

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kelancaran, hikmat, dan karuniaNya sehingga penulisan skripsi dengan judul “Implementasi *Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)* pada teknologi *Very High Data Rate Digital Subscriber Line (VDSL)*” dapat diselesaikan dengan lancar dan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

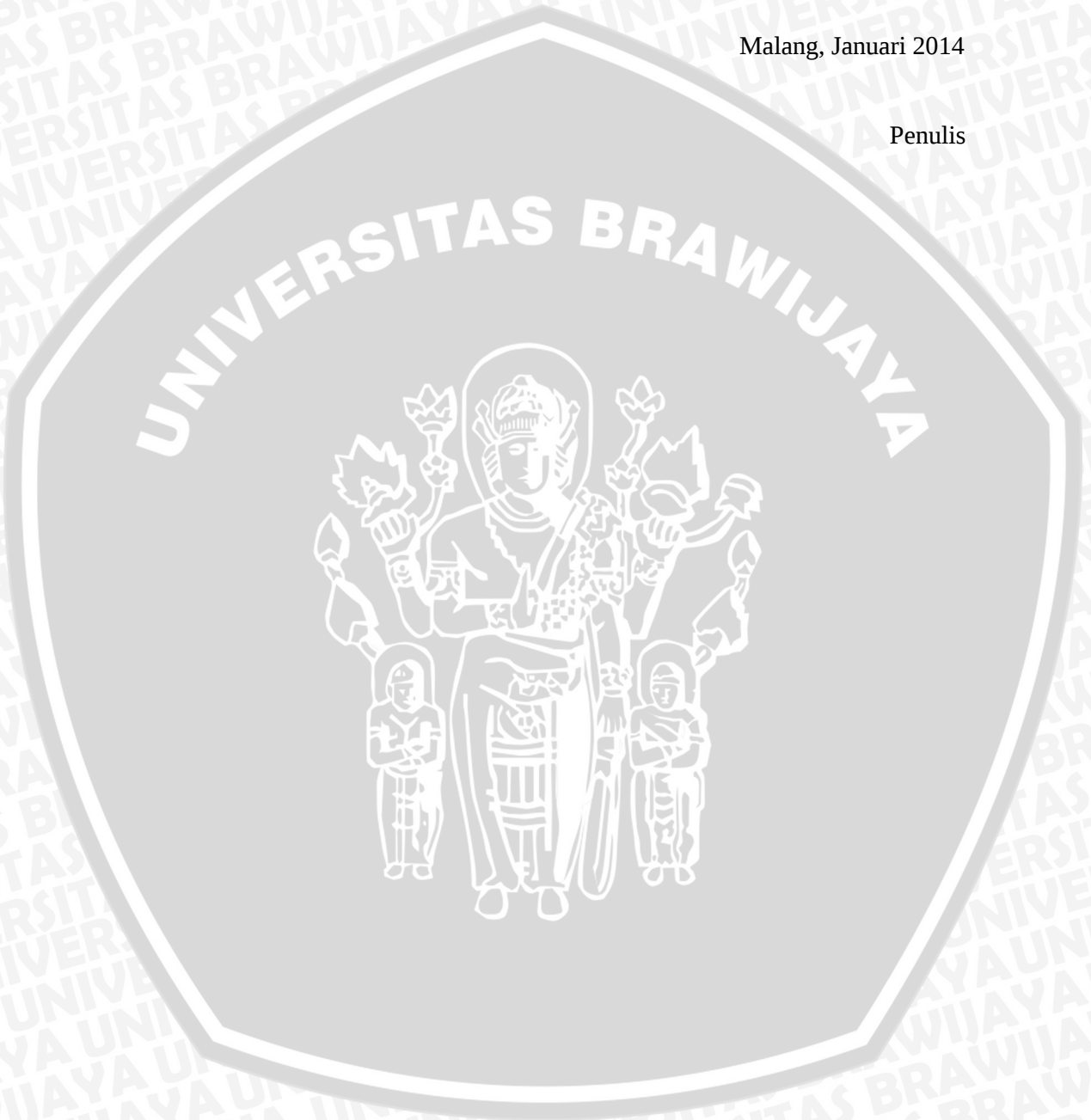
Penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan serta dorongan selama pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, Mama, Papa, Adik Ian, Adik Wibi, Umi, Abah, dan Bapak Arijadi atas doa, perhatian, dan dukungannya.
2. Bapak, Muhammad Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Bapak Hadi Suyono., ST., MT., Ph.D. dan selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ali Mustofa, ST., MT selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono., MS dan Ali Mustofa, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan skripsi.
5. Bapak Ibu Dosen serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Elektro.
6. Dista Narulina Riyasa yang selalu memberikan doa, perhatian, dan dukungannya.
7. Sahabat-sahabatku Sahada Pramandana, Riza Fahmi, Putu Laksmi, Amalia Eka, Olivia Elsa, dan Nurawalludin Zuhri yang selalu memberikan doa, perhatian, dan dukungannya.
8. Teman-teman Concordes 2008, Keluarga Besar Paket C (Telekomunikasi) dan Keluarga Besar Laboratorium Telekomunikasi atas doa, perhatian, dan dukungannya.
9. Rekan dan sahabat lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari adanya kekurangan dan ketidak sempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kelengkapan dan kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi rekan-rekan mahasiswa.

