

DATA LINK LAYER DALAM SISTEM KOMUNIKASI DATA JARINGAN

Hasanuddin Sirait¹, Edison U.P. Simanihuruk², Oktopanda³

^{1,2,3}AMIK Parbina Nusantara, Pematangsiantar, Indonesia

e-mail: ¹hsirait2020@gmail.com, ²edisonsimanuhuruk@amikparbinanusanantara.ac.id,

³oktopanda1@gmail.com

Abstrak

Application Layer merupakan salah satu dari 7 lapisan OSI yang setiap lapisannya mempunyai tugas dan fungsi tersendiri dalam mengimplementasikan suatu sistem jaringan komputer. Hal ini dilakukan agar kinerja jaringan dapat tersebar dan terkontrol secara maksimal sehingga pengguna jaringan dapat memaksimalkan pemanfaatannya.

Lapisan kedua dari tujuh lapisan berfungsi sebagai pendistribusian data dalam jaringan komputer. Disamping sebagai alat transportasi data maka Transport Layer mempunyai tugas sebagai: (1) sebagai pendeteksian error koneksi; (2) pendeteksian Komunikasi.

Lapisan Transport menyediakan komunikasi logistik antara proses aplikasi pada host yang berbeda dalam arsitektur protokol berlapis dengan komponen jaringan lainnya. Sehingga dengan menggunakan TCP maka pesan yang dikirimkan dapat diterima oleh penerima dengan sempurna dan utuh tidak rusak atau tidak ada bagian yang hilang karena itu dengan demikian TCP adalah layanan komunikasi jaringan yang handal. TCP Berbeda dengan UDP yang lebih mengutamakan kecepatan, kecepatan adalah tujuan dari kinerja UDP, sehingga mungkin saja ada sebagian pesan yang hilang saat diterima di sisi penerima, biasanya UDP di gunakan untuk streaming video atau music.

Kata kunci: Transport Layer, Jaringan Komputer, OSI Layer, Distribusi Data.

Abstract

The application layer is one of the 7 OSI layers, each layer has its own tasks and functions in implementing a computer network system. This is done so that network performance can be distributed and controlled optimally so that network users can maximize their utilization.

The second layer of the seven layers functions as data distribution in a computer network. Apart from being a means of data transportation, the Transport Layer has the following tasks: (1) detecting connection errors; (2) Communication detection.

The transport layer provides logistical communications between application processes on different hosts in a layered protocol architecture with other network components. So by using TCP, the message sent can be received by the recipient perfectly and completely without damage or missing parts, therefore TCP is a reliable network communication service. TCP is different from UDP which prioritizes speed, speed is the goal of UDP performance, so there may be some messages that are lost when received at the recipient's side, usually UDP is used for streaming video or music..

Keywords: Transport Layer, Computer Network, OSI Layer, Data Distribution.

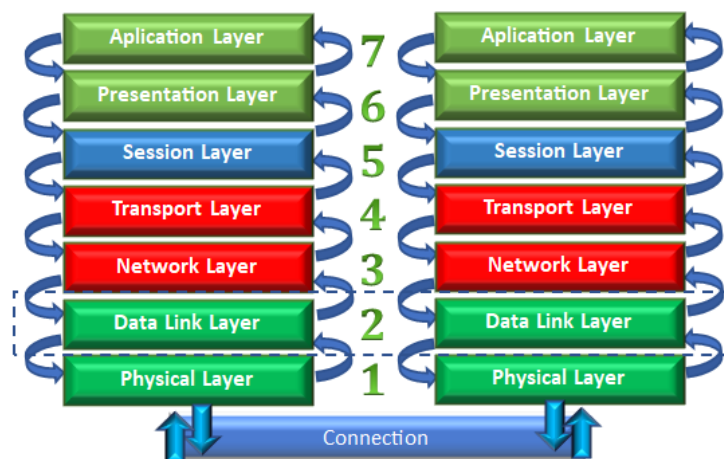
1. PENDAHULUAN

Data link layer merupakan lapisan ke enam dalam layer OSI yang bertugas untuk menyediakan sebuah prosedur pengiriman data antar jaringan. Setiap paket data yang akan ditransmisikan atau pun diterima oleh user akan diproses sehingga memungkinkan untuk dilanjutkan ke layer berikutnya, yaitu *network layer* atau *physical layer*.

