

**PERANCANGAN *LOW DENSITY PARITY CHECK (LDPC) CODES*
UNTUK TELEVISI DIGITAL DVB-T2 DI INDONESIA**

***LOW DENSITY PARITY CHECK (LDPC) CODES DESIGN FOR
INDONESIA DIGITAL TELEVISION DVB-T2***

Proposal Tugas Akhir

Disusun sebagai syarat mata kuliah Penyusunan Karya Ilmiah dan Proposal di
Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi

Disusun oleh:

Citra Yasin Akbar Fadhlika

1101164109



**FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS TELKOM
BANDUNG
2019**

ABSTRAK

Pertelevisian di Indonesia saat ini masih menggunakan penyiaran televisi (TV) digital yang masih berstandar *Digital Video Broadcasting-Terrestrial* (DVB-T), sedangkan standard penyiaran TV digital di dunia sudah mulai beralih ke *Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial* (DVB-T2) sejak tahun 2012. Migrasi dari DVB-T ke DVB-T2 di Indonesia memerlukan kesiapan banyak hal, salah satunya adalah penentuan standard untuk *Low-Density Parity Check* (LDPC) *codes* sebagai *inner coding* dari *Forward Error Correction* (FEC) DVB-T2 yang sesuai dengan kondisi alam (*channel model*) Indonesia.

Tugas Akhir ini melakukan perancangan LDPC *codes* yang sesuai dengan kondisi alam Indonesia. Langkah pertama adalah melakukan pengujian *code rate* LDPC *codes* dari standard DVB-T2 pada kondisi alam Indonesia. Pengujian dilakukan dengan simulasi komputer menggunakan struktur LDPC *codes* dari standard DVB-T2 sehingga *code rate* yang terbaik akan diusulkan untuk menjadi standard TV digital Indonesia. Apabila hasil evaluasi ini menunjukkan bahwa semua *code rate* tidak sesuai dengan kondisi alam Indonesia, maka langkah kedua Tugas Akhir ini mengusulkan modifikasi LDPC *codes* DVB-T2 untuk menjadi standard LDPC pada DVB-T2 Indonesia dengan menggunakan metode *Extrinsic Information Transfer* (EXIT) *chart*.

Hasil yang diharapkan dari Tugas Akhir ini adalah: (i) struktur LDPC *codes* dan nilai *code rate*-nya yang sesuai dengan kondisi alam Indonesia sehingga performansi FEC DVB-T2 optimal dan (ii) kinerja LDPC *codes* DVB-T2 pada *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dan *frequency-selective fading channel*. Hasil Tugas Akhir diharapkan juga dapat membantu proses pembuatan standard DVB-T2 Indonesia sehingga dapat mempercepat migrasi DVB-T ke DVB-T2 di Indonesia.

Kata Kunci: ***Error correction coding, DVB-T2, LDPC codes, code rate***

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian	2
1.6 Jadwal Pelaksanaan	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
II KONSEP DASAR	5
2.1 <i>Low Density Parity Check (LDPC) Code</i>	5
2.2 Standar LDPC codes Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial (DVB-T2)	8
2.3 <i>Extrinsic Information Transfer (EXIT) Chart</i>	9
2.4 Bab Kesimpulan dan Saran	9
III SISTEM MODEL DAN SKENARIO PENGUJIAN	10
3.1 <i>L^AT_EX in Brief</i>	10
3.2 Perintah-Perintah Dasar L ^A T _E X	10
3.2.1 <i>Formatting</i> Tulisan	10
3.2.2 Memasukkan Gambar	11
3.2.3 Membuat Tabel	12
3.2.4 Notasi Matematika	13
3.2.5 Notasi Algoritma <i>Pseudo-Code</i>	14
3.2.6 Penulisan Daftar Referensi	16
DAFTAR PUSTAKA	18

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2.1	Matriks <i>parity check</i> dari <i>regular</i> LDPC code (3,6)	6
2.2	Matriks <i>parity check</i> dari <i>irregular</i> LDPC code	6
2.3	Tanner graf <i>Parity Check</i> dari <i>Regular</i> LPDC codes (3,6)	7
2.4	Tanner graf <i>Parity Check</i> dari <i>Irregular</i> LDPC codes	8
3.1	Topologi <i>Bipartite</i> untuk Pengukuran Fail-Over Delay	12

