

## PERANCANGAN SISTEM DATA UDARA MENGGUNAKAN MEDIA TRANSMISI SERAT OPTIK

Daniel Teguh Rudianto,  
Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto,  
Jl. Janti Blok R, Lanud Adisutjipto, Yogyakarta  
Email: daans\_tr@yahoo.co.id

### *Abstract*

*The use of optical fiber transmission media at the Air Data System is affected by the development of optical fiber technology. The system is able to present the data required by the flight crews quickly and accurately. Therefore, it supports the success of a certain mission. In addition, the air data system using the transmission medium optical fiber also has advantages other than the copper cables, i.e: immune to EMI (Electro Magnetic Interference), RFI (Radio Frequency Interference), EMP (Electro Magnetic Pulses), and will not experience any disruption caused by the occurrence of a short circuit.*

*The fiber optic air data system is designed in consideration with the characteristics of its components i.e: the transmitter, optical fiber cable and the data receiver. The study also completely discusses the air data system, from the sensor, Air Data Computer (ADC), and the display of aircraft altitude and speed.*

**Keywords:** *fiber optics, air data system, air data computer.*

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dewasa ini telah mendorong aplikasi teknologi elektronika dalam berbagai bidang, termasuk di dalamnya adalah kemajuan di bidang teknologi avionik atau elektronika penerbangan [1]. Kemajuan teknologi ini sendiri ditujukan untuk mengatasi berbagai kekurangan atau kelemahan yang ada pada teknologi-teknologi yang telah dipakai sebelumnya. Salah satu konsep aplikasi teknologi modern dalam bidang avionik adalah bagaimana mencegah terjadinya kerusakan data pada sistem-sistem di dalam pesawat terbang yang diakibatkan oleh interferensi gelombang elektromagnetik (EMI), interferensi gelombang radio (RFI), dan pulsa-pulsa elektro magnetik (EMP).

Pada teknologi *Fly By Wire* (FBW), data-data elektronis dan digital dari berbagai sistem di pesawat terbang ditransmisikan melalui kabel tembaga. Karakter kabel jenis ini adalah rentan terhadap EMI, RFI, dan EMP yang berpotensi merusak data yang ditransmisikan [2]. Hal ini dapat mengakibatkan kesalahan data atau perintah sehingga berujung

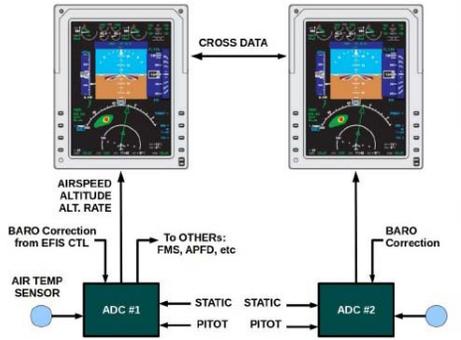
pada kecelakaan yang fatal yaitu pesawat terbang kehilangan kendali atau tidak dapat dikendalikan lagi (*loss of control*).

### 2. Metode Penelitian

Sistem data udara pada pesawat terbang telah mengalami perkembangan teknologi yang sangat pesat akhir-akhir ini. Pada awalnya, sistem ini menggunakan instrumen-instrumen mekanis yang berukuran besar dan berat; namun pada perkembangannya instrumen-instrumen pesawat terbang telah menggunakan teknologi digital. Teknologi digital ini didukung oleh perangkat-perangkat keras seperti Komputer Data Udara, baik analog (CADC) maupun digital (DADC), untuk memproses pengolahan datanya [3].

