.
- Surjati, Indra dkk. 2005. Jurnal: “Analisis *Dispersion Power Penalty* Pada Area Ring-1 Jaringan Lokal Akses Fiber STO Gatot Subroto”. Universitas Trisakti. Jakarta.
- Zuliandri, M.R. 2014. Jurnal: “Analisis *Rayleigh* Pada Transmisi Serat Optik”. Universitas Sumatera Utara. Medan.

LAMPIRAN

A. Link Surabaya – Lamongan Ruas Rungkut – Kebalen

Perhitungan dispersi kromatik:

λ : 1255 nm

$$\begin{aligned} D(\lambda) &= \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \\ &= \frac{0,08}{4} \left[1255 - \frac{1493,9^4}{1255^3} \right] \\ &= 0,02 [1255 - 2516,3637] \\ &= - 25,29470732 \text{ ps/km.nm} \end{aligned}$$

λ : 1310 nm

$$\begin{aligned} D(\lambda) &= \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \\ &= \frac{0,08}{4} \left[1310 - \frac{1493,9^4}{1310^3} \right] \\ &= 0,02 [1310 - 2210,1683] \\ &= -18,11004772 \text{ ps/km.nm} \end{aligned}$$

λ : 1550 nm

$$\begin{aligned} D(\lambda) &= \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \\ &= \frac{0,08}{4} \left[1550 - \frac{1493,9^4}{1550^3} \right] \\ &= 0,02 [1550 - 1334,271275] \\ &= 4,250 \text{ ps/km.nm} \end{aligned}$$

λ : 1650 nm

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right]$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,08}{4} \left[1650 - \frac{1493,9^4}{1650^3} \right] \\
 &= 0,02[1650 - 1108,7516] \\
 &= 10,82496714 \text{ ps/km.nm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan total dispersi:

$$\begin{aligned}
 D_t &= D(\lambda) \times \sigma_\lambda \times L \\
 &= 4,615 \times 0,2 \times 26,64499 \\
 &= 24,593326 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *rise time budget*:

$$\begin{aligned}
 t_{sist} &= \sqrt{t_{tx}^2 + t_{rx}^2 + D_t^2} \\
 &= \sqrt{3,5^2 + 3,5^2 + 24,593326^2} \\
 &= \sqrt{629,3317} \\
 &= 25,08648 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

Perhitungan total *bandwidth*

$$\begin{aligned}
 BW_{tot} &= \frac{350}{t_{sist}} \\
 &= \frac{350}{25,08648} \\
 &= 13,9517 \text{ GHz}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *Pulse width*

$$\begin{aligned}
 \tau &= \sigma_\lambda \cdot D\lambda \\
 &= 0,2 \cdot 4,615 \\
 &= 0,923 \text{ ps/km}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *Fiber Bandwidth*

$$\begin{aligned} f &= \frac{\ln 4}{\tau \cdot \pi} \\ &= \frac{1,3863}{0,923 \cdot 3,14} \\ &= 0,4781 \text{ ps} \end{aligned}$$

Perhitungan *Fiber Bandwidth Distance*

$$\begin{aligned} F_F &= \frac{f}{L} \\ &= \frac{0,4781}{26,64499} \\ &= 0,01794 \text{ ps/km}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan *Lenght Efficiency*

$$\begin{aligned} \eta_L &= c \times \left(\frac{F_F}{BR} \right)^2 \\ &= 0,5 \times \left(\frac{0,01794}{100} \right)^2 \\ &= 1,60970 \cdot 10^{-08} \end{aligned}$$

Perhitungan *Dispersion Power Penalty*

$$\begin{aligned} \text{dBL} &= 10 \log(1 + \eta_L) \\ &= 10 \log(1 + 1,60970 \cdot 10^{-08}) \\ &= 6,9921 \cdot 10^{-08} \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan *Error Persen*

$$E \% = \left| \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{pengukuran}} \right| \times 100\%$$

λ : 1255 nm

$$E \% = \left| \frac{(-25,29470732) - (-20,515)}{-20,515} \right| \times 100\%$$

$$= 0,188960768 \%$$

λ : 1310 nm

$$E \% = \left| \frac{(-18,11004772) - (-15,127)}{-15,127} \right| \times 100\%$$

$$= 0,164717828 \%$$

λ : 1550 nm

$$E \% = \left| \frac{4,250170994 - 4,615}{4,615} \right| \times 100\%$$

$$= 0,085838665 \%$$

λ : 1650 nm

$$E \% = \left| \frac{10,82496714 - 11,795}{11,795} \right| \times 100\%$$

$$= 0,089610698 \%$$

B. Perhitungan Link Surabaya – Pasuruan Ruas Rungkut – Gempol

Perhitungan dispersi kromatik:

λ : 1255 nm

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right]$$

$$= \frac{0,08}{4} \left[1255 - \frac{1498,1^4}{1255^3} \right]$$

$$= 0,02 [1255 - 2548,1913]$$

$$= - 25,6328916 \text{ ps/km.nm}$$

λ : 1310 nm

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right]$$

$$= \frac{0,08}{4} \left[1310 - \frac{1498,1^4}{1310^3} \right]$$

$$= 0,02 [1310 - 2204,8438]$$

$$= -18,40739961 \text{ ps/km.nm}$$

λ : 1550 nm

$$\begin{aligned} D(\lambda) &= \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \\ &= \frac{0,08}{4} \left[1550 - \frac{1498,1^4}{1550^3} \right] \\ &= 0,02 [1550 - 1346,466968] \\ &= 4,071 \text{ ps/km.nm} \end{aligned}$$

λ : 1650 nm

$$\begin{aligned} D(\lambda) &= \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \\ &= \frac{0,08}{4} \left[1650 - \frac{1498,1^4}{1650^3} \right] \\ &= 0,02 [1650 - 1121,2730] \\ &= 10,67615692 \text{ ps/km.nm} \end{aligned}$$

Perhitungan total dispersi:

$$\begin{aligned} D_t &= D(\lambda) \times \sigma_\lambda \times L \\ &= 4,193 \times 0,2 \times 35,35156 \\ &= 29,645818 \text{ ps} \end{aligned}$$

Perhitungan *rise time budget*:

$$\begin{aligned} t_{\text{sis}} &= \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{rx}}^2 + D_t^2} \\ &= \sqrt{35^2 + 35^2 + 29,645818^2} \\ &= \sqrt{3328,8745} \\ &= 57,69640 \text{ ps} \end{aligned}$$

Perhitungan total *bandwidth*

$$BW_{\text{tot}} = \frac{350}{t_{\text{sis}}}$$

$$= \frac{350}{29,645818}$$

$$= 11,8060 \text{ GHz}$$

Perhitungan *Pluse width*

$$\tau = \sigma_{\lambda} \cdot D\lambda$$

$$= 0,2 \cdot 4,193$$

$$= 0,8326 \text{ ps/km}$$

Perhitungan *Fiber Bandwidth*

$$f = \frac{\ln 4}{\tau \cdot \pi}$$

$$= \frac{1,3863}{0,8326 \cdot 3,14}$$

$$= 0,5264 \text{ ps}$$

Perhitungan *Fiber Bandwidth Distance*

$$F_F = \frac{f}{L}$$

$$= \frac{0,5264}{35,35156}$$

$$= 0,0149 \text{ ps/km}^2$$

Perhitungan *Lenght Efficiency*

$$\eta_L = c \times \left(\frac{F_F}{BR} \right)^2$$

$$= 0,5 \times \left(\frac{0,0149}{10} \right)^2$$

$$= 1,10892 \cdot 10^{-06}$$

Perhitungan *Dispersion Power Penalty*

$$dBL = 10 \log(1 + \eta_L)$$

$$= 10 \log(1 + 1,10892 \cdot 10^{-06})$$

$$= 4,81594 \cdot 10^{-07} \text{ dB}$$

Perhitungan *Error* Persen

$$E \% = \left| \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{pengukuran}} \right| \times 100\%$$