DAFTAR TABEL

1.1	Jadwal Penelitian	4
3.1	Jumlah <i>Switch</i> dan <i>Host</i> serta Jenis <i>Traffic</i> untuk Setiap Pengukuran	13

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia telah melakukan migrasi dari penyiaran televisi (TV) analog ke TV digital dengan menggunakan standar *Digital Video Broadcasting-Terrestrial* (DVB-T) sejak tahun 2007 [1]. Saat ini, perkembangan TV digital di dunia sangat pesat. Berbagai negara telah menggunakan standar *Digital Video Broadcasting - Second Generation Terrestrial* (DVB-T2) menggantikan standar DVB-T dikarenakan DVB-T2 menggunakan besar spektrum yang sama, tetapi dapat mengirimkan lebih banyak program siaran TV atau dapat mengirimkan kualitas video/audio yang lebih baik daripada DVB-T [2]. Indonesia diharapkan di masa mendatang dapat melakukan transisi dari DVB-T ke DVB-T2 secara menyeluruh, sesuai dengan regulasi dari Menteri Komunikasi dan Infomatika (Menkominfo) DVB-T2 akan menggantikan standar DVB-T di Indonesia [3].

Transisi dari DVB-T ke DVB-T2 memerlukan banyak persiapan. Untuk memperoleh kinerja optimal standar DVB-T2 harus disesuaikan dengan kondisi alam Indonesia. DVB-T2 menggunakan *Low Density Parity Check* (LDPC) *codes* sebagai *channel coding* di *inner coding* dari *Frame Error Correction* (FEC) [4]. Untuk melakukan migrasi dari DVB-T ke DVB-T2 di Indonesia struktur dan *code rate* LDPC *codes* DVB-T2 yang sesuai dengan kondisi alam Indonesia diperlukan agar LDPC *codes* dapat bekerja secara optimal sehingga memiliki peluang *error* menjadi sangat kecil.

Tantangan utama untuk melakukan transisi dari DVB-T ke DVB-T2 adalah standar DVB-T2 yang diterbitkan oleh ETSI merupakan standar untuk menerapkan DVB-T2 di Jerman [5]. Indonesia memiliki kondisi alam yang sangat berbeda dari Jerman, oleh karena itu diperlukan standar DVB-T2 yang sesuai dengan kondisi alam di Indonesia sehingga DVB-T2 dapat memperoleh kinerja yang optimal. Tugas Akhir ini bertujuan memperoleh standar FEC di bagian *inner coding* dari DVB-T2 yang sesuai dengan kondisi alam Indonesia untuk penerapan DVB-T2 di Indonesia kedepannya.

Hasil yang diharapkan dari Tugas Akhir ini adalah struktur dan *code rate* optimal dari LDPC *codes* DVB-T2 yang sesuai dengan kondisi alam Indonesia. Pengujian kinerja menggunakan metode *Extrinsic Information Transfer* (EXIT)

chart serta simulasi pada *Additive White Gaussian Noise (AWGN) channel* dan *frequency-selective fading channel* menggunakan komputer, hasil divalidasi dengan teori dasar sehingga hasil kinerja *inner coding* dari FEC DVB-T2 ini bisa optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Tugas Akhir ini bertujuan untuk merancang struktur dan menentukan *code rate* LDPC *codes* DVB-T2 yang sesuai dengan kondisi alam Indonesia, sehingga LDPC *codes* yang berfungsi sebagai *inner coding* FEC DVB-T2 dapat bekerja secara optimal.

1.3 Tujuan Penelitian

Sejak tahun 2012 Menkominfo telah menetapkan DVB-T2 sebagai standar penyiaran TV digital di Indonesia [3], tapi sampai saat ini Indonesia belum memiliki standar spesifikasi DVB-T2 yang sesuai dengan kondisi alam Indonesia. Salah satu spesifikasi DVB-T2 adalah *inner coding* dari FEC DVB-T2 yaitu LDPC *codes* tidak adanya struktur optimal ini menyebabkan sulitnya industri membuat produk yang distandarkan.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat memiliki kualitas baik, Tugas Akhir ini membatasi pokok bahasan hanya pada LDPC *codes* yang sesuai dengan standar DVB-T2. Tugas Akhir ini menganalisis kinerja LDPC *codes* menggunakan analisis EXIT *chart*, lalu mensimulasikan kinerja *codes* menggunakan AWGN dan *frequency-selective fading channel*. Apabila tidak ada LDPC *codes* yang optimal dari standar DVB-T2, maka Tugas Akhir ini akan memodifikasi LDPC *codes* dari DVB-T2 agar memiliki kinerja optimal untuk Indonesia.