Jika dilihat dari penerapannya Data Link Layer adalah lapisan tautan data mengacu pada teknologi yang digunakan untuk menghubungkan dua mesin di seluruh jaringan yang sudah memiliki lapisan fisik. Lapisan ini mengelola frame data, yang merupakan sinyal digital yang dienkapsulasi ke dalam paket data. Layer akan memberlakukan mekanisme flow control (pengendalian alir data), untuk mencegah laju datadari pengirim ang membanjiri penerima. Hal ini dilakukan untuk menambahkan mekanisme mendeteksi dan mengirim ulang pada frame yang rusak atau frame yang hilang. Lapisan data link merupakan protokol dalam program yang menangani bagaimana data bergerak masuk dan keluar dari link fisik dalam jaringan. Lapisan data link adalah Layer 2 dalam model arsitektur *Open Systems Interconnection* (OSI) untuk satu set protokol telekomunikasi.

Aktifitas data link untuk mengkodekan, pengkodean dan mengatur bit data di lapisan data link sebelum mengangkut bit data sebagai frame antara dua node yang berdekatan pada jaringan area lokal (LAN) atau jaringan area luas yang sama. Lapisan data link juga menentukan bagaimana perangkat pulih dari tabrakan yang mungkin terjadi ketika node mencoba mengirim frame pada saat yang bersamaan. Data link mengkodekan, mendekode dan mengatur bit data sebelum mengangkut bit data sebagai frame antara dua node yang berdekatan pada jaringan area lokal (LAN) atau jaringan area luas yang sama. Lapisan data link juga menentukan bagaimana perangkat dipulihkan dari tabrakan yang mungkin terjadi ketika node mencoba mengirim frame pada saat yang bersamaan.

Lapisan data link memiliki dua sublapisan: sublapisan kontrol tautan logis (LLC) dan kontrol akses media (MAC) sub-lapisan. Data link memiliki dua sub-lapisan: sub-lapisan kontrol tautan logistik (LLC) dan kontrol akses media (MAC) sub-lapisan.



Gambar 1. Layer OSI

ITU-[IEEE 802](#) Spesifikasi LAN menentukan sub-lapisan LLC yang mengontrol aliran data di antara berbagai aplikasi dan layanan, serta menyediakan mekanisme pengakuan dan pemberitahuan kesalahan [1]. Sub-lapisan LLC kemudian dapat berkomunikasi dengan sejumlah sublapisan MAC IEEE 802, yang mengontrol akses ke media fisik untuk transportasi. Ia juga bertanggung jawab atas pengalamanan fisik frame. ITU-IEEE 802 Spesifikasi LAN menentukan sub-lapisan LLC yang mengontrol aliran data di antara berbagai aplikasi dan layanan, serta menyediakan mekanisme pengenalan dan pemberitahuan kesalahan. Sub-lapisan

LLC kemudian dapat berkomunikasi dengan sejumlah sublapisan MAC IEEE 802, yang mengontrol akses ke media fisik untuk transportasi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah sebagai pembelajaran dalam bidang jaringan komputer, maka penelitian ini dilakukan dengan metode studi literatur dan analisa sistem jaringan komputer dengan praktek langsung untuk mengetahui kinerja lapisan ke-2 dalam suatu jaringan komputer yaitu Kinerja Lapisan Data Link. Sehingga sebagai pendidikan jaringan komputer dapat mengetahui kinerja sistem pengolahan data yang dilakukan oleh lapisan ke 2 pada OSI Layer sebagai media komunikasi interface antar komputer.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

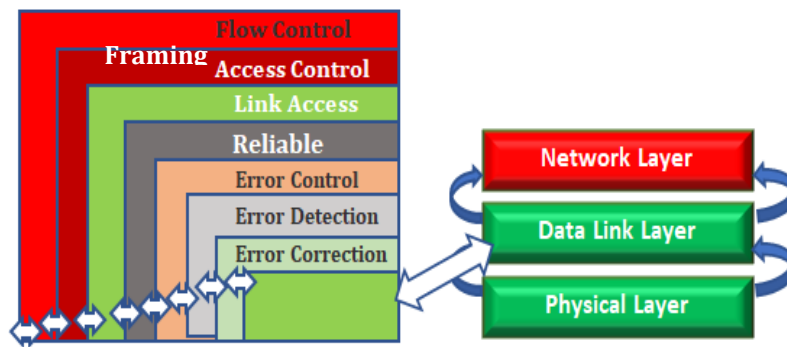
Dalam Pembahasan ini *Data Link Layer* ini dibagi atas 3 kinerja utama yang dilakukan sebagai *link data* pada pengiriman data jaringan seperti:

Lapisan Tautan Data

Layanan Data Link Layer merupakan beberapa sub-Layer yang membantu sistem pengiriman data [2] seperti:

- **Framing**, *Framing* adalah cara membungkus datagram menjadi frame sebelum dikirimkan.
- **Alamat Fisik**, Lapisan data link akan menambahkan header di depan frame untuk menentukan pengirim dan penerima jika frame ini didistribusikan ke sistem lain di jaringan.
- **Flow Control**, Lapisan link memastikan pengiriman frame tidak lebih cepat dibandingkan pemrosesan frame di *penerima* karena setiap node memiliki buffer yang terbatas. *Kontrol aliran* akan menstabilkan laju bit jika laju bit berlebihan atau menurun.
- **Kontrol Akses**, Jika perangkat terhubung ke link yang sama pada lapisan data link, maka perlu ditentukan perangkat mana yang akan dikontrol dalam kondisi tertentu.
- **Akses Tautan**, berkaitan dengan protokol kontrol akses media yang mengatur bagaimana frame dikirim melalui tautan.
- **Pengiriman yang Andal**, adalah pengiriman yang andal yang menjamin pengiriman datagram melalui tautan tanpa kesalahan.
- **Kesalahan**, *Pengendalian kesalahan* terjadi jika data link menambahkan lapisan keandalan fisik dengan menambahkan mekanisme untuk mendeteksi dan mentransmisikan ulang frame yang gagal.
- **Error Detection**, *Error deteksi* merupakan kesalahan bit akibat redaman sinyal pada link. Namun hal ini tidak menyebabkan frame reset dan frame yang salah akan dibuang.
- **Koreksi Kesalahan**, Selain menyediakan layanan pendeteksian, *koreksi kesalahan* juga menyediakan layanan koreksi kesalahan dan tidak semua protokol dapat berfungsi dan itu tergantung pada protokol yang digunakan.

Dengan layanan pada lapisan data link, sub-lapisannya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Layanan Lapisan Data

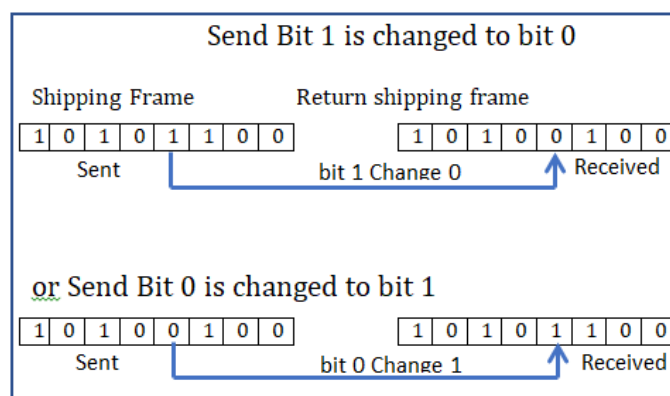
Lapisan Data Link dan Deteksi Kesalahan

Lapisan data link memastikan koneksi awal telah diatur, membagi data keluaran ke dalam frame data dan menangani pengakuan dari penerima yang mengonfirmasi apakah data telah berhasil tiba. Ini juga menganalisis pola bit di tempat tertentu dalam frame, yang memastikan data masuk berhasil diterima [3]. Lapisan data link memastikan koneksi awal telah diatur, membagi data keluaran ke dalam frame data dan menangani pengakuan dari penerima yang mengonfirmasi apakah data telah berhasil tiba. Ini juga mendistribusikan pola bit di tempat tertentu dalam frame, yang memastikan data masuk berhasil diterima.

Jika terjadi kesalahan, lapisan data link akan memberitahukan protokol tingkat yang lebih tinggi bahwa sesuatu telah terjadi pada link fisik. Kemampuan pengurutan frame pada lapisan data link memungkinkan perangkat penerima menyusun ulang frame yang mungkin dikirim tidak berurutan. Lapisan data link memverifikasi bahwa paket tidak mengalami gangguan apa pun. Jika terjadi kesalahan, lapisan data link akan memberitahukan protokol tingkat yang lebih tinggi bahwa sesuatu telah terjadi pada link fisik. Kemampuan pengurutan frame pada lapisan data link memungkinkan perangkat penerima menyusun ulang frame yang mungkin dikirim tidak berurutan. Lapisan data link memverifikasi bahwa paket tidak terganggu. Berikut ini adalah pendeteksian kesalahan bit tunggal pada komunikasi data bit tunggal [4]:

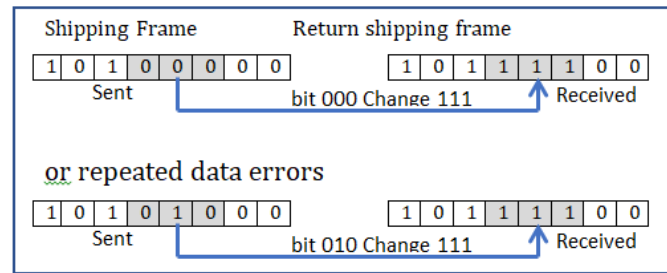
Contoh :

Data 1010 1100 diubah menjadi 1010 0100 atau 1010 0100 menjadi 1010 1100. Frame yang diterima hanya satu bit saja yang rusak yaitu diubah dari bit 0 ke bit 1, atau dari bit 1 ke bit 0.



Gambar 3. Perbaikan satu bit data yang rusak

Jika error lebih dari satu bit maka frame untuk memperbaiki kerusakan tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Perbaikan beberapa bit yang rusak disebut

Lapisan data link juga mengelola aliran karena dapat memungkinkan perangkat pada link untuk mendeteksi penyumbatan. Perangkat terdekat kemudian mengirimkan informasi kemacetan, sehingga lalu lintas dapat diubah rutenya di jaringan. Lapisan data link juga mengelola aliran karena dapat memungkinkan perangkat pada link untuk mendeteksi penyumbatan. Perangkat terdekat kemudian mengirimkan informasi kemacetan, sehingga lalu lintas dapat diubah rutenya di jaringan [2].

Untuk mendeteksi kesalahan dan koreksi kesalahan, pengirim perlu mengirimkan beberapa bit tambahan bersama dengan bit data. Penerima melakukan pemeriksaan berdasarkan bit tambahan yang berlebihan. Jika ditemukan bahwa data bebas dari kesalahan, akan menghapus bit-bit yang berlebihan sebelum meneruskan pesan ke lapisan atas.

Ada tiga teknik utama untuk mendeteksi kesalahan dalam frame: *Parity Check*, *Checksum*, dan *Cyclic Redundancy Check (CRC)*.

a. *Parity Check* (Pemeriksaan Paritas)

Pemeriksaan paritas dilakukan dengan menambahkan bit tambahan, yang disebut bit paritas ke data untuk membuat angka 1 menjadi genap jika paritas genap atau ganjil jika paritas ganjil. Saat membuat frame, pengirim menghitung jumlah 1 di dalamnya dan menambahkan bit paritas dengan cara berikut:

- Dalam kasus paritas genap: Jika bilangan 1 genap maka nilai bit paritasnya adalah 0. Jika bilangan 1 ganjil maka nilai bit paritasnya adalah 1.
- Dalam kasus paritas ganjil: Jika bilangan 1 ganjil maka nilai bit paritasnya adalah 0. Jika bilangan 1 genap maka nilai bit paritasnya adalah 1.

Saat menerima sebuah frame, penerima menghitung jumlah 1 pada data. Dalam kasus pemeriksaan paritas genap, jika hitungan 1 genap, frame diterima, jika tidak, maka ditolak. Aturan serupa diterapkan untuk pemeriksaan paritas ganjil. Pemeriksaan paritas hanya cocok untuk deteksi kesalahan bit tunggal.

b. *Checksum* (Jumlah pemeriksaan)

Berikut penerapan skema deteksi kesalahan ini pada layer 2 OSI yaitu Data Link Layer:

- Data dibagi menjadi frame atau segmen berukuran tetap.
- Pengirim menambahkan segmen menggunakan aritmatika komplement 1 untuk mendapatkan jumlahnya. kemudian melengkapi jumlah tersebut mendapatkan *checksum* & mengirimkannya bersama dengan frame data.
- Penerima menambahkan segmen masuk bersama dengan *checksum* menggunakan aritmatika komplement 1 untuk mendapatkan jumlahnya dan kemudian melengkapinya.
- Jika hasilnya nol, frame yang diterima akan diterima; jika tidak, akan dibuang