λ : 1255 nm

$$E \% = \left| \frac{(-25,6328916) - (-21,441)}{-21,441} \right| \times 100\%$$

$$= 0,16353565 \%$$

λ : 1310 nm

$$E \% = \left| \frac{(-18,40739961) - (-15,859)}{-15,859} \right| \times 100\%$$

$$= 0,13844430 \%$$

λ : 1550 nm

$$E \% = \left| \frac{4,070660641 - 4,193}{4,193} \right| \times 100\%$$

$$= 0,03005393 \%$$

λ : 1650 nm

$$E \% = \left| \frac{10,67615692 - 12,012}{12,012} \right| \times 100\%$$

$$= 0,12512396 \%$$

C. Perhitungan Link Surabaya – Malang Ruas Rungkut – Pandaan

Perhitungan dispersi kromatik:

λ : 1255 nm

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right]$$

$$= \frac{0,08}{4} \left[1255 - \frac{1493,9^4}{1255^3} \right]$$

$$= 0,02 [1255 - 2519,7354]$$

$$= - 25,86382717 \text{ ps/km.nm}$$

λ : 1310 nm

$$\begin{aligned} D(\lambda) &= \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \\ &= \frac{0,08}{4} \left[1310 - \frac{1493,9^4}{1310^3} \right] \\ &= 0,02[1310 - 2210,1683] \\ &= - 18,61045201 \text{ ps/km.nm} \end{aligned}$$

λ : 1550 nm

$$\begin{aligned} DD(\lambda) &= \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \\ &= \frac{0,08}{4} \left[1550 - \frac{1493,9^4}{1550^3} \right] \\ &= 0,02[1550 - 1352,234957] \\ &= 3,948 \text{ ps/km.nm} \end{aligned}$$

λ : 1650 nm

$$\begin{aligned} D(\lambda) &= \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \\ &= \frac{0,08}{4} \left[1650 - \frac{1493,9^4}{1650^3} \right] \\ &= 0,02[1650 - 1107,2680] \\ &= 10,57453907 \text{ ps/km.nm} \end{aligned}$$

Perhitungan total dispersi:

$$\begin{aligned} D_t &= D(\lambda) \times \sigma_\lambda \times L \\ &= 4,036 \times 0,2 \times 39,03843 \\ &= 31,791007 \text{ ps} \end{aligned}$$

Perhitungan *rise time budget*:

$$\begin{aligned} t_{\text{sis}} &= \sqrt{t_{\text{tx}}^2 + t_{\text{rx}}^2 + D_t^2} \\ &= \sqrt{3,5^2 + 3,5^2 + 31,791007^2} \\ &= \sqrt{1035,1681} \\ &= 32,17403 \text{ ps} \end{aligned}$$

Perhitungan total *bandwidth*

$$\begin{aligned} BW_{\text{tot}} &= \frac{350}{t_{\text{sis}}} \\ &= \frac{350}{31,791007} \\ &= 10,8783 \text{ GHz} \end{aligned}$$

Perhitungan *Pluse width*

$$\begin{aligned} \tau &= \sigma_\lambda \cdot D\lambda \\ &= 0,2 \cdot 4,036 \\ &= 0,8072 \text{ ps/km} \end{aligned}$$

Perhitungan *Fiber Bandwidth*

$$\begin{aligned} f &= \frac{\ln 4}{\tau \cdot \pi} \\ &= \frac{1,3863}{0,8072 \cdot 3,14} \\ &= 0,5469 \text{ ps} \end{aligned}$$

Perhitungan *Fiber Bandwidth Distance*

$$\begin{aligned} F_F &= \frac{f}{L} \\ &= \frac{0,5469}{39,3843} \\ &= 0,0139 \text{ ps/km}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan *Length Efficiency*

$$\begin{aligned}\eta_L &= c \times \left(\frac{F_F}{BR}\right)^2 \\ &= 0,5 \times \left(\frac{0,0139}{100}\right)^2 \\ &= 9,6431 \cdot 10^{-09}\end{aligned}$$

Perhitungan *Dispersion Power Penalty*

$$\begin{aligned}dB_L &= 10 \log(1 + \eta_L) \\ &= 10 \log(1 + 9,6431 \cdot 10^{-09}) \\ &= 4,18794 \cdot 10^{-09} \text{ dB}\end{aligned}$$

Perhitungan *Error Persen*

$$E \% = \left| \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{pengukuran}} \right| \times 100\%$$

λ : 1255 nm

$$\begin{aligned}E \% &= \left| \frac{(-25,86382717) - (-20,564)}{-20,564} \right| \times 100\% \\ &= 0,20491272 \%\end{aligned}$$

λ : 1310 nm

$$\begin{aligned}E \% &= \left| \frac{(-18,61045201) - (-15,314)}{-15,314} \right| \times 100\% \\ &= 0,17712906 \%\end{aligned}$$

λ : 1550 nm

$$\begin{aligned}E \% &= \left| \frac{3,94807858 - 4,036}{4,036} \right| \times 100\% \\ &= 0,02226942 \%\end{aligned}$$

λ : 1650 nm

$$\begin{aligned}E \% &= \left| \frac{10,57453903 - 11,919}{11,919} \right| \times 100\% \\ &= 0,12714133 \%\end{aligned}$$

D. Tabel Rincian Pengukuran Dispersi Kromatik

Link Surabaya – Lamongan ruas Rungkut – Kebalen

Wavelength (nm)	Delay (ps/km)	Dispersion (ps/km.nm)	Slope (ps/km.nm²)
1255	2191,45	-20,515	0,104
1260	2090,17	-19,998	0,103
1265	1991,46	-19,487	0,102
1300	137,09	-16,062	0,094
1310	1214,16	-15,127	0,093
1335	864,50	-12,862	0,089
1345	740,28	-11,982	0,087
1353	647,21	-11,288	0,086
1354	635,96	-11,202	0,086
1355	624,81	-11,116	0,086
1356	613,73	-11,030	0,086
1357	602,75	-10,944	0,086
1358	591,84	-10,858	0,086
1359	581,03	-10,773	0,086
1360	570,30	-10,687	0,085
1361	559,65	-10,602	0,085
1362	549,10	-10,517	0,085
1363	538,62	-10,431	0,085
1364	528,23	-10,346	0,085
1365	517,93	-10,261	0,085
1366	507,71	-10,177	0,085
1367	497,58	-10,092	0,085
1368	487,53	-10,007	0,085
1369	477,56	-9,923	0,084
1370	467,68	-9,839	0,084
1371	457,88	-9,754	0,084
1372	448,17	-9,670	0,084

1373	438,54	-9,586	0,084
1374	429,00	-9,502	0,084
1375	419,54	-9,419	0,084
1376	410,16	-9,335	0,084
1377	400,87	-9,251	0,084
1378	391,66	-9,168	0,083
1379	382,53	-9,085	0,083
1380	373,49	-9,001	0,083
1381	364,53	-8,918	0,083
1382	355,65	-8,835	0,083
1383	346,86	-8,752	0,083
1384	338,15	-8,669	0,083
1385	329,52	-8,586	0,083
1386	320,98	-8,504	0,083
1387	312,51	-8,421	0,083
1388	304,13	-8,339	0,082
1389	295,84	-8,256	0,082
1390	287,62	-8,174	0,082
1391	279,49	-8,092	0,082
1392	271,44	-8,010	0,082
1393	263,47	-7,928	0,082
1394	255,58	-7,846	0,082
1395	247,78	-7,764	0,082
1396	240,06	-7,682	0,082
1397	232,41	-7,600	0,082
1398	224,85	-7,519	0,082
1399	217,38	-7,437	0,081
1400	209,98	-7,356	0,081
1401	202,66	-7,275	0,081
1402	195,43	-7,193	0,081
1403	188,28	-7,112	0,081