Informasi penerbangan terintegrasi dalam satu display yang semakin handal, dengan konsumsi daya yang lebih kecil. Informasi ketinggian dan kecepatan pesawat terbang tertampil di instrumen pilot dan ko-pilot yang dinamakan *Primary Flight Display* (PFD). Posisi penempatan instrumen ini tepat berada pada garis pandang pilot sehingga memudahkan pilot

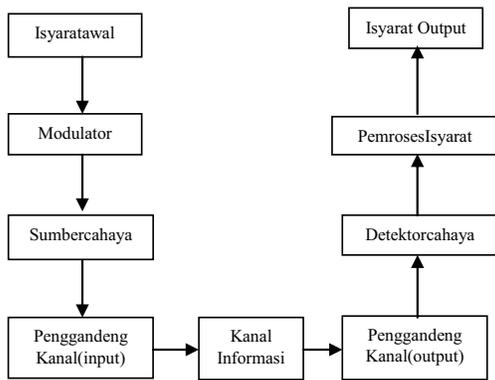
untuk memonitorinya. Gambar 1 menunjukkan contoh sebuah *Primary Flight Display*.



Gambar 1. Arsitektur Primary Flight Display.

Bentuk umum sistem transmisi data serat optik pada dasarnya tersusun atas bagian pengirim, media transmisi optik, dan bagian penerima. Bagian pengirim dihubungkan ke bagian penerima oleh media transmisi serat optik [4].

Bagian pengirim terdiri atas transduser, modulator dan pemancar serat optik. Bagian penerima terdiri atas detektor cahaya, demodulator (pengolah isyarat), dan penampil data (). Gambar 2 menunjukkan diagram kotak sistem transmisi data serat optik.



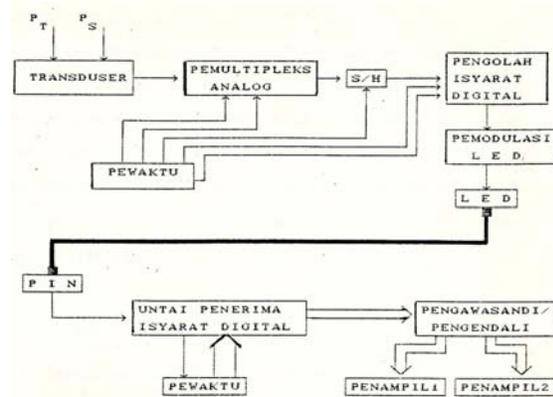
Gambar 2 Diagram Kotak Sistem Transmisi Data Serat Optik.

Bagian pengirim mengolah data masukan dari transduser ke dalam bentuk isyarat optik, sedangkan bagian penerima mengolah isyarat-isyarat optik yang dikirimkan melalui kabel serat optik menjadi isyarat-isyarat listrik dalam bentuk BCD dan menampilkan informasi tersebut ke instrumen di kokpit.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Prinsip Kerja Sistem

Gambar 3 memperlihatkan diagram kotak konsep sistem data udara serat optik.



Gambar 3. Diagram Kotak Sistem Data Udara Serat Optik.

Data-data tekanan statik dan tekanan total yang diperoleh dari sensor-sensor tekanan diubah dalam bentuk isyarat listrik analog oleh transduser tekanan udara. Isyarat-isyarat yang diperoleh kemudian ditransmisikan ke *Air Data Computer* (ADC) menjadi isyarat-isyarat digital dalam format BCD. Isyarat ini kemudian diubah dalam format data serial dan kemudian diformat dalam bentuk sandi Manchester.

Isyarat-isyarat digital dalam bentuk sandi Manchester ini mengendalikan pemancar serat optik, yaitu sebuah diode pemancar cahaya. Diode sumber cahaya ini dihubungkan dengan sebuah diode detektor cahaya oleh kabel serat optik. Diode-diode detektor cahaya, yang terletak di panel instrumen, mengubah isyarat-isyarat optik kembali menjadi isyarat-isyarat listrik dalam bentuk format BCD.

Pembaca sandi Manchester kemudian memisahkan isyarat-isyarat dalam format BCD ini menjadi informasi ketinggian dan kecepatan pesawat terbang. Data yang telah dipisahkan kemudian diolah untuk mengendalikan penyaji data (display), baik yang berupa LCD, LED, maupun CRT. Display LCD dan LED dipilih untuk menggantikan display CRT yang memiliki kelemahan dalam hal pembacaan yang terganggu bila berada dalam kondisi terang benderang.

