

ANALISIS TEKNIS KALIBRASI PERALATAN ATC RADAR MENGGUNAKAN TRANSPONDER YANG DIPASANG DI LOKASI SEKITAR BANDARA

BENNY SUHERMAN

Dosen Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug Tangerang

Abstrak: *Salah satu bagian dari peralatan radar ini adalah selsyn. Keluaran selsyn yang berupa sinyal analog menjadi masukan bagi encoder. Encoder merubah sinyal analog tersebut menjadi sinyal digital, yang disebut pulsa North Signal (NS) dan Encrement (Σ). Kedua pulsa ini merupakan pulsa acuan arah utara 0° dan pengulangan posisi sepanjang 360° . Dengan kedua sinyal tersebut maka layar monitor radar dapat menampilkan target sesuai dengan posisi dan arah target terhadap stasiun radar. Jika selsyn dan encoder tidak beroperasi seperti yang seharusnya, dapat berakibat kerancuan posisi target terhadap arah utara. Kerancuan tampilan dapat berupa pergeseran koordinat target dari tampilan yang seharusnya. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa: peralatan radar bandara dapat menampilkan fix target dari transponder yang dipasang di lokasi sekitar bandara tersebut dan saat terjadi pergeseran tampilan target setelah dilakukan penggantian bagian selsyn dan atau encoder, tampilan fix target dari transponder yang dipasang di sekitar bandara dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan kalibrasi.*

Kata Kunci: *Radar, target, transponder, bandara*

PENDAHULUAN

Dalam dunia penerbangan, radar dipakai untuk membantu pemandu lalu lintas udara (*controller*) memandu dan mengatur lalu lintas udara. Keberadaan radar menjadi suatu kebutuhan yang mendukung kinerja *controller* sebagai alat bantu keselamatan penerbangan.

Primary Surveillance Radar (PSR) merupakan sistem radar memancarkan gelombang elektro-magnetik ke udara. Bila gelombang elektromagnetik tersebut mengenai benda/target yang berada di udara, maka energi gelombang elektro-magnetik tersebut sebagian akan dipantulkan kembali ke arah pengirim dan selanjutnya tertangkap oleh antenna yang ada pada stasiun radar. Sinyal yang dipantulkan dikenal sebagai sinyal echo. Sinyal echo yang diterima radar diproses

untuk menentukan posisi, karakteristik dan kecepatan bila benda tersebut bergerak.

Untuk *Secondary Surveillance Radar* (SSR), yang lebih dikenal sebagai *interrogator*, karena mampu menanyakan identitas dan ketinggian pesawat terbang. Dalam sistem SSR ini, pesawat terbang harus dilengkapi *transponder* yang diperlukan oleh *interrogator*. Jadi, sedemikian pentingnya peralatan radar bagi sistem *Air Traffic Services* (pelayanan lalu lintas udara/PLLU) sehingga semua area ruang udara yang dikontrol oleh *controller* menggunakan pemanduan dengan radar.

PERMASALAHAN

1. Bagaimanakah gambaran operasi-onal sistem radar bandara?

2. Bagaimana dapat menampilkan target dari transponder yang dipasang di lokasi sekitar bandara, pada peralatan radar bandara tersebut?

METODE

1. Kajian Literatur, yaitu dengan mempelajari buku-buku tentang petunjuk operasional peralatan radar dan catatan-catatan dalam *log book* peralatan radar di bandara Soekarno Hatta serta teori-teori yang mendukung dalam pembahasan masalah.
2. Dokumentasi, yaitu dengan mengumpulkan dan mempelajari data dan informasi yang berkaitan pengoperasian peralatan radar.