1404	181,21	-7,031	0,081
1405	174,22	-6,950	0,081
1406	167,31	-6,869	0,081
1407	160,48	-6,788	0,081
1408	153,73	-6,708	0,081
1409	147,06	-6,627	0,081
1410	140,47	-6,547	0,081
1411	133,97	-6,466	0,080
1412	127,54	-6,386	0,080
1413	121,20	-6,305	0,080
1414	114,93	-6,225	0,080
1415	108,75	-6,145	0,080
1416	102,64	-6,065	0,080
1417	96,62	-5,985	0,080
1418	90,67	-5,905	0,080
1419	84,81	-5,825	0,080
1420	79,02	-5,745	0,080
1421	73,32	-5,665	0,080
1422	67,69	-5,586	0,080
1423	62,15	-5,506	0,080
1424	56,68	-5,426	0,080
1425	51,29	-5,347	0,079
1426	45,99	-5,267	0,079
1427	40,76	-5,188	0,079
1428	35,61	-5,109	0,079
1429	30,54	-5,030	0,079
1430	25,55	-4,950	0,079
1431	20,64	-4,871	0,079
1432	15,81	-4,792	0,079
1433	11,06	-4,713	0,079
1434	6,38	-4,635	0,079

1435	1,79	-4,556	0,079
1436	-2,73	-4,477	0,079
1437	-7,17	-4,398	0,079
1438	-11,53	-4,320	0,079
1439	-15,81	-4,241	0,079
1440	-20,01	-4,163	0,078
1441	-24,13	-4,084	0,078
1442	-28,18	-4,006	0,078
1443	-32,14	-3,927	0,078
1444	-36,03	-3,849	0,078
1445	-39,84	-3,771	0,078
1446	-43,57	-3,693	0,078
1447	-47,23	-3,614	0,078
1448	-50,80	-3,536	0,078
1449	-54,30	-3,458	0,078
1450	-57,72	-3,380	0,078
1451	-61,06	-3,302	0,078
1452	-64,32	-3,225	0,078
1453	-67,51	-3,147	0,078
1454	-70,62	-3,069	0,078
1455	-73,65	-2,991	0,078
1456	-76,60	-2,914	0,078
1457	-79,47	-2,836	0,078
1458	-82,27	-2,759	0,078
1459	-84,99	-2,681	0,077
1460	-87,63	-2,604	0,077
1461	-90,20	-2,526	0,077
1462	-92,69	-2,449	0,077
1463	-95,10	-2,371	0,077
1464	-97,43	-2,294	0,077
1465	-99,68	-2,217	0,077

1466	-101,86	-2,140	0,077
1467	-103,96	-2,063	0,077
1468	-105,99	-1,985	0,077
1469	-107,93	-1,908	0,077
1470	-109,80	-1,831	0,077
1471	-111,60	-1,754	0,077
1472	-113,31	-1,677	0,077
1473	-114,95	-1,600	0,077
1474	-116,51	-1,524	0,077
1475	-118,00	-1,447	0,077
1476	-119,41	-1,370	0,077
1477	-120,74	-1,293	0,077
1478	-121,99	-1,217	0,077
1479	-123,17	-1,140	0,077
1480	-124,27	-1,063	0,077
1481	-125,30	-0,987	0,077
1482	-126,25	-0,910	0,077
1483	-127,12	-0,834	0,077
1484	-127,91	-0,757	0,076
1485	-128,63	-0,681	0,076
1486	-129,28	-0,604	0,076
1487	-129,84	-0,528	0,076
1488	-130,33	-0,451	0,076
1489	-130,74	-0,375	0,076
1490	-131,08	-0,299	0,076
1491	-131,34	-0,222	0,076
1492	-131,53	-0,146	0,076
1493	-131,63	-0,070	0,076
1494	-131,67	0,006	0,076
1495	-131,62	0,082	0,076
1496	-131,50	0,158	0,076

1497	-131,31	0,235	0,076
1498	-131,03	0,311	0,076
1499	-130,68	0,387	0,076
1500	-130,26	0,463	0,076
1501	-129,76	0,539	0,076
1502	-129,18	0,615	0,076
1503	-128,53	0,691	0,076
1504	-127,80	0,766	0,076
1505	-127,00	0,842	0,076
1506	-126,12	0,918	0,076
1507	-125,16	0,994	0,076
1508	-124,13	1,070	0,076
1509	-123,02	1,146	0,076
1510	-121,84	1,221	0,076
1511	-120,58	1,297	0,076
1512	-119,24	1,373	0,076
1513	-117,83	1,449	0,076
1514	-116,35	1,524	0,076
1515	-114,78	1,600	0,076
1516	-113,15	1,676	0,076
1517	-111,43	1,751	0,076
1518	-109,64	1,827	0,076
1519	-107,78	1,902	0,076
1520	-105,84	1,978	0,076
1521	-103,82	2,054	0,076
1522	-101,73	2,129	0,076
1523	-99,56	2,205	0,076
1524	-97,32	2,280	0,076
1525	-95,00	2,356	0,075
1526	-92,61	2,431	0,075
1527	-90,14	2,507	0,075

1528	-87,60	2,582	0,075
1529	-84,98	2,658	0,075
1530	-82,28	2,733	0,075
1531	-79,51	2,808	0,075
1532	-76,66	2,884	0,075
1533	-73,74	2,959	0,075
1534	-70,75	3,035	0,075
1535	-67,67	3,110	0,075
1536	-64,53	3,185	0,075
1537	-61,30	3,261	0,075
1538	-58,00	3,336	0,075
1539	-54,63	3,411	0,075
1540	-51,18	3,487	0,075
1541	-47,66	3,562	0,075
1542	-44,06	3,637	0,075
1543	-40,38	3,712	0,075
1544	-36,63	3,788	0,075
1545	-32,81	3,863	0,075
1546	-28,91	3,938	0,075
1547	-24,93	4,014	0,075
1548	-20,88	4,089	0,075
1549	-16,75	4,164	0,075
1550	-12,55	4,239	0,075
1551	-8,28	4,315	0,075
1552	-3,92	4,390	0,075
1553	0,50	4,465	0,075
1554	5,01	4,540	0,075
1555	9,58	4,615	0,075
1556	14,24	4,691	0,075
1557	18,97	4,766	0,075
1558	23,77	4,841	0,075

1559	28,65	4,916	0,075
1560	33,60	4,992	0,075
1561	38,63	5,067	0,075
1562	43,74	5,142	0,075
1563	48,92	5,217	0,075
1564	54,17	5,292	0,075
1565	59,50	5,368	0,075
1566	64,91	5,443	0,075
1567	70,39	5,518	0,075
1568	75,94	5,593	0,075
1569	81,57	5,668	0,075
1570	87,28	5,744	0,075
1571	93,06	5,819	0,075
1572	98,92	5,894	0,075
1573	104,85	5,969	0,075
1574	110,85	6,044	0,075
1575	116,94	6,120	0,075
1576	123,09	6,195	0,075
1577	129,33	6,270	0,075
1578	135,63	6,345	0,075
1579	142,02	6,421	0,075
1580	148,48	6,496	0,075
1581	155,01	6,571	0,075
1582	161,62	6,646	0,075
1583	168,30	6,722	0,075
1584	175,06	6,797	0,075
1585	181,90	6,872	0,075
1586	188,81	6,948	0,075
1587	195,79	7,023	0,075
1588	202,85	7,098	0,075
1589	209,99	7,173	0,075

1590	217,20	7,249	0,075
1591	224,48	7,324	0,075
1592	231,85	7,399	0,075
1593	239,28	7,475	0,075
1594	246,80	7,550	0,075
1595	254,38	7,626	0,075
1596	262,05	7,701	0,075
1597	269,79	7,776	0,075
1598	277,60	7,852	0,075
1599	285,49	7,927	0,075
1600	293,45	8,003	0,075
1601	301,49	8,078	0,075
1602	309,61	8,153	0,075
1603	317,80	8,229	0,075
1604	326,07	8,304	0,075
1605	334,41	8,380	0,075
1606	342,83	8,455	0,076
1607	351,32	8,531	0,076
1608	359,89	8,606	0,076
1609	368,53	8,682	0,076
1610	377,25	8,758	0,076
1611	386,05	8,833	0,076
1612	394,92	8,909	0,076
1613	403,87	8,984	0,076
1614	412,89	9,060	0,076
1615	421,99	9,136	0,076
1616	431,16	9,211	0,076
1617	440,41	9,287	0,076
1618	449,73	9,363	0,076
1619	459,13	9,438	0,076
1620	468,61	9,514	0,076