1.5 Metodologi Penelitian

Tugas Akhir ini menerapkan metodologi penelitian sebagai berikut :

a. Studi Literatur

Tahap ini melakukan pengumpulan informasi, menganalisis, dan mengidentifikasi tentang LDPC *codes* secara umum dan LDPC *codes* DVB-T2 dari berbagai literatur. Literatur yang menjadi rujukan adalah *text book*, *thesis*,

buku disertasi, standar DVB-T2, dan jurnal atau *paper conference* internasional yang dipublikasikan IEEE.

- b. Simulasi pada Kanal AWGN dan Frekuensi Selektif *Fading Channel*
Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja LDPC codes DVB-T2 menggunakan kondisi alam (*channel model*) di Indonesia.
- c. Perancangan Struktur
Tahap ini melakukan perancangan struktur LDPC codes berdasarkan hasil yang didapat pada tahap (b), jika hasil sudah sesuai, maka perancangan struktur *code* yang baru menjadi minimal. Apabila hasil kurang bagus, maka perancangan struktur akan cukup banyak.
- d. Analisis EXIT *Chart*
Tahap ini menganalisis struktur dan *code rate* dari LDPC codes DVB-T2 untuk menghasilkan kurva EXIT *chart* yang tidak berpotongan untuk mengetahui kinerja yang paling baik.
- e. Studi Analisis
Tahap ini menganalisis hasil simulasi dari semua *code rate* LDPC codes DVB-T2 pada tahap sebelumnya. Analisis dilakukan terhadap EXIT *chart*, dan *Bit Error Rate* (BER) *performance* di AWGN dan *frequency-selective fading channel*
- f. Penarikan Kesimpulan
Tahap ini menarik kesimpulan dari seluruh hasil evaluasi dan usulan untuk LDPC codes pada DVB-T2.

1.6 Jadwal Pelaksanaan

Rencana jadwal penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini dirancang sebagai berikut :

Tabel 1.1: Jadwal Penelitian

No.	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	Milestone
1	Studi Struktur LDPC <i>Codes</i>	2 minggu	20-5-2019	Perbedaan LDPC <i>codes</i> umum dan LDPC codes DVB-T2 didapat
2	Simulasi pada Kanal AWGN dan Frekuensi Selektif <i>Fading Channel</i>	3 minggu	10-6-2019	Gap kurang dari 1 dB dengan <i>Shannon-Limit</i>
3	Perancangan Struktur	4 minggu	8-7-2019	Struktur LDPC <i>codes</i> DVB-T2
4	Analisis EXIT <i>Chart</i>	3 minggu	29-7-2019	Gap terkecil dan tidak saling berpotongan
5	Analisis	6 minggu	9-9-2019	Menentukan perlunya modifikasi dan melakukan modifikasi.
6	Penyusunan buku TA	2 minggu	23-9-2019	Buku TA selesai.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk selanjutnya sistematika penulisan Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

- Bab 2 KONSEP DASAR

Bab ini menjelaskan teori dan dasar LDPC *codes*, DVB-T2, dan pendukung penelitian Tugas Akhir ini.

- Bab 3 SISTEM MODEL DAN SKENARIO PENGUJIAN

Bab ini menjelaskan model sistem mulai dari transmitter, model kanal, hingga receiver, juga posisi LDPC *codes* dalam sistem tersebut. Bab ini juga menjelaskan analisis dengan EXIT *chart* untuk membedakan LDPC *codes* umum dengan LDPC *codes* DVB-T2.

BAB II

KONSEP DASAR

Bab ini membahas tentang beberapa konsep dan teori yang mendasari penelitian Tugas Akhir ini diantaranya tentang *Low Density Parity Check (LDPC) codes*, standar LDPC DVB-T2, *Extrinsic Information Transfer (EXIT) chart*, *Bit Error Rate (BER)*, *Block Error Rate (BLER)*, dan model kanal yang digunakan.

2.1 *Low Density Parity Check (LDPC) Code*

Low Density Parity Check (LDPC) codes atau bisa disebut juga *Gallager's codes* yang awalnya diusulkan pada tahun 1962 oleh Robert Gallager [6] adalah sebuah *channel coding* untuk melakukan *error correction* yang menggunakan pengkodean dengan sebuah matriks *generator* berukuran besar yang jumlah elemen "1" lebih sedikit dibandingkan dengan elemen "0", sehingga disebut *low-density codes* [7]. Elemen "1" menunjukkan hubungan antara bit masukan dengan bit keluaran. LDPC *codes* mampu meningkatkan reliabilitas dengan menambahkan bit *parity* yang dikirimkan bersamaan dengan bit informasi. Reliabilitas LDPC *codes* semakin lebih baik karena sifat *low-density* pada matriks *parity check*-nya dan MacKay menunjukkan bahwa LDPC *codes* memiliki kinerja yang mendekati kapasitas Shannon [8–10].