Malang, Januari 2014

Penulis



## DAFTAR ISI

|                                                                                    | halaman     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                        | <b>i</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                             | <b>iii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                         | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                                           | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                               | <b>ix</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                                      | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                                            | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                          | 2           |
| 1.3 Ruang Lingkup .....                                                            | 3           |
| 1.4 Tujuan .....                                                                   | 3           |
| 1.5 Sistematika Penulisan .....                                                    | 3           |
| <b>BAB II <i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)</i> .....</b>      | <b>5</b>    |
| 2.1 Prinsip Kerja.....                                                             | 5           |
| 2.2 Modulasi pada <i>Digital Subscriber Line Access Multiplekser (DSLAM)</i> ..... | 6           |
| 2.2.1 <i>Carrierless Amplitude Phase (CAP)</i> .....                               | 6           |
| 2.2.2 <i>Discrete Multitone (DMT)</i> .....                                        | 8           |
| 2.3 <i>Noise</i> .....                                                             | 10          |
| 2.4 <u>Kapasitas Kanal CAP dan DMT</u> .....                                       | 11          |
| <b>BAB III <i>Very High Data Rate Digital Subscriber Line (VDSL)</i> .....</b>     | <b>13</b>   |
| 3.1 Teknologi Jaringan Akses Tembaga.....                                          | 13          |
| 3.2 <i>Very High Data Rate Digital Subscriber Line</i> .....                       | 14          |
| 3.3 Konsep <i>Very High Data Rate Digital Subscriber Line</i> .....                | 15          |
| 3.4 Model Referensi VDSL .....                                                     | 16          |
| 3.5 Karakteristik Saluran Transmisi .....                                          | 17          |
| 3.6 Alokasi Spektrum.....                                                          | 19          |
| 3.7 <i>Delay dan Throughput</i> .....                                              | 20          |
| 3.7.1 <i>Delay</i> .....                                                           | 20          |