1621	478,16	9,590	0,076
1622	487,79	9,666	0,076
1623	497,49	9,741	0,076
1624	507,27	9,817	0,076
1625	517,13	9,893	0,076
1626	527,06	9,969	0,076
1627	537,06	10,045	0,076
1628	547,15	10,120	0,076
1629	557,31	10,196	0,076
1630	567,54	10,272	0,076
1631	577,85	10,348	0,076
1632	588,24	10,424	0,076
1633	598,70	10,500	0,076
1634	609,24	10,576	0,076
1635	619,85	10,652	0,076
1636	630,54	10,728	0,076
1637	641,31	10,804	0,076
1638	652,15	10,880	0,076
1639	663,07	10,957	0,076
1640	674,06	11,033	0,076
1641	685,13	11,109	0,076
1642	696,28	11,185	0,076
1643	707,50	11,261	0,076
1644	718,80	11,338	0,076
1645	730,18	11,414	0,076
1646	741,63	11,490	0,076
1647	753,16	11,566	0,076
1648	764,76	11,643	0,076
1649	776,44	11,719	0,076
1650	788,20	11,795	0,076

Link Srabaya – Pasuruan ruas Rungkut – Gempol

Wavelength (nm)	Delay (ps/km)	Dispersion (ps/km.nm)	Slope (ps/km.nm ²)
1255	2327,34	-21,441	0,108
1256	2305,95	-21,333	0,108
1257	2284,67	-21,226	0,107
1258	2263,50	-21,119	0,107
1259	2242,43	-21,012	0,107
1260	2221,47	-20,905	0,106
1261	2200,62	-20,799	0,106
1262	2179,88	-20,693	0,106
1263	2159,24	-20,587	0,106
1264	2138,70	-20,481	0,106
1265	2118,28	-20,376	0,105
1266	2097,95	-20,271	0,105
1267	2077,73	-20,166	0,105
1268	2057,62	-20,061	0,105
1269	2037,61	-19,956	0,104
1270	2017,71	-19,852	0,104
1271	1997,91	-19,748	0,104
1272	1978,21	-19,645	0,104
1273	1958,62	-19,541	0,103
1274	1939,13	-19,438	0,103
1275	1919,74	-19,335	0,103
1276	1900,46	-19,232	0,103
1277	1881,28	-19,129	0,102
1278	1862,20	-19,027	0,102
1279	1843,23	-18,925	0,102
1280	1824,35	-18,823	0,102
1281	1805,58	-18,721	0,102
1282	1786,91	-18,620	0,101

1283	1768,34	-18,518	0,101
1284	1749,87	-18,417	0,101
1285	1731,51	-18,316	0,101
1286	1713,24	-18,216	0,101
1287	1695,07	-18,115	0,100
1288	1677,01	-18,015	0,100
1289	1659,04	-17,915	0,100
1290	1641,18	-17,815	0,100
1291	1623,41	-17,715	0,100
1292	1605,75	-17,616	0,099
1293	1588,18	-17,517	0,099
1294	1570,72	-17,418	0,099
1295	1553,35	-17,319	0,099
1296	1536,08	-17,220	0,099
1297	1518,91	-17,122	0,098
1298	1501,83	-17,024	0,098
1299	1484,86	-16,926	0,098
1300	1467,98	-16,828	0,098
1301	1451,20	-16,730	0,098
1302	1434,52	-16,633	0,097
1303	1417,94	-16,535	0,097
1304	1401,45	-16,438	0,097
1305	1385,06	-16,341	0,097
1306	1368,77	-16,245	0,097
1307	1352,57	-16,148	0,096
1308	1336,47	-16,052	0,096
1309	1320,47	-15,955	0,096
1310	1304,56	-15,859	0,096
1311	1288,75	-15,764	0,096
1312	1273,03	-15,668	0,096
1313	1257,41	-15,572	0,095

1314	1241,89	-15,477	0,095
1315	1226,46	-15,382	0,095
1316	1211,13	-15,287	0,095
1317	1195,89	-15,192	0,095
1318	1180,74	-15,098	0,095
1319	1165,69	-15,003	0,094
1320	1150,73	-14,909	0,094
1321	1135,87	-14,815	0,094
1322	1121,11	-14,721	0,094
1323	1106,43	-14,627	0,094
1324	1091,85	-14,533	0,094
1325	1077,36	-14,440	0,093
1326	1062,97	-14,347	0,093
1327	1048,67	-14,253	0,093
1328	1034,46	-14,160	0,093
1329	1020,35	-14,067	0,093
1330	1006,33	-13,975	0,093
1331	992,40	-13,882	0,092
1332	978,56	-13,790	0,092
1333	964,82	-13,698	0,092
1334	951,17	-13,606	0,092
1335	937,61	-13,514	0,092
1336	924,14	-13,422	0,092
1337	910,77	-13,330	0,092
1338	897,48	-13,239	0,091
1339	884,29	-13,147	0,091
1340	871,19	-13,056	0,091
1341	858,18	-12,965	0,091
1342	845,26	-12,874	0,091
1343	832,43	-12,783	0,091
1344	819,69	-12,693	0,091

1345	807,04	-12,602	0,090
1346	794,49	-12,512	0,090
1347	782,02	-12,422	0,090
1348	769,64	-12,332	0,090
1349	757,36	-12,242	0,090
1350	745,16	-12,152	0,090
1351	733,05	-12,062	0,090
1352	721,03	-11,937	0,089
1353	709,11	-11,883	0,089
1354	697,27	-11,794	0,089
1355	685,52	-11,705	0,089
1356	673,86	-11,616	0,089
1357	662,29	-11,527	0,089
1358	650,80	-11,438	0,089
1359	639,41	-11,349	0,089
1360	628,11	-11,261	0,088
1361	616,89	-11,172	0,088
1362	605,76	-11,084	0,088
1363	594,72	-10,996	0,088
1364	583,77	-10,908	0,088
1365	572,90	-10,820	0,088
1366	562,13	-10,732	0,088
1367	551,44	-10,645	0,088
1368	540,84	-10,557	0,088
1369	530,33	-10,470	0,087
1370	519,90	-10,382	0,087
1371	509,56	-10,295	0,087
1372	499,31	-10,208	0,087
1373	489,15	-10,121	0,087
1374	479,07	-10,034	0,087
1375	469,08	-9,947	0,087

1376	459,17	-9,861	0,087
1377	449,36	-9,774	0,087
1378	439,63	-9,687	0,086
1379	429,98	-9,601	0,086
1380	420,42	-9,515	0,086
1381	410,95	-9,429	0,086
1382	401,57	-9,343	0,086
1383	392,27	-9,257	0,086
1384	383,05	-9,171	0,086
1385	373,92	-9,085	0,086
1386	364,88	-9,000	0,086
1387	355,92	-8,914	0,085
1388	347,05	-8,829	0,085
1389	338,27	-8,743	0,085
1390	329,57	-8,658	0,085
1391	320,95	-8,573	0,085
1392	312,42	-8,488	0,085
1393	303,97	-8,403	0,085
1394	295,61	-8,318	0,085
1395	287,34	-8,233	0,085
1396	279,15	-8,149	0,085
1397	271,04	-8,064	0,085
1398	263,02	-7,980	0,084
1399	255,08	-7,895	0,084
1400	247,23	-7,811	0,084
1401	239,46	-7,727	0,084
1402	231,77	-7,643	0,084
1403	224,17	-7,559	0,084
1404	216,66	-7,475	0,084
1405	209,22	-7,391	0,084
1406	201,87	-7,307	0,084