LANDASAN TEORI

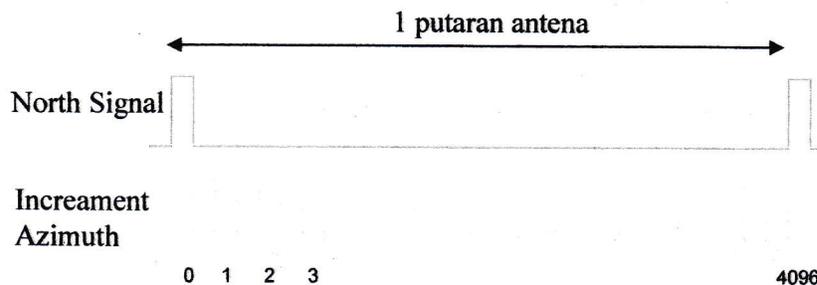
Dalam penerbangan, radar dibagi dalam dua golongan, yaitu: Radar Pemantauan Primer (*Primary Surveillance Radar / PSR*) dan Radar Pemantauan Sekunder (*Secondary Surveillance Radar / SSR*). Stasiun *PSR* memancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi pancar f_p . Setelah mengenai target pesawat terbang, maka akan terpancar balik sinyal pantulan (*echo*) dengan frekuensi f_e yang nilainya sama dengan f_p . Waktu yang dibutuhkan oleh gelombang pancar dan gelombang

pantul dapat dikonversi ke dalam perhitungan jarak.

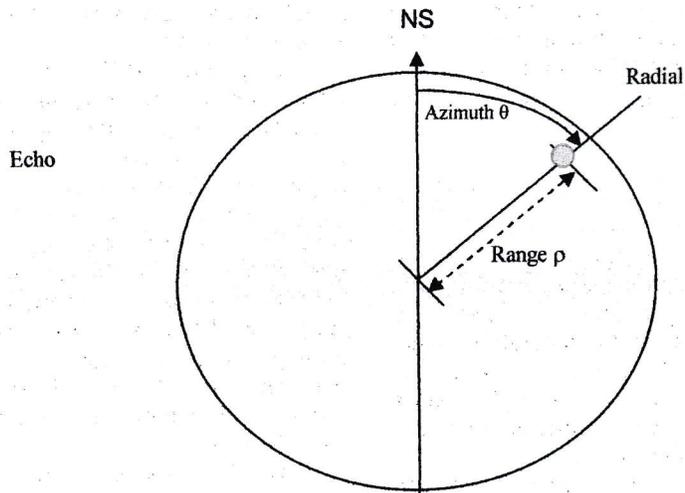
Kegunaan *PSR* dimaksudkan untuk mendeteksi pesawat terbang, tetapi tidak tertutup kemungkinan ada benda lain terdeteksi pula, seperti kawanan burung, awan tebal dan gunung. Oleh karena itu kinerja *PSR* sangat ditentukan oleh kemampuan membedakan target yang diinginkan, sehingga pada layar monitor, tampilan yang muncul hanya indikasi pesawat terbang saja. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *PSR* yaitu: *Clutter*, penyerapan oleh atmosfer dan derau (*noise*).

Untuk menentukan posisi pesawat terbang dengan menggunakan proses *PSR*, diperlukan suatu patokan sebagai pembanding dimana sinyal radar yang diterima harus dihitung. Sinyal-sinyal dimaksud meliputi Sinyal Utara (*North Signal / NS*) dan Sinyal Peningkatan (*Increment Signal / Σ*). Umumnya radar memiliki alat khusus untuk keperluan tersebut yang disebut pengkode (*encoder* atau *selsyn*).

Penentuan posisi target yang terdeteksi sama dengan menentukan sudut sasaran tersebut terhadap titik utara 0° , selanjutnya disebut *azimuth*. Titik utara sebagai patokan adalah sinyal utara *NS* yang dibangkitkan oleh sebuah alat yang disebut *encoder* dan diatur untuk mengeluarkan satu pulsa pada saat perputaran antenna tepat mengarah ke utara 0° magnet utara bumi (*earth magnetic north*).



Gambar 1. North Signal dan Increment Azimuth



Gambar 2. Tampilan echo radar primer.

Karena antena berputar sebesar 360° , maka posisi target yang memantulkan sinyal *echo*, setelah diterima oleh penerima (Rx) akan diproses untuk menentukan berapa besar azimuth target terhadap titik utara dengan cara melakukan perhitungan pulsa Σ . Dengan menghitung besarnya Σ dan membandingkan terhadap titik 0° , maka akan didapat azimuth dari target. Apabila azimuth target telah diketahui, selanjutnya akan dihitung jarak target tersebut terhadap

stasiun radar. Untuk dapat mengetahui jarak target harus diketahui berapa lama waktu yang diperlukan oleh energi radar untuk menempuh jarak satu *nautical mile* (Nm) sebagai patokan. Dengan mengetahui waktu tempuh energi radar memancar ke target dan pemantulannya (pergi-pulang) dibagi dengan waktu 1 Nm, maka jarak target terhadap stasiun radar dapat diketahui. Ketepatan pengukuran waktu sangat menentukan ketepatan pengukuran jarak.

