

PRIMARY SURVEILLANCE RADAR (PSR)

Yoseph Rasiman¹, Yuni Ketty², Muchammad Muchaddats³,
Kurniawan⁴, Tia Dikatama Tsania.⁵

^{1,2}Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma;

^{3,4,5}National Air And Space Power Of Indonesia

¹rasiman@unsurya.ac.id; ^{3,4}Muchammadfurqon10@gmail.com;

⁵ikeo.santai@gmail.com.

Abstrak — Penelitian ini dilaksanakan bertujuan untuk mendeteksi pesawat terbang yang sedang mendekat dari jarak 40 mil (sekitar 64 km). Radar primer atau *Primary Surveillance Radar* (PSR) termasuk jenis radar aktif dengan respon pasif, dan merupakan radar konvensional yang memancarkan signal gelombang elektromagnetik terarah ke ruang udara dan menerima serta mengolah signal gelombang elektromagnetik yang dipantulkan (*echo signal*) dari sasaran (objek) yang umumnya bersifat logam. Radar primer tidak memerlukan peralatan tertentu pada sasaran (objek), berbeda dengan radar sekunder (SSR) yang memerlukan peralatan tertentu pada sasaran (objek) yang disebut transponder. Radar (PSR) ini menggunakan system antena yang berputar baik secara mekanik maupun elektronik untuk memindai (*scanning*) ruang udara dengan cakupan (*coverage*) 360 derajat (360°) azimuth. Radar ini dapat memberikan informasi jarak, azimuth, kecepatan, dan ketinggian (*elevasi*) sasaran (objek) baik yang bergerak maupun sasaran yang diam. Selain itu, radar primer memerlukan daya pancar yang kuat untuk dapat menjangkau sasaran (objek) yang jaraknya jauh (ratusan NM).

Kata Kunci: *Primary Surveillance Radar* (PSR), transponder, Objek, *radio detection and ranging*, Konvensional.

Abstrak — This research was conducted with the aim of detecting aircraft approaching from a distance of 40 miles (about 64 km). Primary radar or *Primary Surveillance Radar* (PSR) is a type of active radar with passive response, and is a conventional radar that transmits electromagnetic wave signals directed into the airspace and receives and processes electromagnetic wave signals reflected (*echo signals*) from targets (objects) which are generally metallic. Primary radar does not require specific equipment on the target (object), unlike secondary radar (SSR) which requires specific equipment on the target (object) called a transponder. This radar (PSR) uses a rotating antenna system both mechanically and electronically to scan the airspace with a coverage of 360 degrees (360°) azimuth. This radar can provide information on the distance, azimuth, speed, and altitude (*elevation*) of targets (objects) both moving and stationary targets. In addition, primary radar requires strong transmit power to be able to reach targets (objects) that are far away (hundreds of NM).

Keywords: *Primary Surveillance Radar* (PSR), transponder, Object, *radio detection and ranging*, Conventional.

1. PENDAHULUAN

Seorang ahli fisika Inggris bernama James Clerk Maxwell mengembangkan dasar-dasar teori gelombang elektromagnetik pada tahun 1865. Setahun kemudian,

seorang ahli fisika Jerman bernama Heinrich Rudolf Hertz berhasil membuktikan teori Maxwell dengan menemukan gelombang elektromagnetik itu sendiri. Deteksi keberadaan suatu benda (objek) dengan menggunakan gelombang elektro

magnetik pertama kali diterapkan oleh Christian Hülsmeyer pada tahun 1904. Proses deteksi ini dilakukan dengan menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mengetahui keberadaan suatu kapal pada cuaca yang berkabut tebal. Namun di kala itu, pendeteksian belum sampai pada kemampuan untuk mengetahui jarak kapal. Pada tahun 1921, Albert Wallace Hull menemukan tabung magnetron sebagai tabung penguat daya (Amplifier) pemancar (transmitter) yang efisien. Sehingga transmitter dapat ditempatkan pada kapal kayu atau pesawat terbang untuk pertama kalinya secara berturut-turut oleh A. H. Taylor dan L. C. Young pada tahun 1922 dan L. A. Hyland dari Laboratorium Riset Kelautan Amerika Serikat pada tahun 1930. Istilah radar pertama kali digunakan pada tahun 1941, menggantikan istilah RDF (Radio Direction Finding), tetapi radar itu sendiri sudah mulai dikembangkan sebelum Perang Dunia II oleh ilmuwan dari Amerika, Jerman, Prancis dan Inggris. Dari sekian banyak ilmuwan, yang berperan penting dalam pengembangan radar adalah Robert Watson-Watt asal Skotlandia, yang mulai melakukan penelitian mengenai cikal bakal radar pada tahun 1915. Pada tahun 1920-an, ia bergabung dengan *National Physical Laboratory radio section*. Watson-Watt menjadi salah seorang yang ditunjuk oleh Kementerian Udara dan Kementerian Produksi Pesawat Terbang untuk mengembangkan radar, kemudian menciptakan radar yang dapat mendeteksi pesawat terbang yang sedang mendekat dari jarak 40 mil (sekitar 64 km). Dua tahun kemudian, Inggris memiliki jaringan stasiun radar yang berfungsi untuk melindungi pantainya. Pada awalnya, radar memiliki kekurangan, yakni gelombang elektromagnetik yang dipancarkan bersifat kontinu (tidak putus-putus). Hal ini menyebabkan radar mampu mendeteksi kehadiran suatu benda (objek), tetapi tidak dengan lokasi yang tepat. Terobosan pun akhirnya terjadi pada tahun 1936 dengan pengembangan radar pulsa. Dengan