1407	194,61	-7,223	0,084
1408	187,43	-7,140	0,084
1409	180,33	-7,056	0,083
1410	173,31	-6,973	0,083
1411	166,38	-6,890	0,083
1412	159,54	-6,806	0,083
1413	152,77	-6,723	0,083
1414	146,09	-6,640	0,083
1415	139,49	-6,557	0,083
1416	132,98	-6,474	0,083
1417	126,54	-6,391	0,083
1418	120,19	-6,308	0,083
1419	113,93	-6,226	0,083
1420	107,74	-6,143	0,083
1421	101,64	-6,060	0,083
1422	95,62	-5,978	0,082
1423	89,69	-5,895	0,082
1424	83,83	-5,813	0,082
1425	78,06	-5,731	0,082
1426	72,37	-5,648	0,082
1427	66,76	-5,566	0,082
1428	61,24	-5,484	0,082
1429	55,79	-5,402	0,082
1430	50,43	-5,320	0,082
1431	45,15	-5,238	0,082
1432	39,96	-5,157	0,082
1433	34,84	-5,075	0,082
1434	29,81	-4,993	0,082
1435	24,85	-4,912	0,082
1436	19,98	-4,830	0,082
1437	15,19	-4,749	0,081

1438	10,49	-4,667	0,081
1439	5,86	-4,586	0,081
1440	1,31	-4,504	0,081
1441	-3,15	-4,423	0,081
1442	-7,53	-4,342	0,081
1443	-11,83	-4,261	0,081
1444	-16,05	-4,180	0,081
1445	-20,19	-4,099	0,081
1446	-24,25	-4,018	0,081
1447	-28,23	-3,937	0,081
1448	-32,13	-3,856	0,081
1449	-35,94	-3,775	0,081
1450	-39,68	-3,695	0,081
1451	-43,33	-3,614	0,081
1452	-46,90	-3,533	0,081
1453	-50,40	-3,453	0,081
1454	-53,81	-3,372	0,080
1455	-57,14	-3,292	0,080
1456	-60,39	-3,211	0,080
1457	-63,56	-3,131	0,080
1458	-66,66	-3,051	0,080
1459	-69,67	-2,970	0,080
1460	-72,60	-2,890	0,080
1461	-75,45	-2,810	0,080
1462	-78,22	-2,730	0,080
1463	-80,91	-2,650	0,080
1464	-83,52	-2,570	0,080
1465	-86,05	-2,490	0,080
1466	-88,50	-2,410	0,080
1467	-90,87	-2,330	0,080
1468	-93,16	-2,250	0,080

1469	-95,37	-2,171	0,080
1470	-97,50	-2,091	0,080
1471	-99,55	-2,011	0,080
1472	-101,52	-1,931	0,080
1473	-103,41	-1,852	0,080
1474	-105,22	-1,772	0,080
1475	-106,96	-1,693	0,080
1476	-108,61	-1,613	0,079
1477	-110,18	-1,534	0,079
1478	-111,68	-1,454	0,079
1479	-113,09	-1,375	0,079
1480	-114,43	-1,296	0,079
1481	-115,68	-1,216	0,079
1482	-116,86	-1,137	0,079
1483	-117,96	-1,058	0,079
1484	-118,98	-0,979	0,079
1485	-119,91	-0,899	0,079
1486	-120,77	-0,820	0,079
1487	-121,56	-0,741	0,079
1488	-122,26	-0,662	0,079
1489	-122,88	-0,583	0,079
1490	-123,42	-0,504	0,079
1491	-123,89	-0,425	0,079
1492	-124,27	-0,346	0,079
1493	-124,58	-0,267	0,079
1494	-124,81	-0,189	0,079
1495	-124,96	-0,110	0,079
1496	-125,03	-0,031	0,079
1497	-125,02	0,048	0,079
1498	-124,93	0,127	0,079
1499	-124,77	0,205	0,079

1500	-124,52	0,284	0,079
1501	-124,20	0,363	0,079
1502	-123,80	0,441	0,079
1503	-123,32	0,520	0,079
1504	-122,76	0,598	0,079
1505	-122,12	0,677	0,079
1506	-121,40	0,756	0,079
1507	-120,61	0,834	0,078
1508	-119,73	0,913	0,078
1509	-118,78	0,991	0,078
1510	-117,75	1,069	0,078
1511	-116,64	1,148	0,078
1512	-115,46	1,226	0,078
1513	-114,19	1,305	0,078
1514	-112,85	1,383	0,078
1515	-111,43	1,461	0,078
1516	-109,93	1,540	0,078
1517	-108,35	1,618	0,078
1518	-106,69	1,696	0,078
1519	-104,95	1,774	0,078
1520	-103,14	1,853	0,078
1521	-101,25	1,931	0,078
1522	-99,28	2,009	0,078
1523	-97,23	2,087	0,078
1524	-95,10	2,165	0,078
1525	-92,90	2,244	0,078
1526	-90,62	2,322	0,078
1527	-88,26	2,400	0,078
1528	-85,82	2,478	0,078
1529	-83,30	2,556	0,078
1530	-80,71	2,634	0,078

1531	-78,03	2,712	0,078
1532	-75,28	2,790	0,078
1533	-72,45	2,868	0,078
1534	-69,55	2,946	0,078
1535	-66,56	3,024	0,078
1536	-63,50	3,102	0,078
1537	-60,36	3,180	0,078
1538	-57,14	3,258	0,078
1539	-53,84	3,336	0,078
1540	-50,47	3,414	0,078
1541	-47,01	3,492	0,078
1542	-43,48	3,570	0,078
1543	-39,87	3,648	0,078
1544	-36,19	3,726	0,078
1545	-32,42	3,804	0,078
1546	-28,58	3,882	0,078
1547	-24,66	3,959	0,078
1548	-20,66	4,037	0,078
1549	-16,58	4,115	0,078
1550	-12,43	4,193	0,078
1551	-8,20	4,271	0,078
1552	-3,89	4,349	0,078
1553	0,50	4,427	0,078
1554	4,97	4,505	0,078
1555	9,51	4,582	0,078
1556	14,13	4,660	0,078
1557	18,83	4,738	0,078
1558	23,61	4,816	0,078
1559	28,46	4,894	0,078
1560	33,39	4,972	0,078
1561	38,40	5,049	0,078

1562	43,49	5,127	0,078
1563	48,66	5,205	0,078
1564	53,90	5,283	0,078
1565	59,22	5,361	0,078
1566	64,62	5,439	0,078
1567	70,10	5,516	0,078
1568	75,66	5,594	0,078
1569	81,29	5,672	0,078
1570	87,00	5,750	0,078
1571	92,79	5,828	0,078
1572	98,66	5,906	0,078
1573	104,60	5,983	0,078
1574	110,62	6,061	0,078
1575	116,72	6,139	0,078
1576	122,90	6,217	0,078
1577	129,16	6,295	0,078
1578	135,49	6,373	0,078
1579	141,90	6,451	0,078
1580	148,39	6,528	0,078
1581	154,96	6,606	0,078
1582	161,61	6,684	0,078
1583	168,33	6,762	0,078
1584	175,13	6,840	0,078
1585	182,01	6,918	0,078
1586	188,97	6,996	0,078
1587	196,00	7,074	0,078
1588	203,11	7,152	0,078
1589	210,30	7,230	0,078
1590	217,57	7,308	0,078
1591	224,92	7,385	0,078
1592	232,34	7,463	0,078