### 3.2. Elemen Transmisi Data

Keistimewaan sistem data udara serat optik dibandingkan dengan sistem data udara adalah terletak pada bagian transmisi datanya. Bagian ini terdiri dari pemancar cahaya serat optik, kabel serat optik, dan penerima cahaya serat optik [5].

Rancangan system data udara serat optik menggunakan sebuah *Light Emitting Diode* (LED) yang memancarkan cahaya dengan panjang gelombang 820 nm sebagai diode sumber cahaya. Kabel serat optik yang digunakan sebagai media transmisi data yang berupa cahaya adalah dari jenis *Step-Index Multimode*. Sedangkan detektor penerima cahaya yang digunakan untuk menerima dan mengubah isyarat cahaya menjadi isyarat listrik adalah PIN photodiode.

Pemilihan sumber cahaya, kabel transmisi, dan detektor cahaya tersebut disesuaikan dengan situasi dan kondisi pesawat terbang pada saat beroperasi. Pada saat melakukan penerbangan, terjadi perubahan-perubahan temperature dan tekanan udara yang akan mempengaruhi kinerja sistem-sistem elektronis di dalamnya. Selain itu, keterbatasan ruang dan beban muatan dalam pesawat terbang menuntut suatu sistem yang ringkas dan ringan.

### 3.3. Light Emitting Diode

Pemilihan sumber cahaya untuk pemancar serat optik dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristiknya terhadap situasi dan kondisi operasional pesawat terbang. Berdasarkan pertimbangan kondisi penerbangan yang mengalami perubahan temperatur dan tekanan udaranya, maka karakteristik sumber cahaya untuk sistem data udara serat optik harus memenuhi:

1. Sensitivitas terhadap temperatur dan tekanan udaranya rendah.
2. Tidak memerlukan rangkaian yang rumit.
3. Digunakan untuk jarak yang pendek.
4. Harga terjangkau.

Dengan mempertibangkan karakteristik di atas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa LED lebih memenuhi persyaratan yang dibutuhkan sebagai sumber cahaya dalam sistem data udara serat optik. LED memancarkan cahaya dalam daerah spektrum gelombang elektro magnetis infra merah, yaitu dengan panjang gelombang 820 nm. Daerah spektrum ini biasa disebut daerah *first window*.

Dispersi bahan yang disebabkan oleh lebarnya spectral LED cukup kecil dan dapat diabaikan. Demikian juga rugi-rugi yang terjadi sepanjang saluran transmisi dapat diabaikan, karena lintasan cahayanya pendek.

Kabel serat optik yang sesuai dengan cahaya yang dipancarkan LED adalah dari jenis *Step-Index Multimode*. Karena cahaya yang dipancarkan berada dalam daerah *first window*, maka serat optik dari jenis *GRIN Multimode* tidak memberikan hasil yang optimal. Serat optik jenis *GRIN Multimode* ini hanya sesuai untuk sumber cahaya dengan panjang gelombang yang dipancarkan berada pada daerah spektrum *second window*, yaitu sekitar 1300 nm.

### 3.4. Step-Index Multimode

Berdasarkan karakteristik perambatan cahayanya, maka serat optik dibedakan menjadi serat optik multimode dan single mode. Bahan yang dipakai untuk serat optik adalah dari bahan gelas, plastik, dan plastik yang terbungkus silika (*Plastic Coated Silica, PCS*).

Serat optik dari jenis multimode lebih menguntungkan untuk jarak yang pendek daripada serat optik single mode, karena serat optik *multimode* memiliki *Numerical Aperture* (NA) yang lebih besar dibandingkan serat jenis single mode sehingga efisiensi penyambungannya lebih baik. Selain itu, diameternya lebih besar sehingga memudahkan pemasangan dan penempatannya dalam pesawat.

Berdasarkan bahannya, maka serat optik dari jenis *Step-Index Multimode* dibedakan menjadi tiga, yaitu serat kaca, serat plastik, dan serat plastik terbungkus silika (PCS). Serat PCS memiliki diameter dan NA yang lebih besar daripada serat kaca, sehingga lebih menguntungkan baik dalam pemasangan maupun efisiensi penyambungannya. Meskipun rugi-rugi yang terjadi pada PCS lebih besar daripada serat kaca, tetapi untuk jarak transmisi yang relatif pendek rugi-rugi ini dapat diabaikan.