- Kecepatan rambat cahaya di udara $c = 3 \times 10^8$ m/s

- 1 Nm = 1852 km

- Jadi $c = \frac{3 \times 10^8}{1,85 \text{ NM}} = 162.162,16 \text{ Nm/s}$

- Jarak 1 NM diperlukan waktu = $\frac{1}{162.162,16 \times 10^6} = 12,4 \mu\text{s}$

Pengembangan radar berlanjut dengan dioperasikannya SSR, yaitu radar aktif yang diharapkan dapat

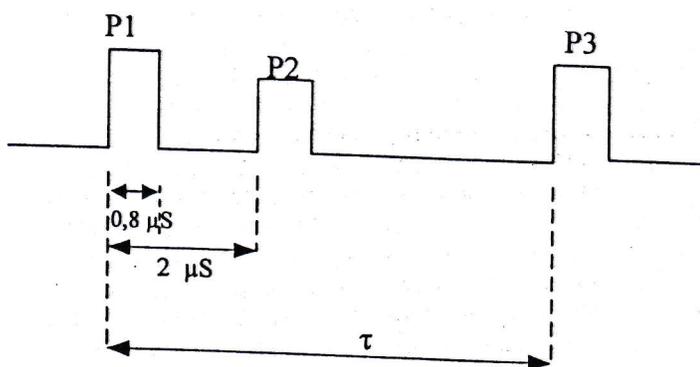
memenuhi informasi yang diinginkan seperti ketinggian pesawat, pengenalan identitas pesawat dan dalam

pemakaian militer dipakai untuk mengenali pesawat terbang kawan atau musuh (*friend or foe*). Tujuan pemakaian SSR di bandar udara adalah agar informasi yang didapat dan digunakan oleh controller menjadi lebih akurat. Data SSR yang didapat dari sebuah stasiun radar dapat dikirimkan ke pusat pengolahan data radar di tempat lain dengan menggunakan fasilitas kabel tanah, radio link atau VSAT.

Radar jenis SSR ini bekerja atas prinsip pengiriman rangkaian pulsa yang terdiri dari pulsa P1, P2 dan P3 dengan jarak tertentu dengan frekuensi pancar 1030 MHz dan penerima 1090 MHz. Bila suatu SSR memancarkan pulsa dan diterima oleh suatu *transponder* pesawat terbang, maka pulsa ini akan diproses dan pesawat memberikan jawaban (*reply*). *Reply* ini memiliki batas pulsa (*frame*) yang disebut F1 – F2. Pulsa interogasi SSR disebut *interrogation modes* dan pulsa jawaban dari *transponder* pesawat disebut kode jawaban (*reply codes*). Karena sifat SSR ini, maka disebut juga *Interrogator*.

Sinyal *Reply* dari pesawat terbang yang diterima oleh antenna selanjutnya diteruskan ke perangkat penerima SSR untuk dianalisa seluruh jawabannya oleh pengeksrak gambar (*Extractor Video*). Keluaran *Extractor Video* ini selain dipakai untuk kegunaan pemeliharaan (*Maintenance purpose*), sebagai input monitor di stasiun radar, juga dikirimkan ke komputer Sistem Pemrosesan Data Radar (*Radar Data Processing System*) di ruang peralatan utama (*main equipment room*), untuk memperoleh data yang diinginkan.

Dengan mengoperasikan SSR, terjadi dialog aktif sinyal interogasi SSR dan *Transponder* untuk menghasilkan informasi. Ada enam macam pulsa aplikasi sipil dan militer, masing-masing tipe terdiri dari pasangan pulsa P1 – P3 dengan spasi tertentu tergantung karakteristiknya. Masing-masing mode dengan fungsi yang berbeda memungkinkan SSR memancarkan beberapa mode secara berurutan. Dalam satu putaran antenna dapat dipancarkan A, C, A atau A, C, C sesuai kebutuhan dan kepentingan pengguna (*user*).