Matriks LDPC *codes* biasanya disimbolkan oleh H untuk matriks *parity check* dan G untuk generator matriksnya. Pembentukan matriks *parity check* dari LDPC *code* disesuaikan dengan panjang blok (N), dimensinya (K), redundansi (M), *degree variable node* (d_v), dan *degree check node* (d_c) dengan rumus :

$$M = N - K \quad (2.1)$$

Maka matriks dari *parity check* LDPC *codes* memiliki dimensi $M \times N$. *Variable node* digunakan untuk mendeskripsikan jumlah nilai 1 pada setiap baris dan *check node* untuk setiap kolom. LDPC *code* terbagi menjadi dua: *regular* yang memiliki nilai d_v dan d_c sama di setiap baris maupun kolom [11] dan *irregular* memiliki nilai d_v dan d_c yang berbeda di baris dan kolom, kinerjanya dapat mengungguli *regular* LDPC *codes* [12].

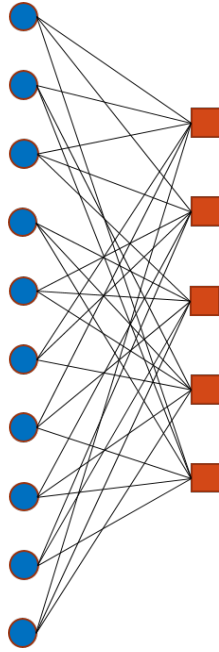
$$\begin{array}{c}
 \text{Panjang Blok (N)} \\
 H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} d_c = 6 \\
 d_v = 3
 \end{array}$$

Gambar 2.1: Matriks *parity check* dari *regular* LDPC code (3,6)

$$\begin{array}{c}
 \text{Panjang Blok (N)} \\
 H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} d_c = 3 \\
 d_v = 1 \quad d_v = 3 \quad d_v = 2
 \end{array}$$

Gambar 2.2: Matriks *parity check* dari *irregular* LDPC code

Matriks *parity check* dari LDPC codes dapat direpresentasikan dalam bentuk graf yaitu Tanner graf yang terdiri dari dua set *node*. Set pertama menyimbolkan *node* dari N yang biasa disebut sebagai *variable node* dan set kedua menyimbolkan *node* dari M yang biasa disebut sebagai *check node*. Tanner graf memiliki sebuah garis yang menghubungkan antara *variable node* dan *check node*, jika dan hanya jika *variable node* memiliki hubungan dengan *check node* yaitu saat nilai elemen matriks $H_{mn} = 1$. Bentuk Tanner graf dari matriks *parity check* gambar 2.1



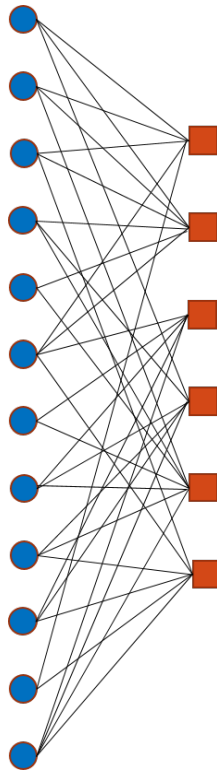
Gambar 2.3: Tanner graf *Parity Check* dari *Regular LPDC codes* (3,6)

Tanner graf dari *irregular LDPC codes* dengan distribusi kolom $\lambda(x)$ dan baris $\rho(x)$ sebagai berikut :

$$\rho(x) = \frac{1}{6}x^4 + \frac{2}{6}x^5 + \frac{1}{6}x^6 + \frac{2}{6}x^7 \quad (2.2)$$

$$\lambda(x) = \frac{3}{12}x^2 + \frac{7}{12}x^3 + \frac{1}{12}x^4 + \frac{1}{12}x^5 \quad (2.3)$$

Maka bentuk Tanner graf sebagai berikut :



Gambar 2.4: Tanner graf *Parity Check* dari *Irregular LDPC codes*

2.2 Standar LDPC codes Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial (DVB-T2)

DVB-T2 merupakan standar untuk penyiaran televisi digital yang telah ditetapkan oleh ETSI yang memiliki kinerja lebih baik daripada generasi sebelumnya yaitu DVB-T. DVB-T2 memiliki banyak perbedaan dari DVB-T salah satunya dalam Frame Error Correction (FEC)-nya yang menggunakan BCH dan LDPC codes dengan menggunakan FEC ini DVB-T2 memiliki laju data yang lebih cepat 30% daripada DVB-T dan memungkinkan DVB-T2 untuk menggunakan 256-QAM, *Fast Fourier Transform* (FFT) size sebesar 16K 32K, dan diagram konstelasi yang bervariasi. Sehingga memungkinkan untuk mengirimkan kualitas video sampai *High Definition Television Video* (HDTV) [5].