|                                         |                                                                       |    |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.7.1.1                                 | Perhitungan <i>Packetization Delay</i> (PD) .....                     | 20 |
| 3.7.1.2                                 | Perhitungan <i>Transmission Delay</i> (TD) .....                      | 22 |
| 3.7.1.3                                 | Perhitungan <i>Fixed Switching Delay</i> (FD).....                    | 23 |
| 3.7.1.4                                 | Perhitungan <i>Queueing Delay</i> (QD).....                           | 23 |
| 3.7.1.5                                 | Perhitungan <i>Depacketization Delay</i> (DD).....                    | 25 |
| 3.7.2                                   | <i>Throughput</i> .....                                               | 25 |
| <b>BAB IV METODOLOGI</b> .....          |                                                                       | 27 |
| 4.1                                     | Pengambilan Data.....                                                 | 27 |
| 4.2                                     | Perhitungan dan Analisis Data .....                                   | 28 |
| 4.3                                     | Kerangka Solusi Masalah yang Ditampilkan dalam Bentuk Flowchart. .... | 28 |
| 4.4                                     | Pengambilan Kesimpulan dan Saran .....                                | 35 |
| <b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b> ..... |                                                                       | 37 |
| 5.1                                     | Konfigurasi Jaringan DSLAM pada VDSL .....                            | 37 |
| 5.2                                     | Data Referensi .....                                                  | 38 |
| 5.3                                     | Analisis Perhitungan Redaman Saluran Transmisi VDSL .....             | 39 |
| 5.4                                     | Analisis Perhitungan Kapasitas Kanal pada CAP dan DMT pada VDSL.....  | 43 |
| 5.5                                     | Analisis Perhitungan <i>Delay Time</i> pada DSLAM-VDSL.....           | 46 |
| 5.5.1.                                  | Perhitungan <i>Delay</i> Paketisasi (PD).....                         | 46 |
| 5.5.2.                                  | Perhitungan <i>Transmission Delay</i> (TD).....                       | 48 |
| 5.5.3.                                  | Perhitungan <i>Switching Delay</i> (SD).....                          | 51 |
| 5.5.4.                                  | Perhitungan <i>Depacketization Delay</i> (DD).....                    | 56 |
| 5.5.5.                                  | Perhitungan <i>Delay Total (Delay End-to-End)</i> .....               | 58 |
| 5.6                                     | Perhitungan <i>Throughput</i> .....                                   | 61 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>  | <b>65</b> |
| 6.1 Kesimpulan.....         | 65        |
| 6.2 Saran.....              | 66        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>67</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>       | <b>68</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                            | halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Gambar 2.1</b> Skema Transmisi DSLAM .....                                              | 6       |
| <b>Gambar 2.2</b> Alokasi Kanal CAP .....                                                  | 7       |
| <b>Gambar 2.3</b> Skema <i>Transmitter</i> CAP.....                                        | 7       |
| <b>Gambar 2.4</b> Skema <i>Receiver</i> CAP .....                                          | 8       |
| <b>Gambar 2.5</b> Skema Pengiriman Sinyal <i>Muticarrier</i> .....                         | 9       |
| <b>Gambar 2.6</b> <i>Transmitter dan Receiver</i> dari DMT .....                           | 9       |
| <b>Gambar 2.7</b> Alokasi Kanal pada DMT.....                                              | 10      |
| <b>Gambar 2.8</b> Ilustrasi dari (a) NEXT, (b) FEXT .....                                  | 11      |
| <b>Gambar 3.1</b> <i>Voice Grade Modem connection</i> .....                                | 13      |
| <b>Gambar 3.2</b> Model referensi umum VDSL .....                                          | 16      |
| <b>Gambar 3.3</b> Jaringan RLGC .....                                                      | 18      |
| <b>Gambar 3.4</b> Format sel untuk ATM <i>Header</i> .....                                 | 21      |
| <b>Gambar 3.5</b> Model antrian M/M/1 .....                                                | 24      |
| <b>Gambar 4.1</b> Diagram Alir menentukan redaman .....                                    | 29      |
| <b>Gambar 4.2</b> Diagram Alir menentukan <i>delay</i> paketisasi.....                     | 30      |
| <b>Gambar 4.3</b> Diagram Alir menentukan <i>transmission delay</i> .....                  | 31      |
| <b>Gambar 4.4</b> Diagram Alir menentukan <i>Fixed Switching Delay</i> .....               | 32      |
| <b>Gambar 4.5</b> Diagram Alir menentukan <i>Queueing Delay</i> .....                      | 33      |
| <b>Gambar 4.6</b> Diagram Alir menentukan <i>Depacketization Delay</i> .....               | 34      |
| <b>Gambar 4.7</b> Diagram Alir menentukan <i>Delay Total</i> .....                         | 35      |
| <b>Gambar 4.8</b> Diagram Alir menentukan <i>throughput</i> .....                          | 36      |
| <b>Gambar 5.1</b> Konfigurasi jaringan DSLAM pada VDSL.....                                | 37      |
| <b>Gambar 5.2</b> Hubungan frekuensi dan jarak dengan redaman saluran transmisi.....       | 40      |
| <b>Gambar 5.3</b> Hubungan redaman dengan jarak untuk pelanggan VDSL .....                 | 43      |
| <b>Gambar 5.4</b> Perbandingan nilai kapasitas kanal CAP dan DMT pada kecepatan VDSL ..... | 45      |
| <b>Gambar 5.5</b> Konfigurasi <i>delay</i> jaringan <i>client-service provider</i> .....   | 46      |