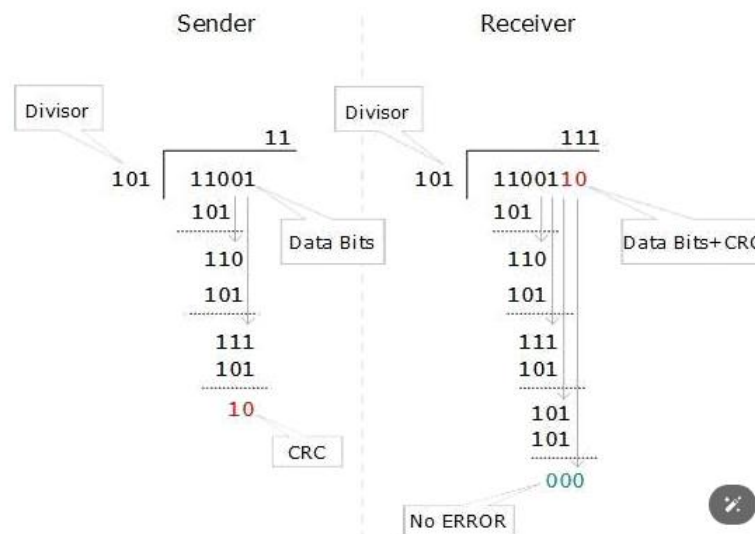
c. *Cyclic Redundancy Check / CRC* (Pemeriksaan Redundansi)

Cyclic Redundancy Check melibatkan pembagian biner dari bit data yang dikirim oleh pembagi yang telah ditentukan sebelumnya, Pembagi menggunakan polinomial.

- Di sini, pengirim melakukan pembagian biner dari segmen data dengan pembagi. Kemudian menambahkan sisa yang disebut bit CRC ke akhir segmen data. Hal ini membuat satuan data yang dihasilkan habis dibagi oleh pembaginya.

- Penerima membagi unit data yang masuk dengan pembagi. Jika tidak ada sisa, unit data diasumsikan benar dan diterima. Jika tidak, dapat dipahami bahwa data rusak dan karenanya ditolak.

Berikut proses dari Pemeriksaan terjadinya Redundansi bit data:



Gambar 5. Pemeriksaan Redundansi

Koreksi Kesalahan

Dalam sistem jaringan berbasis digital, koreksi kesalahan dapat dilakukan dengan dua cara [5]:

- **Koreksi Kesalahan Mundur**, Ketika penerima mendeteksi kesalahan pada data yang diterima, ia meminta kembali pengirim untuk mengirimkan ulang unit data tersebut.
- **Koreksi Kesalahan Teruskan**, Ketika penerima mendeteksi beberapa kesalahan dalam data yang diterima, ia mengeksekusi kode koreksi kesalahan, yang membantu memulihkan secara otomatis dan memperbaiki beberapa jenis kesalahan.

Yang pertama, Koreksi Kesalahan Mundur, sederhana dan hanya dapat digunakan secara efisien jika pengiriman ulang tidak mahal. Misalnya serat optik. Namun dalam kasus transmisi nirkabel, transmisi ulang mungkin memerlukan biaya yang terlalu mahal. Dalam kasus terakhir, Koreksi Kesalahan Maju digunakan.

Untuk memperbaiki kesalahan pada frame data, penerima harus mengetahui secara pasti bit mana pada frame yang rusak. Untuk menemukan bit yang error, bit redundant digunakan sebagai bit paritas untuk mendeteksi error. Misalnya, kita mengambil kata ASCII (data 7 bit), maka mungkin ada 8 jenis informasi yang kita perlukan: tujuh bit pertama untuk memberi tahu kita bit mana adalah kesalahan dan satu bit lagi untuk menyatakan bahwa tidak ada kesalahan. Untuk memperbaiki kesalahan pada frame data, penerima harus mengetahui secara pasti bit mana pada frame yang rusak. Untuk menemukan bit yang error, bit redundant digunakan sebagai bit paritas untuk mendeteksi error. Misalnya, kita mengambil kata ASCII (data 7 bit), maka mungkin ada 8 jenis informasi yang kita perlukan: tujuh bit pertama untuk memberi tahu kita bit mana adalah kesalahan dan satu bit lagi untuk menyatakan bahwa tidak ada kesalahan.

Untuk m bit data, digunakan r bit redundan. r bit dapat memberikan 2^r kombinasi informasi. Dalam *code word* $m+r$ bit, ada kemungkinan bahwa r bit itu sendiri mungkin rusak. Jadi jumlah r bit yang digunakan harus menginformasikan lokasi bit $m+r$ ditambah informasi tidak ada kesalahan, yaitu $m+r+1$.

$$2^r \geq m+r+1$$

Lapisan data-link bertanggung jawab atas implementasi aliran *point-to-point* dan mekanisme kontrol kesalahan.