LDPC codes merupakan *inner coding* dari FEC DVB-T2, *code rate* dari LDPC codes telah ditentukan oleh standar dari ETSI, yaitu : $\frac{1}{2}, \frac{3}{5}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{4}{5}$, atau $\frac{5}{6}$ [5]. *Code rate* sebesar $\frac{1}{2}$ memiliki perlindungan proteksi maksimal dan laju data minimal, untuk *code rate* sebesar $\frac{5}{6}$ memiliki perlindungan proteksi minimal dan laju data maksimal. Sesuai standar dari ETSI [4] LDPC codes dari DVB-T2 menggunakan struktur *cyclic* di bagian informasi dan struktur *staircase* di bagian *parity*. Untuk panjang blok di LDPC codes dapat menggunakan 16200 (*short frame*) lebih

menguntungkan untuk laju data rendah dan 64800 *long frame* untuk laju data yang lebih tinggi. Performansi dari LDPC codes akan dipengaruhi oleh *code rate*, lebar spektrum frekuensi, *Guard Interval* (GI), panjang *frame*, dan parameter transmisi lainnya.

2.3 *Extrinsic Information Transfer (EXIT) Chart*

EXIT *chart* pertama diperkenalkan oleh Stephan ten Brink untuk menganalisis informasi timbal balik di *decoder* dengan menggunakan proses *iterative* [?]. Proses dari transfer informasi direpresentasikan dalam grafik antara masukan *decoder* biasa disebut *priori mutual information* () dengan keluaran *decoder* biasa disebut *extrinsic mutual information* () sehingga mempermudah untuk menganalisis.

2.4 Bab Kesimpulan dan Saran

Bab ini memuat elaborasi dan rincian kesimpulan yang dituliskan pada abstrak. Yang dimuat adalah kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian mahasiswa, bukan kesimpulan dari literatur atau yang merupakan sifat dari sesuatu yang telah umum. Saran untuk kajian lanjutan serta practical implication dari kerja mahasiswa, dapat dituliskan di bab ini.

BAB III

SISTEM MODEL DAN SKENARIO PENGUJIAN

Pada bab ini akan dijelaskan sekilas tentang \LaTeX , beberapa perintah dasar \LaTeX beserta cara menggunakan dan contoh-contohnya.

3.1 \LaTeX in Brief

Di Internet dapat dicari berbagai artikel yang menjelaskan apa dan sejarah \LaTeX . Namun yang perlu dipahami adalah alasan menggunakan \LaTeX dalam penyusunan tugas akhir. Penggunaan \LaTeX diharapkan memudahkan penulis dalam membuat tugas akhir. Penulis diharapkan lebih fokus ke isi atau konten dari buku yang disusun. Dengan \LaTeX ! penulis tidak perlu ribet dalam melakukan *formatting* tulisan, pemberian halaman dan daftar isi, pembuatan daftar gambar dan tabel, serta pembuatan *link* sitasi dan daftar referensi.

3.2 Perintah-Perintah Dasar \LaTeX

Bagian ini berisi beberapa perintah dasar \LaTeX beserta cara menggunakan dan contoh-contohnya.

3.2.1 *Formatting* Tulisan

- Tulisan Tebal (*Bold*)
 $\text{\texttt{\textbackslash textbf\{argument\}}}$ untuk menebalkan tulisan.
contoh: $\text{\texttt{\textbackslash textbf\{tulisan tebal\}}}$ → **tulisan tebal**
- Tulisan Miring (*Italic*)
 $\text{\texttt{\textbackslash textit\{argument\}}}$ untuk memiringkan tulisan.
contoh: $\text{\texttt{\textbackslash textit\{tulisan miring\}}}$ → *tulisan miring*
- Tulisan Bergaris Bawah (*Underlined*)
 $\text{\texttt{\textbackslash uuline\{argument\}}}$ untuk menggarisbawahi tulisan.
contoh: $\text{\texttt{\textbackslash uuline\{tulisan bergaris bawah\}}}$ → tulisan bergaris bawah
- Tulisan Menggantung ke Atas (*Superscript*)
 $\text{\texttt{\textbackslash textsuperscript\{argument\}}}$ untuk membuat tulisan menggantung.