Pada sistem data udara serat optik yang dipasang pada pesawat terbang, digunakan serat optik dari jenis SI Multimode yang terbuat dari bahan plastik terbungkus silika (PCS) yang memenuhi pertimbangan-pertimbangan berikut:

1. Kesesuaian dengan sumber cahaya yang digunakan, yaitu LED.

2. Panjang gelombang yang melalui serat ini berada pada daerah *first window* (antara 800-900 nm)
3. Diameter kabel cukup besar sehingga memudahkan dalam pemasangannya.
4. NA besar yang menghasilkan efisiensi sambungan yang baik.
5. Rugi-rugi transmisi dapat diabaikan karena jarak transmisinya pendek.

**3.5. PIN Photodiode**

Dalam kebanyakan sistem serat optik dikenal dua macam detektor cahaya, yaitu *PIN Photodiode* dan *Avalanche Photodiode (APD)*. Dibandingkan dengan APD, *PIN Photodiode* lebih murah dengan tingkat sensitivitas yang rendah terhadap temperatur dan memerlukan tegangan bias balik yang lebih kecil. Sedangkan kecepatan respon kedua perangkat ini berimbang, dengan demikian penggunaan *PIN Photodiode* menjadi lebih menguntungkan.

Bahan-bahan yang umum digunakan untuk membuat *PIN Photodiode* adalah silikon, germanium, dan InGaAs. Silikon adalah bahan yang banyak digunakan sebagai detektor cahaya yang beroperasi pada daerah spektrum *first window*. Diode germanium dan diode InGaAs lebih banyak mengandung derau daripada diode silikon, tetapi memberikan respon yang baik dalam daerah spektrum *second window*.

Berdasarkan karakteristiknya daerah kerjanya, dan kesesuaian dengan sumber cahaya pemancarnya yaitu LED, maka PIN Photodiode barbahan silikon sangat tepat untuk digunakan sebagai detektor cahaya pada sistem data udara serat optik.

**3.6. Unjuk Kerja Sistem**

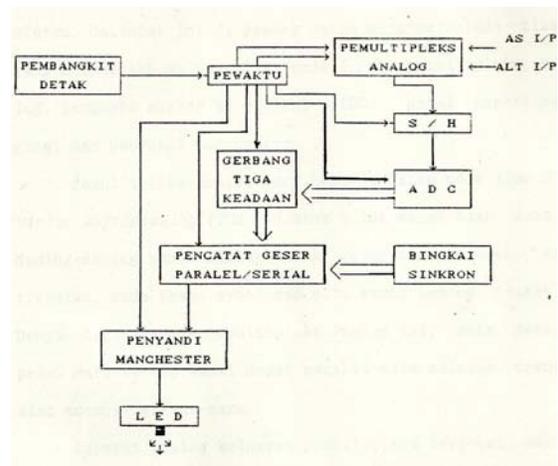
Sistem data udara serat optik terdiri dari tiga bagian sistem, yaitu bagian sistem pengirim, bagian sistem transmisi data, dan bagian sistem penerima. Masing-masing bagian mempunyai fungsi sendiri namun secara keseluruhan ketiga bagian ini saling berkaitan.

**3.6.1. Bagian Pengirim**

Bagian ini diawali dengan sensor-sensor dan transduser-transduser tekanan udara statik dan tekanan udara total. Transduser tekanan statik menghasilkan isyarat elektris untuk diolah menjadi informasi ketinggian, sedangkan informasi

kecepatan pesawat diperoleh dari pengukuran tekanan statis dan tekanan total.

Sebelum pemrosesan data, isyarat-isyarat listrik dari transduser diperkuat oleh penguat operasional (opam) untuk memperoleh aras isyarat yang diperlukan. Keluaran dari penguat ini diberikan ke Untai Akar Kuadrat, yang menghasilkan akar kuadrat dari nilai isyarat yang dimasukkan. Isyarat keluaran dari untai akar kuadrat ini mempunyai nilai yang ekivalen dengan kecepatan pesawat terbang, dan sebelum dimasukkan ke pemultiplekanalog isyarat ini disangga (buffer) lebih dahulu. Gambar 4 memperlihatkan diagram kotak bagian pengirim



Gambar 4. Diagram kotak bagian pengirim.