|                    |                                                                                        |    |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 5.6</b>  | Hubungan <i>delay</i> paketisasi dengan <i>downstream</i> VDSL .....                   | 48 |
| <b>Gambar 5.7</b>  | Hubungan <i>delay</i> transmisi dengan <i>bit rate</i> VDSL pada jarak<br>1,7 Km ..... | 50 |
| <b>Gambar 5.8</b>  | Hubungan <i>delay</i> transmisi dengan <i>bit rate</i> VDSL pada jarak<br>1,8 Km ..... | 51 |
| <b>Gambar 5.9</b>  | Hubungan <i>delay</i> switching dengan <i>downstream</i> VDSL.....                     | 55 |
| <b>Gambar 5.10</b> | Hubungan <i>delay</i> switching dengan <i>upstream</i> VDSL .....                      | 55 |
| <b>Gambar 5.11</b> | Hubungan <i>delay</i> depaketisasi dengan <i>upstream</i> VDSL .....                   | 57 |
| <b>Gambar 5.12</b> | Hubungan <i>delay</i> total dengan <i>downstream</i> VDSL.....                         | 59 |
| <b>Gambar 5.13</b> | Hubungan <i>delay</i> total dengan <i>upstream</i> VDSL .....                          | 60 |
| <b>Gambar 5.14</b> | Hubungan <i>bit rate</i> VDSL dengan nilai <i>throughput</i> .....                     | 64 |



## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                 | halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Tabel 3.1</b> Perkembangan teknologi modem pada jarlokat.....                                                | 16      |
| <b>Tabel 3.2</b> Nilai MSS untuk beberapa jenis jaringan.....                                                   | 21      |
| <b>Tabel 5.1</b> Karakteristik kabel 24 AWG .....                                                               | 38      |
| <b>Tabel 5.2</b> Kecepatan transmisi <i>downstream</i> dan <i>upstream</i> beserta panjang saluran dan SNR..... | 39      |
| <b>Tabel 5.3</b> Redaman kabel 24 AWG.....                                                                      | 40      |
| <b>Tabel 5.4</b> Redaman untuk <i>downstream</i> dan <i>upstream</i> VDSL .....                                 | 42      |
| <b>Tabel 5.5</b> Nilai kapasitas kanal CAP dan DMT pada <i>bit rate</i> VDSL .....                              | 44      |
| <b>Tabel 5.6</b> <i>Delay</i> paketisasi pada <i>client</i> .....                                               | 47      |
| <b>Tabel 5.7</b> <i>Delay</i> paketisasi pada <i>service provider</i> .....                                     | 48      |
| <b>Tabel 5.8</b> <i>Delay</i> transmisi pada jarak 1000 m, 1100 m, 1700 m, 1800 m..                             | 50      |
| <b>Tabel 5.9</b> Nilai <i>switching delay</i> untuk <i>downstream</i> pada DSLAM.. .....                        | 53      |
| <b>Tabel 5.10</b> Nilai <i>switching delay</i> untuk <i>upstream</i> pada DSLAM.....                            | 54      |
| <b>Tabel 5.11</b> Nilai <i>switching delay</i> pada ATM switch .....                                            | 54      |
| <b>Tabel 5.12</b> <i>Delay</i> depaketisasi pada <i>service provider</i> .....                                  | 56      |
| <b>Tabel 5.13</b> <i>Delay</i> depaketisasi pada <i>client</i> .....                                            | 57      |
| <b>Tabel 5.14</b> <i>Delay</i> total pada <i>downstream</i> VDSL .....                                          | 58      |
| <b>Tabel 5.15</b> <i>Delay</i> total pada <i>upstream</i> VDSL.....                                             | 59      |
| <b>Tabel 5.16</b> Nilai <i>throughput</i> dan kecepatan rata-rata pada kecepatan VDSL. ....                     | 63      |