contoh: `tulisan menggantung` → tulisan menggantung ke atas

- Tulisan Menggantung ke Bawah (*Subscript*)

`\textsubscript{argument}` untuk membuat tulisan menggantung.

contoh: `\textsubscript{tulisan menggantung}` → tulisan menggantung ke bawah

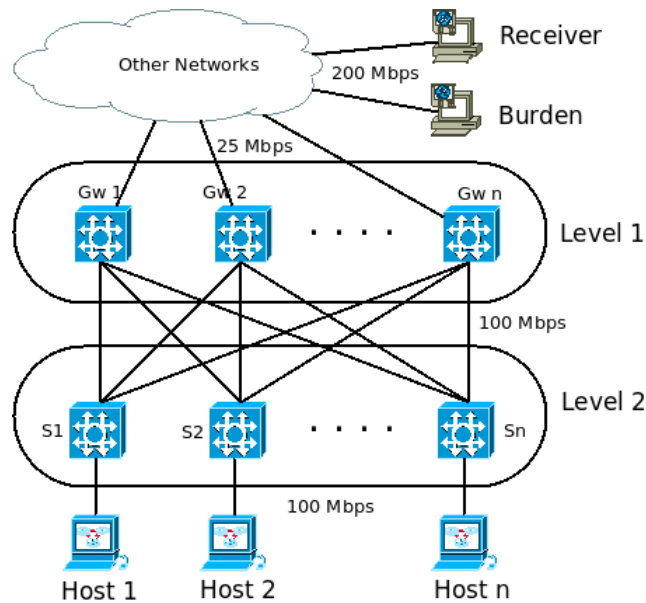
- Tulisan yang Dicoret (*Strike-through*) `\sout{argument}` untuk membuat tulisan tercoret.

contoh: `\sout{tulisan tercoret}` → ~~tulisan tercoret~~

3.2.2 Memasukkan Gambar

Untuk memasukkan gambar ke dalam dokumen, digunakan *syntax* `\begin{figure} ... \end{figure}`. Berikut contoh memasukkan *file* gambar *bipartite.png* yang berada di dalam folder *pics/diagram/*. Dari kode tersebut didapatkan hasil gambar 3.1. Label dapat diberikan di dalam *figure*, sehingga untuk merujuk sebuah gambar dapat digunakan *ref*. Contoh penggunaan *ref*, misalkan `\ref{fig:bipartite}` → 3.1.

```
\begin{figure}
  \centering
  \includegraphics[width=0.6\textwidth]
    {pics/diagram/bipartite.png}
  \caption{Topologi \textit{Bipartite} untuk Pengukuran Fail-
    Over Delay}
  \label{fig:bipartite}
\end{figure}
```



Gambar 3.1: Topologi *Bipartite* untuk Pengukuran Fail-Over Delay

3.2.3 Membuat Tabel

Untuk memasukkan tabel ke dalam dokumen, digunakan *syntax* `\begin{table}`
... `\end{table}`

```
\begin{table}
  \centering
  \caption{Jumlah \textit{Switch} dan \textit{Host} serta Jenis \textit{Traffic} untuk Setiap Pengukuran}
  \label{tab:tab1}
  \begin{tabular}{| l | r | r | r | c |}
    \hline
    Pengukuran & L1 & L2 & \textit{Host} & \textit{Traffic} \\
    \hline
    \textit{Fail-Over Delay} & 2 - 4 & 1 - 8 & 1 - 8 & ICMP Ping Tunggal \\
    \textit{Load Balance: Load Distribution} & 1 - 4 & 1 & 1 & 200 UDP \textit{Flows} \\
    \textit{Load Balance: Performance} & 1 - 4 & 1 - 8 & 1 - 8 & Data, Video, VoIP \textit{Flows} \\
    \textit{Overhead Size} & 2 & 1 & 1 & 25 - 150 UDP \textit{Flows} \\
    \textit{Memory Consumption: Switch} & 1 - 4 & 1 - 8 & 0 & - \\
    \textit{Memory Consumption: Host} & 1 & 1 & 0 - 200 & - \\
    \hline
  \end{tabular}
\end{table}
```

|| \end{table}

Tabel 3.1: Jumlah *Switch* dan *Host* serta Jenis *Traffic* untuk Setiap Pengukuran