Informasi ketinggian pesawat terbang diperoleh dengan memperkuat isyarat transduser dengan operasional amplifier untuk mencapai aras tegangan yang diinginkan, kemudian isyarat ini diskalakan hingga ekivalen dengan ketinggian terbang pesawat. Isyarat ini kemudian dimasukkan ke dalam pemultipleks analog sebagai masukan kedua bersama dengan isyarat kecepatan pesawat terbang.

Osilator gelombang kotak diatur agar menghasilkan gelombang dengan frekuensi yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Osilator ini dipasang untuk mengopersikan timer yang memberikan pulsa-pulsa kendali pada pemultipleks analog, konverter analog ke digital (ADC), untai sample/hold, dan penyandi manchester.

Pemultipleks analog yang bekerja dalam mode *time division multiplexing (TDM)*, diatur untuk

empat kanal. Masing-masing kanal adalah untuk kecepatan pesawat terbang, ketinggian, kode frame syncro, dan satu kanal kosong (*dummy*). Dengan digunakannya pemultipleks analog ini maka isyarat-isyarat dari masing-masing kanal dapat memakai satu saluran transmisi secara paralel.

Isyarat analog keluaran Pemultipleks tersebut dicuplik dan dipegang dalam Untai Sample/Hold. Isyarat hasil pencuplikan ini kemudian diubah dalam bentuk isyarat digital dalam format *Binary Coded Decimal (BCD)* oleh ADC. ADC yang digunakan adalah ADC 4 ½ digit, sehingga isyarat keluarannya berupa isyarat 4 ½ digit yang masih dalam format paralel.

Pencatat geser paralel ke serial mengubah keluaran ADC ini menjadi aliran bit-bit serial dalam format *Non Return to Zero (NRZ)*. Penyandi manchester yang telah disinkronisasi akan mengubah isyarat ini menjadi aliran bit serial dalam format *Return to Zero (RZ)*. Data hasil penyandian manchester mengendalikan sebuah LED yang memancarkan cahaya sesuai dengan sandi yang diberikan. Bit 1 akan memicu LED untuk memancarkan cahaya, sementara bit 0 LED tidak memancarkan cahaya.

**3.6.2. Bagian Transmisi Data**

Pada bagian transmisi data, data digital disangga untuk mengendalikan LED. LED akan beroperasi sesuai runtun bit data dalam bentuk sandi manchester. Cahaya yang dipancarkan oleh LED ini digandengkan dengan sebuah kabel serat optik dari jenis *Step-Index Multimode*. Isyarat dalam bentuk cahaya ini dirambatkan sepanjang serat optik ke sebuah *PIN Photodiode* pada bagian penerima data. *PIN photo diode* ini mengubah daya optik yang diterimanya menjadi isyarat listrik.

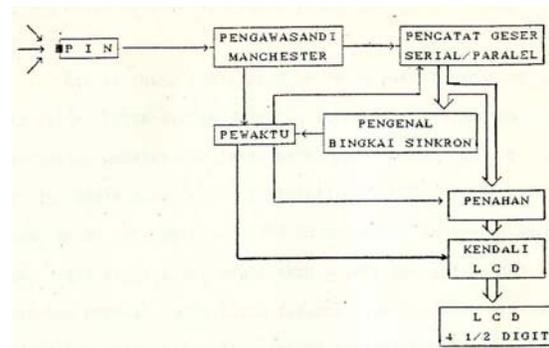
Keluaran dari PIN Photodiode berupa aliran bit-bit serial dalam format RZ, persis seperti aliran bit-bit ini saat mengendalikan LED. Aliran bit-bit ini kemudian dimasukkan ke sebuah Pengawasandi Manchester (*manchester decoder*).