1593	239,85	7,541	0,078
1594	247,43	7,619	0,078
1595	255,08	7,697	0,078
1596	262,82	7,775	0,078
1597	270,63	7,853	0,078
1598	278,53	7,931	0,078
1599	286,50	8,009	0,078
1600	294,55	8,088	0,078
1601	302,67	8,166	0,078
1602	310,88	8,244	0,078
1603	319,16	8,322	0,078
1604	327,52	8,400	0,078
1605	335,96	8,478	0,078
1606	344,48	8,556	0,078
1607	353,07	8,634	0,078
1608	361,75	8,712	0,078
1609	370,50	8,791	0,078
1610	379,33	8,869	0,078
1611	388,23	8,947	0,078
1612	397,22	9,025	0,078
1613	406,28	9,103	0,078
1614	415,43	9,182	0,078
1615	424,65	9,260	0,078
1616	433,95	9,338	0,078
1617	443,32	9,416	0,078
1618	452,78	9,495	0,078
1619	462,31	9,573	0,078
1620	471,93	9,652	0,078
1621	481,62	9,730	0,078
1622	491,39	9,808	0,078
1623	501,23	9,887	0,078

1624	511,16	9,965	0,078
1625	521,16	10,044	0,078
1626	531,25	10,122	0,078
1627	541,41	10,201	0,078
1628	551,65	10,279	0,079
1629	561,97	10,358	0,079
1630	572,36	10,436	0,079
1631	582,84	10,515	0,079
1632	593,39	10,593	0,079
1633	604,02	10,672	0,079
1634	614,74	10,751	0,079
1635	625,53	10,829	0,079
1636	636,39	10,908	0,079
1637	647,34	10,987	0,079
1638	658,37	11,065	0,079
1639	669,47	11,144	0,079
1640	680,66	11,223	0,079
1641	691,92	11,302	0,079
1642	703,26	11,380	0,079
1643	714,68	11,459	0,079
1644	726,18	11,538	0,079
1645	737,76	11,617	0,079
1646	749,41	11,696	0,079
1647	761,15	11,775	0,079
1648	772,96	11,854	0,079
1649	784,86	11,933	0,079
1650	796,83	12,012	0,079

Link Surabaya – Malang ruas Rungkut – Pandaan

Wavelength (nm)	Delay (ps/km)	Dispersion (ps/km.nm)	Slope (ps/km.nm ²)
-----------------	---------------	--------------------------	------------------------------------

1255	2285,19	-20,564	0,099
1256	2264,68	-20,465	0,098
1257	2244,26	-20,367	0,098
1258	2223,95	-20,269	0,098
1259	2203,73	-20,171	0,098
1260	2183,60	-20,073	0,098
1261	2163,58	-19,976	0,097
1262	2143,65	-19,878	0,097
1263	2123,82	-19,781	0,097
1264	2104,09	-19,684	0,097
1265	2084,45	-19,588	0,097
1266	2064,91	-19,491	0,097
1267	2045,47	-19,395	0,096
1268	2026,12	-19,298	0,096
1269	2006,87	-19,202	0,096
1270	1987,72	-19,106	0,096
1271	1968,66	-19,011	0,096
1272	1949,70	-18,915	0,095
1273	1930,83	-18,820	0,095
1274	1912,06	-18,725	0,095
1275	1893,38	-18,630	0,095
1276	1874,80	-18,535	0,095
1277	1856,31	-18,440	0,095
1278	1837,92	-18,346	0,094
1279	1819,62	-18,251	0,094
1280	1801,42	-18,157	0,094
1281	1783,31	-18,063	0,094
1282	1765,29	-17,969	0,094
1283	1747,37	-17,876	0,094
1284	1729,54	-17,782	0,093
1285	1711,80	-17,689	0,093

1286	1694,16	-17,595	0,093
1287	1676,61	-17,502	0,093
1288	1659,16	-17,409	0,093
1289	1641,79	-17,317	0,093
1290	1624,52	-17,224	0,093
1291	1607,35	-17,132	0,092
1292	1590,26	-17,039	0,092
1293	1573,27	-16,947	0,092
1294	1556,37	-16,855	0,092
1295	1539,56	-16,764	0,092
1296	1522,84	-16,672	0,092
1297	1506,21	-16,580	0,091
1298	1489,68	-16,489	0,091
1299	1473,23	-16,398	0,091
1300	1456,88	-16,307	0,091
1301	1440,62	-16,216	0,091
1302	1424,45	-16,125	0,091
1303	1408,37	-16,034	0,091
1304	1392,38	-15,944	0,090
1305	1376,48	-15,853	0,090
1306	1360,68	-15,763	0,090
1307	1344,96	-15,673	0,090
1308	1329,33	-15,583	0,090
1309	1313,79	-15,493	0,090
1310	1298,34	-15,403	0,090
1311	1282,99	-15,314	0,090
1312	1267,72	-15,224	0,089
1313	1252,54	-15,135	0,089
1314	1237,45	-15,046	0,089
1315	1222,45	-14,957	0,089
1316	1207,53	-14,868	0,089

1317	1192,71	-14,779	0,089
1318	1177,98	-14,690	0,089
1319	1163,33	-14,602	0,088
1320	1148,77	-14,513	0,088
1321	1134,30	-14,425	0,088
1322	1119,92	-14,337	0,088
1323	1105,63	-14,249	0,088
1324	1091,42	-14,161	0,088
1325	1077,31	-14,073	0,088
1326	1063,28	-13,985	0,088
1327	1049,34	-13,898	0,088
1328	1035,48	-13,810	0,087
1329	1021,72	-13,723	0,087
1330	1008,04	-13,636	0,087
1331	994,45	-13,548	0,087
1332	980,94	-13,461	0,087
1333	967,52	-13,374	0,087
1334	954,19	-13,288	0,087
1335	940,95	-13,201	0,087
1336	927,79	-13,114	0,087
1337	914,72	-13,028	0,086
1338	901,73	-12,942	0,086
1339	888,84	-12,855	0,086
1340	876,02	-12,769	0,086
1341	863,30	-12,683	0,086
1342	850,66	-12,597	0,086
1343	838,10	-12,511	0,086
1344	825,63	-12,426	0,086
1345	813,25	-12,340	0,086
1346	800,95	-12,254	0,085
1347	788,74	-12,169	0,085

1348	776,62	-12,084	0,085
1349	764,58	-11,998	0,085
1350	752,62	-11,913	0,085
1351	740,75	-11,828	0,085
1352	728,96	-11,743	0,085
1353	717,26	-11,658	0,085
1354	705,65	-11,574	0,085
1355	694,12	-11,489	0,085
1356	682,67	-11,404	0,085
1357	671,31	-11,320	0,084
1358	660,03	-11,235	0,084
1359	648,84	-11,151	0,084
1360	637,73	-11,067	0,084
1361	626,70	-10,983	0,084
1362	615,76	-10,899	0,084
1363	604,90	-10,815	0,084
1364	594,13	-10,731	0,084
1365	583,44	-10,647	0,084
1366	572,84	-10,564	0,084
1367	562,32	-10,480	0,084
1368	551,88	-10,396	0,083
1369	541,52	-10,313	0,083
1370	531,25	-10,230	0,083
1371	521,06	-10,146	0,083
1372	510,96	-10,063	0,083
1373	500,94	-9,980	0,083
1374	491,00	-9,897	0,083
1375	481,14	-9,814	0,083
1376	471,37	-9,731	0,083
1377	461,68	-9,648	0,083
1378	452,07	-9,566	0,083

1379	442,55	-9,483	0,083
1380	433,11	-9,400	0,083
1381	423,75	-9,318	0,082
1382	414,47	-9,235	0,082
1383	405,28	-9,153	0,082
1384	396,17	-9,071	0,082
1385	387,14	-8,989	0,082
1386	378,19	-8,906	0,082
1387	369,32	-8,824	0,082
1388	360,54	-8,742	0,082
1389	351,84	-8,660	0,082
1390	343,22	-8,579	0,082
1391	334,68	-8,497	0,082
1392	326,23	-8,415	0,082
1393	317,85	-8,333	0,082
1394	309,56	-8,252	0,082
1395	301,35	-8,170	0,082
1396	293,22	-8,089	0,081
1397	285,17	-8,007	0,081
1398	277,20	-7,926	0,081
1399	269,32	-7,845	0,081
1400	261,52	-7,763	0,081
1401	253,79	-7,682	0,081
1402	246,15	-7,601	0,081
1403	238,59	-7,520	0,081
1404	231,11	-7,439	0,081
1405	223,71	-7,358	0,081
1406	216,39	-7,277	0,081
1407	209,16	-7,197	0,081
1408	202,00	-7,116	0,081
1409	194,93	-7,035	0,081