Gambar 3. Pulsa SSR

Pulsa P1 – P3 dipancarkan melalui *interrogate beam antenna*, sedangkan pulsa P2 setelah dipisahkan akan dipancarkan melalui *control beam antenna* yang bertugas sebagai pengontrol beam pancaran dari side lobe. Pancaran sisi (*side lobe*) ini tidak dikehendaki karena dapat mengganggu *transponder* pesawat terbang dalam

memberikan *reply code* yang benar. Walaupun *side lobe* ini telah dikendalikan, tapi masih juga memberi efek negatif, sehingga *transponder* pesawat terbang harus dilengkapi dengan sistem penindasan pancaran sisi (*side lobe suppression*) sama halnya yang diperlukan pada sistem antenna SSR.

Pulsa jawaban dari *transponder* pesawat terbang terdiri dari 16 pulsa dengan pembatas bingkai (*frame*) F1 – F2 yang berjarak 20,3 μ s. Jarak antar pulsa 1,45 μ s dan antara F1 dengan *Special Position Indicator (SPI)* sebesar 24,65 μ s. F1 – F2 disebut pembingkai-an pulsa (*framing pulse*). Sedangkan A, B, C dan D dengan indeks 1, 2 dan 4 adalah data.

Pulsa SPI digunakan oleh penerbang dalam keadaan darurat dengan cara menekan tombol *ident*. Sekitar 20 sec kemudian pulsa SPI akan terpancar dan diterima SSR sehingga *controller* dapat segera mengambil tindakan. Jumlah pulsa data yang diterima SSR tergantung pada banyaknya pulsa data yang dipancarkan oleh *transponder*. Hal ini berkaitan dengan moda yang dipancarkan oleh SSR.

Pulsa *reply* terdiri dari 12 pulsa data dengan kemungkinan 4096 permutasi. Tetapi tidak semua pulsa data digunakan pada *reply code*. Pulsa X untuk sementara tidak digunakan, disiapkan untuk pengembangan di kemudian hari. Telah ditetapkan sebanyak tiga kode yang berlaku universal untuk kondisi darurat. Ketiga kode ini baru digunakan bila kondisi di pesawat benar-benar darurat, karena tidak mungkin melakukan komunikasi dengan suara, yaitu :

- 7700 keadaan darurat
- 7600 kerusakan radio komunikasi
- 7500 informasi pembajakan

PRINSIP KERJA SISTEM RADAR

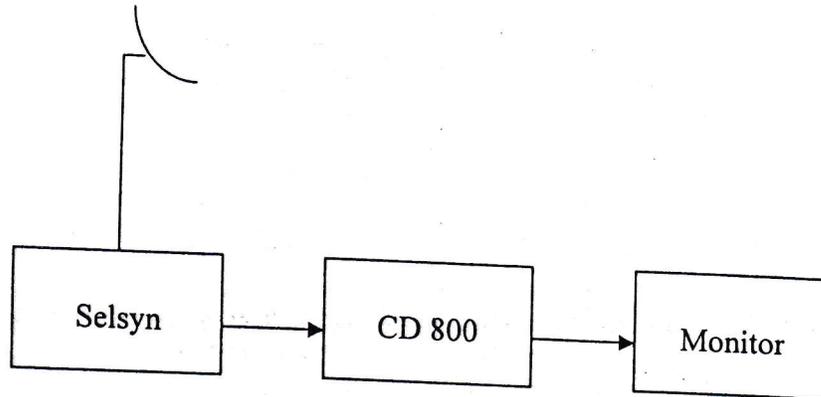
Transmitter memancarkan pulsa gelombang RF dengan frekuensi 1030 MHz, yaitu dengan pulsa mode P1 - P2 - P3 dengan power peak 2 Kilo Watt yang disalurkan ke antena. Pesawat dengan *transponder* terpasang akan menjawab pertanyaan dari SSR sesuai dengan mode yang diminta. Jawaban *transponder* ke SSR berupa kode yang berbentuk pulsa-pulsa dengan frekuensi 1090 MHz.

Receiver menerima kode pesawat melalui antena, melakukan proses penyaringan (*filtering*) dan penguatan serta keluarannya dikirim ke prosesor sekunder (EV720). Dalam EV 720 ST, kode-kode target (pesawat) diproses, dikorelasi dan diekstraksi untuk dibentuk menjadi data sintetik berupa *plot* disertai dengan data-data pesawat (posisi, kode pesawat dan ketinggian).