**3.6.3. Bagian Penerima**

Diagram Kotak Bagian Penerima diperlihatkan pada Gambar 5. Pada bagian ini aliran bit-bit keluaran PIN Photodiode akan dibaca dan dipisahkan menjadi

pulsa-pulsa detak dan data NRZ. Karena data-data yang disampaikan dalam bentuk sandi manchester, maka pulsa detak telah disinkronisasikan dengan pulsa data.

Pulsa data hasil pembacaan sandi manchester mengendalikan sebuah timer. Timer ini memberikan pulsa-pulsa kendali yang diperlukan oleh pencatat geser serial ke paralel, pengenal frame syncro, dan pengendali penampil kristal cair (*Liquid Crystal Display, LCD*) atau Penampil LED. Data dalam format NRZ diubah ke dalam format paralel oleh pencatat geser serial ke paralel. Data dalam format paralel ini kemudian diumpankan ke pengenal frame syncro dengan tujuan untuk mengenal isyarat frame syncro.



Gambar 5. Diagram Kotak Bagian Penerima

Pengenal frame syncro memberikan sebuah pulsa keluaran untuk mengatur kembali counter dalam timer. Pengaturan kembali counter dalam timer ini memberikan bentuk gelombang data yang akan disajikan pada LCD atau LED. Untuk mengoperasikan LCD atau LED diperlukan pembangkit pulsa lain yang memberikan pulsa-pulsa dengan frekuensi 60 Hz. Pembangkit pulsa ini tidak perlu disinkronisasi dengan pulsa detak yang diterima.

Karena ruang panel yang tersedia sangat terbatas maka dalam sistem-sistem modern informasi ketinggian dan kecepatan pesawat disajikan dalam satu layar digital. Penempatan informasi ketinggian dan kecepatan pesawat terbang ini disesuaikan dengan aturan penerbangan yang baku yang dikeluarkan oleh pihak otoritas penerbangan internasional. Dengan demikian pilot dapat mengetahui dan membedakan dengan cepat informasi ketinggian dan kecepatan pesawat terbang.

#### 4. Kesimpulan

Hasil perancangan yang berupa konsep sistem data udara dengan transmisi serat optik memberikan beberapa kesimpulan:

1. Pemanfaatan serat optik sebagai media transmisi pada sistem data udara akan meningkatkan kehandalan sistem yang meliputi:
  - a. Bebas dari gangguan RFI dan EMI sehingga integritas data dapat dipertahankan.
  - b. Sistem terhindar dari bahaya hubungan pendek (*short circuit*)
  - c. Serat optik tidak merambatkan pulsa-pulsa elektro magnetik sehingga kebal terhadap EMP yang diakibatkan oleh ledakan nuklir.
2. Serat optik lebih kecil dan ringan dari pada serat tembaga, sehingga menghemat tempat dan mengurangi beban pesawat.
3. Daya total yang diperlukan lebih kecil dibandingkan dengan sistem yang menggunakan kabel tembaga.

#### 5. Saran

Sekalipun sistem ini pada awalnya hanya digunakan untuk menyajikan dua parameter penerbangan saja yaitu ketinggian dan kecepatan pesawat terbang, sangat terbuka kemungkinan untuk digunakan pada parameter yang lain, misalnya diterapkan pada Sistem *Flight Control* yang juga sangat penting dalam menentukan keselamatan penerbangan.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto yang telah memberi dukungan finansial terhadap penelitian ini melalui pendanaan Penelitian Internal tahun 2014.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Manoharan, L.C., Muthuvel S., Shesadri K., Philip M. Diwakar, *Fiberoptic Air Data System*, ICAS, 1990
- [2] Joseph J. Palais, *Fiberoptic Communications*, Prentice Hall, 1988.
- [3] International Standard Book Number 0-89100-293-6, *Avionics Fundamental*, IAP Inc., 1987.
- [4] Henry Zanger, Cynthia Zanger, 1991, *Fiber Optics Communication and Other Applications*, Macmillan P.C., New York.
- [5] Thomas Sri Widodo, 1995, *Optoelektronika, Komunikasi Serat Optik*, Andi Offset, Yogyakarta.