1410	187,93	-6,954	0,081
1411	181,02	-6,874	0,081
1412	174,18	-6,793	0,081
1413	167,43	-6,713	0,080
1414	160,76	-6,632	0,080
1415	154,17	-6,552	0,080
1416	147,65	-6,472	0,080
1417	141,22	-6,391	0,080
1418	134,87	-6,311	0,080
1419	128,60	-6,231	0,080
1420	122,41	-6,151	0,080
1421	116,30	-6,071	0,080
1422	110,27	-5,991	0,080
1423	104,32	-5,911	0,080
1424	98,45	-5,831	0,080
1425	92,65	-5,751	0,080
1426	86,94	-5,671	0,080
1427	81,31	-5,591	0,080
1428	75,76	-5,512	0,080
1429	70,29	-5,432	0,080
1430	64,90	-5,352	0,080
1431	59,59	-5,273	0,080
1432	54,35	-5,193	0,080
1433	49,20	-5,113	0,080
1434	44,13	-5,034	0,079
1435	39,13	-4,954	0,079
1436	34,22	-4,875	0,079
1437	29,38	-4,796	0,079
1438	24,63	-4,716	0,079
1439	19,95	-4,637	0,079
1440	15,35	-4,558	0,079

1441	10,83	-4,479	0,079
1442	6,39	-4,399	0,079
1443	2,03	-4,320	0,079
1444	-2,25	-4,241	0,079
1445	-6,45	-4,162	0,079
1446	-10,57	-4,083	0,079
1447	-14,61	-4,004	0,079
1448	-18,58	-3,925	0,079
1449	-22,46	-3,846	0,079
1450	-26,27	-3,767	0,079
1451	-30,00	-3,688	0,079
1452	-33,65	-3,609	0,079
1453	-37,22	-3,531	0,079
1454	-40,71	-3,452	0,079
1455	-44,12	-3,373	0,079
1456	-47,45	-3,294	0,079
1457	-50,71	-3,216	0,079
1458	-53,89	-3,137	0,079
1459	-56,98	-3,058	0,079
1460	-60,00	-2,980	0,079
1461	-62,94	-2,901	0,079
1462	-65,80	-2,823	0,079
1463	-68,59	-2,744	0,079
1464	-71,29	-2,666	0,078
1465	-73,92	-2,587	0,078
1466	-76,47	-2,509	0,078
1467	-78,94	-2,430	0,078
1468	-81,33	-2,352	0,078
1469	-83,64	-2,273	0,078
1470	-85,87	-2,195	0,078
1471	-88,03	-2,117	0,078

1472	-90,11	-2,038	0,078
1473	-92,11	-1,960	0,078
1474	-94,03	-1,882	0,078
1475	-95,87	-1,804	0,078
1476	-97,64	-1,725	0,078
1477	-99,32	-1,647	0,078
1478	-100,93	-1,569	0,078
1479	-102,46	-1,491	0,078
1480	-103,91	-1,413	0,078
1481	-105,29	-1,335	0,078
1482	-106,58	-1,256	0,078
1483	-107,80	-1,178	0,078
1484	-108,94	-1,100	0,078
1485	-110,00	-1,022	0,078
1486	-110,98	-0,944	0,078
1487	-111,89	-0,866	0,078
1488	-112,71	-0,788	0,078
1489	-113,46	-0,710	0,078
1490	-114,13	-0,632	0,078
1491	-114,73	-0,554	0,078
1492	-115,24	-0,476	0,078
1493	-115,68	-0,398	0,078
1494	-116,04	-0,320	0,078
1495	-116,32	-0,242	0,078
1496	-116,52	-0,165	0,078
1497	-116,65	-0,087	0,078
1498	-116,70	-0,009	0,078
1499	-116,67	0,069	0,078
1500	-116,56	0,147	0,078
1501	-116,37	0,225	0,078
1502	-116,11	0,303	0,078

1503	-115,77	0,381	0,078
1504	-115,35	0,458	0,078
1505	-114,85	0,536	0,078
1506	-114,28	0,614	0,078
1507	-113,62	0,692	0,078
1508	-112,89	0,770	0,078
1509	-112,08	0,847	0,078
1510	-111,20	0,925	0,078
1511	-110,23	1,003	0,078
1512	-109,19	1,081	0,078
1513	-108,07	1,159	0,078
1514	-106,87	1,236	0,078
1515	-105,60	1,314	0,078
1516	-104,25	1,392	0,078
1517	-102,82	1,470	0,078
1518	-101,31	1,547	0,078
1519	-99,72	1,625	0,078
1520	-98,06	1,703	0,078
1521	-96,32	1,781	0,078
1522	-94,50	1,858	0,078
1523	-92,60	1,936	0,078
1524	-90,62	2,014	0,078
1525	-88,57	2,092	0,078
1526	-86,44	2,169	0,078
1527	-84,23	2,247	0,078
1528	-81,95	2,325	0,078
1529	-79,58	2,403	0,078
1530	-77,14	2,480	0,078
1531	-74,62	2,558	0,078
1532	-72,02	2,636	0,078
1533	-69,35	2,714	0,078

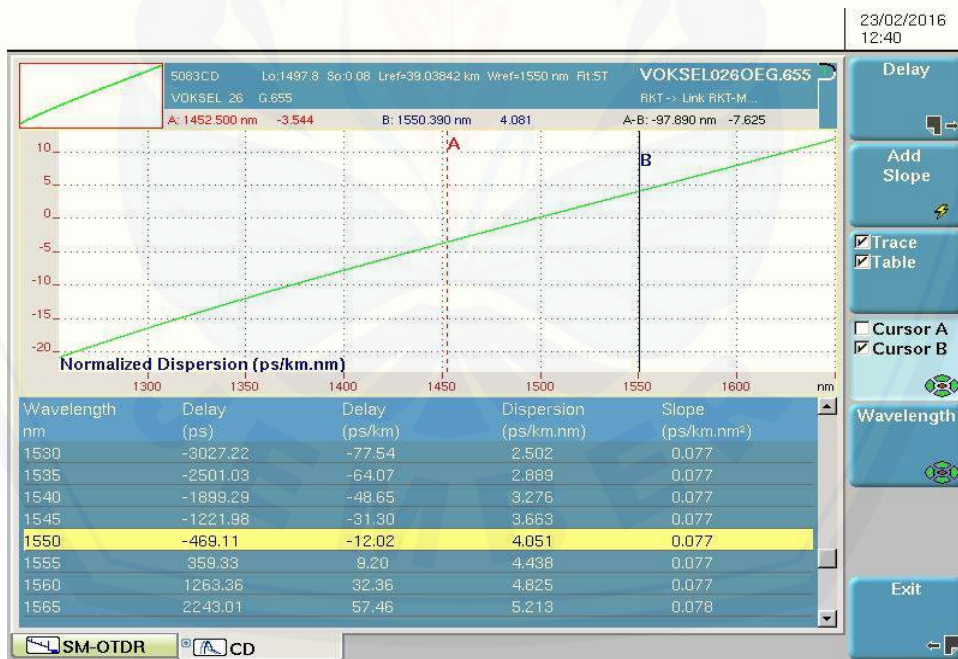
1534	-66,60	2,791	0,078
1535	-63,77	2,869	0,078
1536	-60,86	2,947	0,078
1537	-57,87	3,025	0,078
1538	-54,81	3,103	0,078
1539	-51,67	3,180	0,078
1540	-48,45	3,258	0,078
1541	-45,15	3,336	0,078
1542	-41,78	3,414	0,078
1543	-38,32	3,491	0,078
1544	-34,79	3,569	0,078
1545	-31,19	3,647	0,078
1546	-27,50	3,725	0,078
1547	-23,74	3,803	0,078
1548	-19,89	3,881	0,078
1548	-19,89	3,881	0,078
1549	-15,97	3,958	0,078
1550	-11,98	4,036	0,078
1551	-7,90	4,114	0,078
1552	-3,75	4,192	0,078
1553	0,48	4,270	0,078
1554	4,79	4,348	0,078
1555	9,18	4,426	0,078
1556	13,64	4,504	0,078
1557	18,19	4,582	0,078
1558	22,81	4,660	0,078
1559	27,50	4,738	0,078
1560	32,28	4,815	0,078
1561	37,14	4,893	0,078
1562	42,07	4,971	0,078
1563	47,08	5,049	0,078