Disisi lain, encoder CD 800 berfungsi merubah sinyal 3 fase dari *selsyn* antena menjadi digital, yang merupakan data *azimuth* untuk posisi antena dan mendistribusikan data *azimuth, synchro, video*. Prosesor PR 800 melakukan proses *filtering plot* sintetik dari PSR dan SSR, korelasi "scan to scan", pembentukan track (primer dan sekunder), penggabungan track primer dan sekunder (*track associated*) dan *formatting*.

Distribusi *Video/Sintetik* CTR 830 mengubah kode/format data sintetik dari PR 800 ke format *display* MIV 800, memilih data sintetik dari CTR1 atau CTR2 dan sebagai pen-distribusi data sintetik terpilih ke beberapa *display* MIV 800 dan mendistribusikan *synchro, data azimuth* dan *video raw* ke beberapa *display* MIV 800. Selanjutnya MIV 800 menampilkan data sintetik dan *video raw* dari semua target hasil pemrosesan. Data sintetik yang ditampilkan adalah: simbol *track, label track, map* dan *flight plan*.

Putaran antena diikuti oleh putaran *selsyn*, sebab *selsyn* seporos dengan antena. Saat antena berputar, berarti *selsyn* menghasilkan keluaran dari S1, S2 dan S3. Tegangan keluaran *synchro* antena (S1, S2 dan S3) dikonversi menjadi sinyal digital 12 bit. Sinyal digital ini kemudian diumpankan ke *memory* dan komparator. Komparator membandingkan posisi antena sekarang dengan posisi antena sebelumnya. Jika antena bergerak, komparator menghasilkan sinyal yang digunakan untuk menyimpan data posisi saat ini.



Gambar 4. Jalur sinyal NS dan Σ .

PROSEDUR KALIBRASI TAMPILAN SETELAH PERBAIKAN

1. Prosedur Kalibrasi Yang Dilakukan Tanpa Transponder

Proses perbaikan diawali dari adanya laporan dari *controller* bahwa *display* radar tidak menampilkan target. Setelah dilakukan pemeriksaan di layar monitor teknisi yang ternyata memang benar bahwa monitor teknisi tidak menampilkan target. Kondisi tersebut memberikan keyakinan kepada teknisi, bahwa radar mengalami gangguan kerusakan. Selanjutnya teknisi memeriksa bagian *encoder* CD800. Jika didapati terjadi *alarm* pada bagian *encoder* ini maka sinyal NS dan Σ tidak dikeluarkan oleh *encoder*. Sangat layak bahwasanya dengan tidak adanya kedua sinyal tersebut berakibat tidak tampilnya target pada layar radar.

Berdasarkan kebiasaan yang dialami oleh teknsi, gangguan rusak-

an yang ditandai dengan tidak tampilnya target pada layar radar termasuk monitor teknisi dan timbulnya *alarm* pada bagian *encoder* adalah sedang terjadi kerusakan pada unit *encoder*. Setelah dilakukan penggantian unit *encoder*, layar radar menampilkan tampilan target, maka perbaikan telah berhasil dilakukan. Namun, jika target tidak tampil pada posisi yang seharusnya, harus dilakukan *setting* pada unit *encoder* yaitu pada *card* TAC 121.

Pada prinsipnya, tampilan target pada posisi yang tidak tepat (bergeser dari yang seharusnya) dapat terjadi karena sinyal NS tidak sinkron dengan kemunculan pulsa ke 4096 dari sinyal Σ . Oleh sebab itu harus dilakukan *setting* agar sinyal NS sinkron dengan munculnya pulsa ke 4096 dari sinyal Σ . Tabel berikut dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan *setting*.

Tabel 1. Pengaturan switch S1 – S12 pada card TAC 121.

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S12	S11	S10
-180°	-90°	-45°	-22,5°	-11,25°	-5,625°	-2,812°	-1,406°	-0,703°	-0,351°	-0,175°	-0,0875°

Angka-angka tersebut jika dikombinasikan dapat menghasilkan semua angka-angka 0° sampai dengan $-359,99^{\circ}$. Oleh sebab itu berapapun derajat sudut pergeseran yang terjadi akibat penggantian *selsyn* dan atau encoder dapat diatur kembali ke posisi yang seharusnya. Seandainya pada saat pengaturan *selsyn* di antena terjadi kesalahan maka *switch* $S_1 - S_{12}$ pada *card* TAC 121 akan mengkompensasi kesalahan tersebut (posisi awal $S_1 - S_{12}$ pada posisi ke bawah/lower). Misalnya saat pengaturan *selsyn* terjadi kesalahan 10 dari arah utara maka harus dilakukan pengaturan S_9 dan S_{12} diposisikan ke atas (upper).