## ABSTRAK

**Aditya Angga Kusuma**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2014, Implementasi *Digital Subscriber Line Access* Multiplexer (DSLAM) pada teknologi *Very High Data Rate Digital Subscriber Line* (VDSL), Dosen Pembimbing: Dr.Ir. Sholeh Hadi Pramono.,MS dan Ali Mustofa.,ST.,MT.

Jaringan DSL atau xDSL (*Digital Subscriber Line*) adalah salah satu teknologi selain teknologi serat optik yang sudah banyak digunakan pada macam-macam sektor dan mendukung dalam layanan komunikasi pita lebar pada kabel tembaga yang dapat melayani, menyediakan layanan IP dan ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). VDSL merupakan sasaran dari arsitektur jaringan ATM, dengan kecepatan 13 - 52 Mbps untuk *downstream* dan 1,5 - 2,3 Mbps untuk *upstream*-nya melalui sepasang kawat tembaga pada sisi *client* menuju *central office*. DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) adalah perangkat utama pada teknologi xDSL yang terletak pada *central office*, berfungsi untuk menggabungkan dan memisahkan kanal sinyal informasi berupa suara dan kanal sinyal informasi berupa data dengan menggunakan 2 jenis tipe modulasi yang digunakan, yaitu CAP (*Carrierless Amplitude/Phase Modulation*) dan DMT (*Discrete Multi Tone*).

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk menganalisis kualitas dan terkeandalan implementasi *Digital Subscriber Line Access* Multiplexer (DSLAM) pada teknologi *Very High Data Rate Digital Subscriber Line* (VDSL) dengan menganalisis parameter redaman, *delay end to end*, dan *throughput*. Hasil analisis yang dilakukan menggunakan data yang didapatkan dari PT TELKOM DIVISI MULTIMEDIA-Malang, yaitu jarak transmisi *client-central office* sebesar 1000 m, 1100 m, 1700 m, dan 1800 m dengan kecepatan VDSL yang bervariasi sesuai data pelanggan. Hasil analisis yang didapatkan semakin besar nilai jarak antara *Client* dengan DSLAM maka nilai redaman semakin besar, hal tersebut ditunjukkan pada jarak 1,7 Km nilai laju bit VDSL 768 Kbps nilai redaman 37,7 dB/Km dengan jarak 1,8 Km untuk nilai laju bit VDSL 764 Kbps nilai redaman 38,7dB/Km. Semakin besar kecepatan transmisi maka *delay* total semakin kecil, hal tersebut ditunjukkan pada nilai laju bit VDSL 1126 Kbps jarak 1,8 Km MSS 576 byte nilai *delay* total 0,010070939 detik dengan nilai laju bit VDSL 608 Kbps jarak 1,8 Km MSS 576 byte nilai *delay* total 0,018515819 detik. Semakin besar kecepatan

transmisi VDSL maka nilai *throughput* semakin besar untuk jaringan DSLAM pada VDSL, hal tersebut ditunjukkan pada nilai laju bit VDSL 768 Kbps MSS 1500 byte nilai *throughput* 491,99 paket/sel dengan nilai laju bit VDSL 615 Kbps MSS 1500 byte nilai *throughput* 393,97 paket/sel.

**Kata kunci:** DSLAM, VDSL, CAP, DMT, redaman, delay end to end, *throughput*