Pengukuran	L1	L2	Host	Traffic
<i>Fail-Over Delay</i>	2 - 4	1 - 8	1 - 8	ICMP Ping Tunggal
<i>Load Balance: Load Distribution</i>	1 - 4	1	1	200 UDP Flows
<i>Load Balance: Performance</i>	1 - 4	1 - 8	1 - 8	Data, Video, VoIP Flows
<i>Overhead Size</i>	2	1	1	25 - 150 UDP Flows
<i>Memory Consumption: Switch</i>	1 - 4	1 - 8	0	-
<i>Memory Consumption: Host</i>	1	1	0 - 200	-

3.2.4 Notasi Matematika

Untuk menuliskan notasi matematika, pada \LaTeX digunakan *syntax* \$... \$ untuk penggunaan di dalam paragraf dan \begin{equation} ... \end{equation} untuk penggunaan terpisah di luar paragraf. Sebagai contoh sebagai berikut.

- contoh 1:

```

\begin{equation}
metric_{i,j} = \frac{10^2}{(capacity_{E_{i,j}} - load_{E_{i,j}})}
\label{eq:metric1}
\end{equation}

```

$$metric_{i,j} = \frac{10^2}{(capacity_{E_{i,j}} - load_{E_{i,j}})} \quad (3.1)$$

- contoh 2:

```

\begin{equation}
f(x) = (x+a)(x+b)
\label{eq:fx1}
\end{equation}

```

$$f(x) = (x+a)(x+b) \quad (3.2)$$

- contoh 3

```

\begin{subequations}
Maxwell's equations:
\begin{align}
\mathbf{B}' &= -\nabla \times \mathbf{E}, \\
\mathbf{E}' &= \nabla \times \mathbf{B} - 4\pi \mathbf{j},
\end{align}
\end{subequations}

```

```

\end{align}
\label{eq:maxwell}
\end{subequations}

```

Maxwell's equations:

$$B' = -\nabla \times E, \quad (3.3a)$$

$$E' = \nabla \times B - 4\pi j, \quad (3.3b)$$

- contoh 4

```

matriks $Adj$ digunakan untuk menggambarkan topologi jaringan
$G = (V,E)$, di mana $V = \{v_{-1}, v_{-2}, \dots, v_{-n}\}$
merupakan \textit{switch} dan $E = \{e_{-1,1}, e_{-1,2}, \dots, e_{-n,n}\}$
merupakan \textit{link} antar-\textit{switch}. Setiap $E_{-i,j}$ menyimpan informasi \textit{metric}
sesuai persamaan \ref{eq:metric1}. Hasil dari algoritma ini adalah jalur $T_{-k,l}$ yang disimpan di
dalam \textit{bucket Path} atau $T$. Setiap $T_{-k,l}$ mempunyai nilai \textit{metric} sesuai persamaan \ref{eq:metric2}.

```

matriks Adj digunakan untuk menggambarkan topologi jaringan $G = (V, E)$, di mana $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ merupakan *switch* dan $E = \{e_{1,1}, e_{1,2}, \dots, e_{n,n}\}$ merupakan *link* antar-*switch*. Setiap $E_{i,j}$ menyimpan informasi *metric* sesuai persamaan 3.1. Hasil dari algoritma ini adalah jalur $T_{k,l}$ yang disimpan di dalam *bucket Path* atau T . Setiap $T_{k,l}$ mempunyai nilai *metric* sesuai persamaan 3.2.

3.2.5 Notasi Algoritma *Pseudo-Code*

Untuk menuliskan *pseudo-code* digunakan *syntax* `\begin{algorithm} ... \end{algorithm}`. Berikut contoh notasi *pseudo code*.

```

\begin{algorithm}
\caption{--- Find all possible path from graph G --- Adapted from
DFS algorithm}\label{alg1}
\begin{algorithmic}[1]
\Require network topology $G = (V,E)$ represented in dictionary
$Adj$, where $V, E$ represents DPID and link between DPID
\Ensure a routing table for source-destination DPID pairs
represented in dictionary $T$