Untuk dapat mengembalikan tampilan target ke posisi yang seharusnya (kalibrasi), berkali-kali dilakukan setting. Pada proses kalibrasi ini, setiap kali setelah dilakukan setting, teknisi berkoordinasi dengan *controller* untuk mendapatkan informasi posisi target. Tidak jarang waktu yang diperlukan untuk melakukan kalibrasi ini memakan waktu yang relatif lama.

2. Prosedur Kalibrasi yang Dilakukan Menggunakan Transponder

Setelah menerima laporan dari *controller* bahwa *display* radar tidak menampilkan target. Setelah dilakukan pemeriksaan di layar monitor teknisi yang ternyata memang benar bahwa monitor teknisi tidak menampilkan target. Kondisi tersebut memberikan keyakinan kepada teknisi tersebut, bahwa radar mengalami gangguan kerusakan. Selanjutnya teknisi memeriksa bagian *encoder* CD800. Jika didapati terjadi alarm pada bagian *encoder* ini maka sinyal NS dan Σ tidak dikeluarkan oleh *encoder*. Sangat layak bahwasanya dengan tidak adanya kedua sinyal tersebut berakibat tidak tampilnya target pada layar radar.

Berdasarkan kebiasaan yang dialami oleh teknisi, gangguan kerusakan yang ditandai dengan tidak tampilnya target pada layar radar termasuk monitor teknisi dan timbulnya alarm pada bagian *encoder* adalah

sedang terjadi kerusakan pada unit *encoder*. Setelah dilakukan penggantian unit *encoder* layar radar menampilkan tampilan target, maka perbaikan telah berhasil dilakukan. Namun, target tidak tampil pada posisi yang seharusnya. Oleh karena itu harus dilakukan setting pada unit *encoder* yaitu pada *card* TAC 121.

Pada prinsipnya, tampilan target pada posisi yang tidak tepat (bergeser dari yang seharusnya) dapat terjadi karena sinyal NS tidak sinkron dengan kemunculan pulsa ke 4096 dari sinyal Σ . Oleh sebab itu harus dilakukan *setting* agar sinyal NS sinkron dengan munculnya pulsa ke 4096 dari sinyal Σ . Tabel 4.1 dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan *setting*. Dengan dioperasikannya *transponder* yang dipasang di suatu tempat di lingkungan bandara, maka muncul tampilan *fix target* dari *transponder* pada monitor teknisi. Tampilan *fix target* tersebut, ditandai posisinya pada layar monitor teknisi.

Jika terjadi kerusakan pada bagian *selsyn* dan atau *encoder*, teknisi dapat melakukan kalibrasi tanpa harus berkomunikasi secara intensif dengan *controller*. Dengan demikian, waktu yang diperlukan untuk melakukan *setting switch* $S_1 - S_{12}$ pada *card* TAC 121 dapat dilakukan lebih cepat dibandingkan dengan prosedur *setting* sebelumnya.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan uraian dan pembahasan sebelumnya adalah:

- Peralatan radar bandara dapat menampilkan *fix target* dari *transponder* yang dipasang di lokasi sekitar bandara tersebut.
- Saat terjadi pergeseran tampilan target setelah dilakukan penggantian bagian *selsyn* dan atau *encoder*, tampilan *fix target* dari *transponder* yang dipasang di sekitar bandara dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan kalibrasi.

DAFTAR PUSTAKA

ATS, *Basic Handbook Avionics*,
Vol.3, Reference Book Publisher,
Montreal, 1978.

Citac, *Training Radar PSR/SSR*,
Jakarta, Citac, 2000.

Francis, Reintjes & Godfrey T.C.,
Principles of Radar, McGaw-Hill,
Kagokusha Ltd, Tokyo, 1952.

Leslie Williwitigoda, *Radar Principles*,
PLP, Curug, 1993.

Merril I. Skolnik, *Introduction to Radar
System*, McGraw-Hill Kagokusha
Ltd, Tokyo, 1980.

Thomson, *Signal Encoding and
Distribution Unit CD 800,
Operation Instruction and
Maintenance Manual*, Thomson-
CSF, Perancis, 1979.