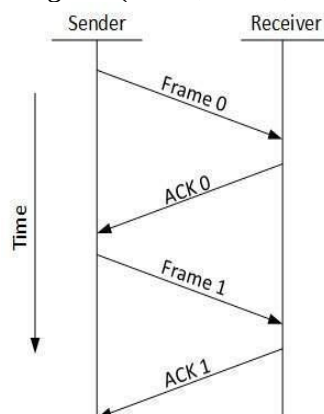
Alur Kontrol

Ketika frame data (data Layer-2) dikirim dari satu host ke host lain melalui media tunggal, pengirim dan penerima harus bekerja pada kecepatan yang sama. Artinya, pengirim mengirim dengan kecepatan dimana penerima dapat memproses dan menerima data. Bagaimana jika kecepatan (hardware/software) pengirim atau penerima berbeda? Jika pengirim mengirim terlalu cepat, penerima mungkin kelebihan beban (kebanjiran) dan data mungkin hilang.

Dua jenis mekanisme dapat digunakan untuk mengontrol aliran [6]:

1. Berhenti dan Tunggu

Mekanisme kontrol aliran ini memaksa pengirim setelah mengirimkan frame data untuk berhenti dan menunggu hingga pengakuan frame data yang dikirim diterima dan kemudian memberikan respon terhadap mengirim (Ack 0, Ack 1, dst) memiliki nilai 0/1.



Gambar 6. Mekanisme aliran pada frame data link Layer

2. Jendela Geser

Dalam mekanisme kontrol aliran ini, baik pengirim maupun penerima menyepakati jumlah frame data yang setelahnya pengakuan harus dikirim. Seperti yang kita pelajari, mekanisme kontrol aliran **stop** dan **wait** membuang-buang sumber daya, protokol ini mencoba memanfaatkan sumber daya yang mendasarinya sebanyak mungkin.

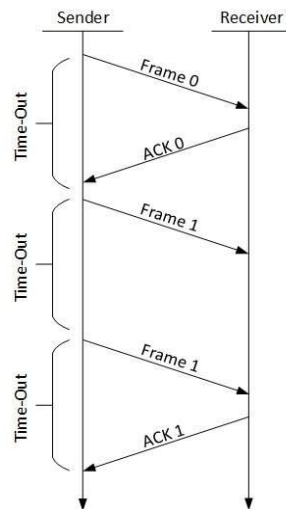
Kontrol Kesalahan

Saat data-frame ditransmisikan, ada kemungkinan data-frame hilang saat transit atau diterima dalam keadaan rusak. Dalam kedua kasus tersebut, penerima tidak menerima kerangka data yang benar dan pengirim tidak mengetahui apa pun tentang kehilangan apa pun. Dalam kasus tersebut, baik pengirim maupun penerima dilengkapi dengan beberapa protokol yang membantu mereka mendeteksi kesalahan transit seperti hilangnya data-frame. Oleh karena itu, pengirim mengirimkan ulang frame data atau penerima dapat meminta untuk mengirim ulang frame data sebelumnya [7].

Persyaratan untuk mekanisme pengendalian kesalahan: (1) **Deteksi kesalahan**, Pengirim dan penerima, baik keduanya atau salah satu, harus memastikan bahwa ada kesalahan dalam transit; (2) **ACK Positif**, Ketika penerima menerima frame yang benar, ia harus mengakuinya; (3) **ACK Negatif**, Ketika penerima menerima frame yang rusak atau frame duplikat, ia mengirimkan NACK kembali ke pengirim dan pengirim harus mengirimkan ulang frame yang benar; (4) **Transmisi ulang**: Pengirim mengatur jam dan menetapkan periode waktu habis. Jika pengakuan atas frame data yang sebelumnya dikirimkan tidak sampai sebelum batas waktu, pengirim akan mentransmisikan ulang frame tersebut, mengira bahwa frame atau pengakuannya hilang dalam perjalanan.

Ada tiga jenis teknik yang tersedia yang dapat diterapkan oleh lapisan Data-link untuk mengontrol kesalahan dengan *Auto Repeat Request* (ARQ):