```

```

\State $T \leftarrow \{\}$
\Procedure{Per\textunderscore Source\textunderscore DFS}{$source,
  origin = $ None, $path \leftarrow []$}
  \If{$origin \equiv$ None}
    \State $origin \leftarrow source$
  \EndIf
  \For{$i$ \in $M[source]$}
    \If{$i$ \in $path$ \lor $i$ \equiv $origin$}
      \State continue
    \Else
      \If{$i$ \notin $T[origin]$}
        \State $T[origin][i] \leftarrow [path + [i]]$
      \Else
        \State append $[path + [i]]$ to $T[origin][i]$
      \EndIf
      \State PER\textunderscore SOURCE\textunderscore DFS($i$,
        origin, path + [i])
    \EndIf
  \EndFor
\EndProcedure
\For{$i$ \in Adj$}
  \State $path[i] \leftarrow \{\}$
  \State PER\textunderscore SOURCE\textunderscore DFS($i$)
\EndFor
\end{algorithmic}
\end{algorithm}

```

Algorithm 1 — Find all possible path from graph G — Adapted from DFS algorithm

Input: network topology $G = (V, E)$ represented in dictionary Adj , where V, E represents DPID and link between DPID

Output: a routing table for source-destination DPID pairs represented in dictionary T

```
1:  $T \leftarrow \{\}$ 
2: procedure PER_SOURCE_DFS( $source, origin = \text{None}, path \leftarrow []$ )
3:   if  $origin \equiv \text{None}$  then
4:      $origin \leftarrow source$ 
5:   end if
6:   for  $i \in M[source]$  do
7:     if  $i \in path \vee i \equiv origin$  then
8:       continue
9:     else
10:      if  $i \notin T[origin]$  then
11:         $T[origin][i] \leftarrow [path + [i]]$ 
12:      else
13:        append  $[path + [i]]$  to  $T[origin][i]$ 
14:      end if
15:      PER_SOURCE_DFS( $i, origin, path + [i]$ )
16:    end if
17:  end for
18: end procedure
19: for  $i \in Adj$  do
20:    $path[i] \leftarrow \{\}$ 
21:   PER_SOURCE_DFS( $i$ )
22: end for
```

3.2.6 Penulisan Daftar Referensi

Terdapat banyak sekali gaya penulisan daftar referensi. Pada *template* ini penulisan daftar referensi merujuk ke IEEE. Gaya penulisan daftar referensi IEEE [?] memiliki beberapa format yang berbeda untuk jenis referensi yang berbeda. Jenis-jenis publikasi yang diterangkan cara penulisan daftar referensinya oleh IEEE antara lain: *paper* jurnal, *paper* seminar/conference, dokumen paten, dokumen standar, dokumen laporan/report, tesis dan disertasi, buku, serta beberapa dokumen, artikel, perangkat lunak, maupun sumber kode yang tersedia *online*. Pada

pustaka.tex, sudah dibuat beberapa daftar referensi sebagai contoh dalam pembuatan daftar referensi lain yang diinginkan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementrian Komunikasi dan Informatika, “Peraturan Menteri Kominfo Nomor: 07/P/M.KOMINFO/3/2007”, 2007.
- [2] ITU-R, “*Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2*”, ITU-R, Geneva, Tech. Rep., 2015.
- [3] Kementrian Komunikasi dan Informatika, “Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor: 05/PER/M.KOMINFO/2/2012”, 2012.
- [4] ETSI, “*Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation Guidelines for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2)*”, 1st ed., 2012.
- [5] ———, “*Digital Video Broadcasting (DVB); Frame Structure Channel Coding and Modulation for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2)*”, ETSI, 7 2015.
- [6] R. G. Gallager, “Low-density parity-check codes,” in *IRE Trans. on Info. Theory*, vol. IT-8, January 1962, pp. 21–28.
- [7] C. Zhang, Z. Wang, and X. You, “Efficient decoder architecture for single block-row quasi-cyclic ldpc codes,” *Circuits and Systems II: Express Briefs, IEEE Transactions on*, vol. 61, pp. 793–797, 10 2014.
- [8] R. G. Gallager, “Good error-correcting codes based on very sparse matrices,” in *IEEE Trans. Znfo. Theory*, vol. 45, no. 2, March 1999, pp. 399–431.
- [9] M. C. Davey and D. J. MacKay, “Low density parity check codes over $gf(q)$,” in *ZEEE Com. Letters*, vol. 2, no. 6, 1998.
- [10] R. G. Gallager, “Near shannon limit performance of low density parity check codes,” in *Electron. Lett.*, vol. 33, no. 6, March 1997, pp. 457–458.
- [11] ———, “Low-density parity-check codes,” in *IRE TRANSACTION ON INFORMATION THEORY*, 1962, pp. 21–28.
- [12] M. Luby, M. Mitzenmacher, A. Shokrollahi, and D. Spielman, “Improved low-density parity-check codes using irregular graphs,” in *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 47, February 2001, pp. 585–598.

LAMPIRAN