1564	52,17	5,127	0,078
1565	57,33	5,205	0,078
1566	62,58	5,284	0,078
1567	67,90	5,362	0,078
1568	73,30	5,440	0,078
1569	78,78	5,518	0,078
1570	84,34	5,596	0,078
1571	89,97	5,674	0,078
1572	95,68	5,752	0,078
1573	101,48	5,830	0,078
1574	107,34	5,908	0,078
1575	113,29	5,987	0,078
1576	119,32	6,065	0,078
1577	125,42	6,143	0,078
1578	131,60	6,221	0,078
1579	137,86	6,299	0,078
1580	144,20	6,378	0,078
1581	150,62	6,456	0,078
1582	157,11	6,534	0,078
1583	163,69	6,613	0,078
1584	170,34	6,691	0,078
1585	177,07	6,769	0,078
1586	183,88	6,848	0,078
1587	190,77	6,926	0,078
1588	197,73	7,005	0,078
1589	204,78	7,083	0,078
1590	211,90	7,162	0,078
1591	219,10	7,240	0,079
1592	226,38	7,319	0,079
1593	233,74	7,397	0,079
1594	241,17	7,476	0,079

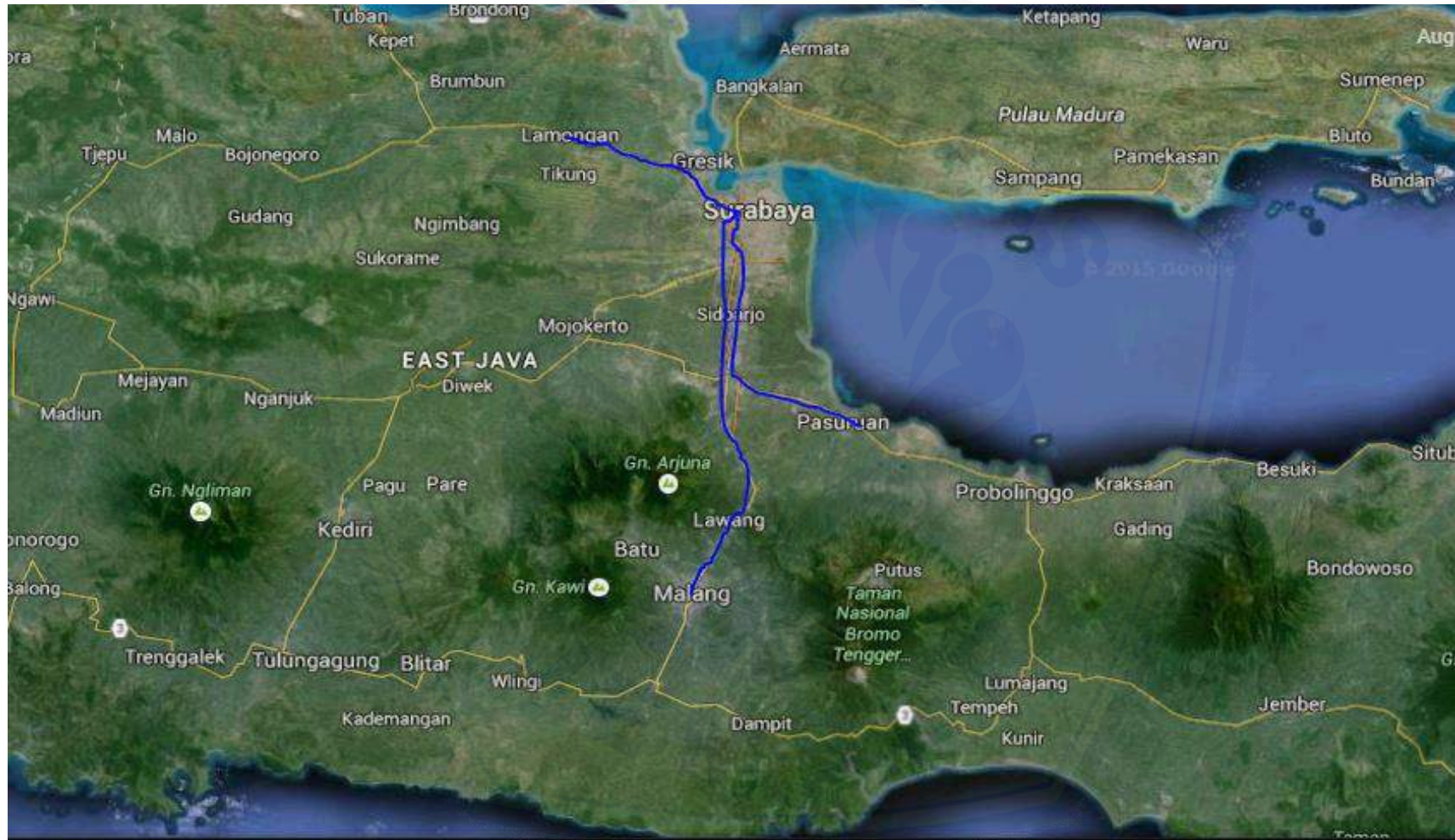
1595	248,69	7,554	0,079
1596	256,28	7,633	0,079
1597	263,95	7,711	0,079
1598	271,70	7,790	0,079
1599	279,53	7,869	0,079
1600	287,44	7,947	0,079
1601	295,43	8,026	0,079
1602	303,49	8,105	0,079
1603	311,64	8,184	0,079
1604	319,86	8,263	0,079
1605	328,16	8,341	0,079
1606	336,54	8,420	0,079
1607	345,00	8,499	0,079
1608	353,54	8,578	0,079
1609	362,16	8,657	0,079
1610	370,86	8,736	0,079
1611	379,63	8,815	0,079
1612	388,48	8,894	0,079
1613	397,42	8,973	0,079
1614	406,43	9,052	0,079
1615	415,52	9,131	0,079
1616	424,69	9,210	0,079
1617	433,94	9,289	0,079
1618	443,27	9,368	0,079
1619	452,68	9,448	0,079
1620	462,17	9,527	0,079
1621	471,73	9,606	0,079
1622	481,38	9,685	0,079
1623	491,10	9,765	0,079
1624	500,91	9,844	0,079
1625	510,79	9,924	0,079

1626	520,76	10,003	0,079
1627	530,80	10,082	0,079
1628	540,92	10,162	0,079
1629	551,12	10,241	0,080
1630	561,40	10,321	0,080
1631	571,76	10,401	0,080
1632	582,20	10,480	0,080
1633	592,72	10,560	0,080
1634	603,32	10,639	0,080
1635	614,00	10,719	0,080
1636	624,76	10,799	0,080
1637	635,60	10,879	0,080
1638	646,52	10,959	0,080
1639	657,52	11,038	0,080
1640	668,60	11,118	0,080
1641	679,75	11,198	0,080
1642	690,99	11,278	0,080
1643	702,31	11,358	0,080
1644	713,71	11,438	0,080
1645	725,19	11,518	0,080
1646	736,75	11,598	0,080
1647	748,38	11,678	0,080
1648	760,10	11,759	0,080
1649	771,90	11,839	0,080
1650	783,78	11,919	0,080

E. Tampilan Pada JDSU MTS 8000



F. Peta Wilayah Penelitian



G. Dokumentasi Alat