1. ARQ berhenti-dan-tunggu

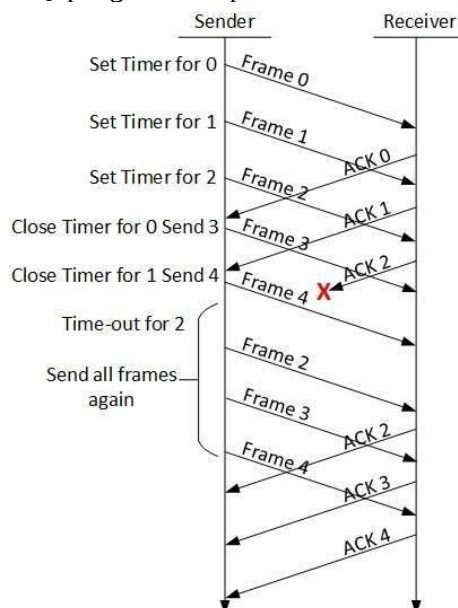


Gambar 7. Kontrol Kesalahan

Aliran transisi berikut mungkin terjadi di ARQ Berhenti dan Tunggu: Pengirim menyimpan penghitung batas waktu, (1) Ketika sebuah frame dikirim, pengirim memulai penghitung batas waktu, (2) Jika pengakuan frame tiba pada waktunya, pengirim mengirimkan frame berikutnya dalam antrian, (3) Jika pengakuan tidak datang tepat waktu, pengirim berasumsi bahwa frame atau pengakuannya hilang dalam perjalanan. (4) Pengirim mengirimkan ulang frame dan memulai penghitung batas waktu. (5) Jika pengakuan negatif diterima, pengirim mengirimkan kembali frame tersebut.

Kembali-N ARQ

Mekanisme ARQ berhenti dan menunggu tidak memanfaatkan sumber daya dengan sebaik-baiknya. Ketika pengakuan diterima, pengirim duduk diam dan tidak melakukan apa pun. Dalam metode Go-Back-N ARQ, pengirim dan penerima memiliki jendela [8].



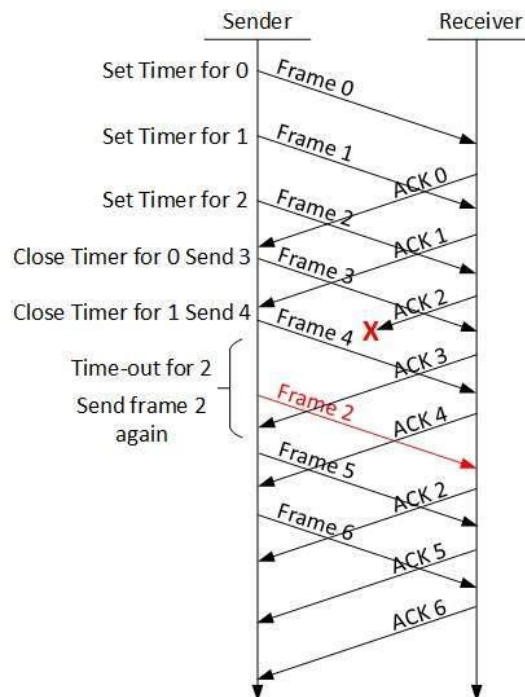
Gambar 6. Mekanisme ARQ berhenti dan menunggu

Ukuran jendela pengiriman memungkinkan pengirim mengirim beberapa frame tanpa menerima pengakuan dari frame sebelumnya. Jendela penerimaan memungkinkan penerima menerima beberapa frame dan mengakuinya. Penerima melacak nomor urut frame yang masuk.

Ketika pengirim mengirim semua frame di jendela, ia memeriksa nomor urut apa yang telah menerima pengakuan positif. Jika semua frame diterima secara positif, pengirim mengirimkan rangkaian frame berikutnya. Jika pengirim mengetahui bahwa ia telah menerima NACK atau belum menerima ACK apa pun untuk frame tertentu, pengirim akan mentransmisikan ulang semua frame dan setelah itu ia tidak menerima ACK positif apa pun.

ARQ Ulangi Selektif

Dalam Go-back-N ARQ, diasumsikan bahwa penerima tidak memiliki ruang buffer untuk ukuran jendelanya dan harus memproses setiap frame yang datang [9]. Hal ini memaksa pengirim untuk mengirimkan ulang semua frame yang tidak diakui.



Gambar 9. ARQ Ulangi Selektif

Dalam Selective-Repeat ARQ, penerima sambil mencatat nomor urut, melakukan buffering frame dalam memori dan mengirimkan NACK hanya untuk frame yang hilang atau rusak. Pengirim dalam hal ini, hanya mengirimkan paket yang NACKnya diterima.

4. KESIMPULAN

Lapisan data link adalah mengelola aliran karena dapat memungkinkan perangkat pada link mendeteksi penyumbatan. Perangkat terdekat kemudian mengirimkan informasi kemacetan, sehingga lalu lintas dapat dialihkan pada jaringan. Lapisan data link juga mengelola aliran karena dapat memungkinkan perangkat pada link mendeteksi penyumbatan. Perangkat terdekat kemudian mengirimkan informasi kemacetan, sehingga lalu lintas dapat dialihkan pada jaringan.

Untuk deteksi kesalahan data dan koreksi kesalahan data, pengirim perlu mengirimkan beberapa bit tambahan bersama dengan bit data. Penerima melakukan pemeriksaan berdasarkan bit

tambahan yang berlebihan. Jika ditemukan bahwa data bebas dari kesalahan, ia akan menghapus bit-bit yang berlebihan sebelum meneruskan pesan ke lapisan atas.

Ada tiga teknik utama untuk mendeteksi kesalahan dalam frame: *Parity Check*, *Checksum*, dan *Cyclic Redundancy Check* (CRC). Setiap responding data pada jaringan komputer akan membentuk frame terhadap paket data yang masuk, untuk di transmisikan kepada Transport Layer melalui Network Layer yang aktif.

5. SARAN

Disarankan kepada pengguna jaringan agar pemanfaatan Data Link Layer harus diperhatikan; (1) Kualitas data, guna untuk menghindari terjadinya penumukan data yang berkesinambungan sebagaimana kinerja dari *Parity Check*, *Checksum*, dan *Cyclic Redundancy Check* (CRC) dan (2) Kuantitas data, seperti halnya banyaknya data yang terkirim dalam satuan waktu MS/Frame untuk menghindari terjadinya redundan data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terpublikasinya artikel ini sebagai pembelajaran dalam Teknologi Jaringan Komputer dan Sistem Komunikasi Data pada Jaringan Komputer maka Pemanfaatan jaringan dalam sistem komunikasi dapat digunakan dengan efisien dan dengan baik. Penelitian ini adalah menggunakan sumber daya mandiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariyanto, "Metode Pembelajaran Simulasi Jaringan Berbasis Cisco Packet Tracer," *STMIK Handayani*, no. 2, p. 3, 2010.
- [2] Mufadhol, "Simulasi Jaringan Local Area Network Menggunakan Cisco Packet Tracer," vol. 3, no. 2, pp. 25–31, 2012, [Online]. Available: <http://www.teorikomputer.com/2017/02/Pengertian-Fungsi-Dan-TujuanJaringan.Html>.
- [3] M. Taruk and H. J. Setyadi, "Analisis Mekanisme Penanganan Kemacetan (Congestion Control) pada Algoritma Varian," *Konf. Nas. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–4, 2016.
- [4] Husain, R. O. Yulyantho, and A. Manan, "Desain Pengaturan Bandwidth Lewat Jaringan Local Area Networking Ad Hoc Untuk Integrasi Informasi Sistem Informasi Daerah Kota Mataram," *Sentia 2014*, vol. 6, no. 1, pp. 1–193, 2014.
- [5] I. Kaldun, *Bahan Ajar (Buku Satu) Terapan Komunikasi Komputer*, 2nd ed. Palopo: AMIK Palopo, 2019. [Online]. Available: <http://eprints.umsida.ac.id/296/1/Buku Model Pembelajaran Inovatif.pdf>
- [6] P. T. I. Ilia, "Comparison of a logistic regression and Naïve Bayes classifier in landslide susceptibility assessments: The influence of models complexity and training dataset size," *CATENA*, vol. 145, no. 1, pp. 164–179, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.06.004>.
- [7] D. Muttaqin, *BIG DATA : Informasi dalam Dunia Digital*, 1st ed. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2022. [Online]. Available: <https://kitamenulis.id/2022/04/28/big-data-informasi-dalam-dunia-digital/>

-
- [8] S. A. Jamaludin, Yuswardi, Muttaqin, A. Aviv Mahmudi, W. Y. Hartanto Tantriawan, Imam Ekowicaksono, M. R. Amirul Iqbal, Hasanuddin Sirait, Romindo, and J. S. Dimas Sasongko, Faizin Ridho, *Google Workspace for Education Platform Pendidikan Digital*, 1st ed. Jakarta: Yayasan Kita Menulis, 2022. [Online]. Available: <https://kitamenulis.id/2022/10/03/google-workspace-for-education-platform-pendidikan-digital-konsep-dan-praktik/>
- [9] G. W. Day and O. L. Gaddy, *Simulasi Konfigurasi Jaringan Komputer Lokal Are Network Pada “PT. SUMBER REJEKI” Menggunakan Cisco Paket Tracer*, Cetakan Pe., vol. 56, no. 6. Pontianak: AMIK BSI Pontianak, 2017. doi: 10.1109/PROC.1968.6482.
-