radar ini, sinyal yang dibangkitkan dengan pola putus-putus secara periodic memungkinkan dapat mengukur pergeseran (pergerakan) *echo signal* sehingga dapat diketahui kecepatan dan arah sasaran (objek) dengan tepat. Sementara itu, terobosan yang paling signifikan terjadi pada tahun 1939 dengan ditemukannya pemancar gelombang mikro berdaya tinggi. Keunggulan dari pemancar ini adalah ketepatannya dalam mendeteksi keberadaan sasaran (objek), tidak peduli dalam keadaan cuaca apapun. Keunggulan lainnya adalah bahwa gelombang ini dapat ditangkap menggunakan antena yang lebih kecil, sehingga radar dapat dipasang di pesawat terbang ataupun benda-benda lainnya. Hal ini yang pada akhirnya membuat Inggris menjadi lebih unggul dibandingkan negara-negara lainnya. Pada tahun berikutnya, sistem radar berkembang lebih pesat, baik dalam hal resolusi, maupun peningkatan kemampuan sistem radar itu sebagai pertahanan militer.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Prinsip Kerja. Prinsip kerja radar primer yang didasarkan pada pantulan signal gelombang elektromagnetik dari objek (*echo signal*). Gelombang yang dipantulkan oleh objek kemudian ditangkap oleh sistem antena yang berputar, dan diproses untuk menghasilkan data/informasi yang diperlukan, terlepas apakah objek (pesawat) tersebut memiliki transponder atau tidak. Hasil deteksi objek meliputi:

- Informasi jarak, yang diperoleh dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan oleh signal gelombang elektromagnetik selama perambatannya mulai dari sensor ke sasaran (objek) dan kembali lagi ke sensor.
- Informasi azimuth.
- Informasi ketinggian.
- Informasi kecepatan.

2.2. Deteksi Sasaran. Dengan kata lain radar dapat mendeteksi sasaran (objek) baik

diam maupun bergerak dengan menghitung berapa kali "hit" signal GEM itu mengenai sasaran (objek) dan kembali ke sumber, menggunakan antena yang berputar secara horizontal atau vertikal.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Berdasarkan bentuk gelombang (*waveform*).

- Radar *Continuous wave*/CW. Radar CW merupakan radar yang menggunakan transmitter dan antena penerima (receive antenna) secara terpisah, di mana radar ini terus menerus memancarkan gelombang elektromagnetik. Radar CW yang tidak termodulasi dapat mengukur kecepatan objek melalui posisi sudut objek. Radar CW yang tidak termodulasi biasanya digunakan untuk mendeteksi kecepatan objek dan menjadi pemandu rudal (*missile guidance*).
- Radar Pulsa (Pulsed radar). Radar pulsa merupakan radar yang signal gelombang elektromagnetiknya dipancarkan terputus-putus secara periodik. Dimana *Pulse repetition frequency* (PRF) dengan frekuensi carrier umumnya berada pada Rentang Frekuensi:
 - 5 MHz-130 GHz: untuk radar modern.
 - 300MHz - 30GHz: untuk radar pencitraan.
 - 2-4GHz (S-band): untuk radar pengawasan jarak jauh dan akurasi tinggi.
 - 8-12GHz (X-band): untuk radar dengan resolusi tinggi. misalnya untuk deteksi target kecil.
 - 24-26GHz: Frekuensi yang umum digunakan dalam radar otomotif.
 - 5550-5650 MHz: Frekuensi yang digunakan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) untuk radar cuaca.
 - 60GHz: untuk aplikasi seperti deteksi keberadaan anak dan deteksi jatuh.
 - 80GHz: Digunakan pada sistem pengukuran level radar yang presisi.

3.2. Berdasarkan jumlah antena

- Radar monostatis: adalah jenis radar

yang hanya memiliki satu antena yang digunakan baik untuk memancarkan maupun menerima sinyal. Radar ini memiliki bagian yang disebut *duplexer* yang berfungsi sebagai pemisah jalannya signal dari pemancar menuju antena atau dari antena ke penerima. Radar monostatic dapat menggunakan gelombang pulsa atau dapat juga menggunakan CW. Untuk desain radar monostatic CW menggunakan alat yang disebut *circulator* untuk memisahkan antara gelombang yang dipancarkan dan yang diterima. Radar jenis ini mendominasi jenis-jenis radar yang ada saat ini.

- Radar bistatis/multistatis: merupakan jenis sistem radar yang komponennya terdiri dari pemancar (transmitter) dan satu atau lebih penerima, di mana kedua komponen tersebut terpisah, atau dipisahkan oleh suatu jarak tertentu yang dapat dibandingkan dengan jarak objek-objek. Objek dapat dideteksi berdasarkan sinyal yang dipantulkan oleh objek tersebut ke antena.

3.3. Berdasarkan pemancarnya

Radar Bi/Multistatic dapat dibagi lebih lanjut menjadi dua macam yaitu:

- Radar bi-static kooperatif, yaitu radar bi-static yang pemancarnya terintegrasi dengan unit radarnya, Contoh dari radar ini cukup banyak, di antaranya adalah radar OTH (*over the horizon*) seperti Jindalee dan radar Struna-1MU buatan Rusia.
- Radar bi-static non-kooperatif, yaitu radar bi-static yang pemancarnya tidak terintegrasi atau terpisah dengan unit radarnya, misalnya adalah *silent sentry* buatan Lockheed martin yang pemancarnya terpisah seperti system Stasiun Televisi atau Radio.
- *Over the horizon radar* (OTH), *Over-the-horizon radar*, atau OTH (kadang-kadang juga disebut *beyond the horizon*, atau BTH), adalah jenis radar dengan kemampuan untuk mendeteksi objek pada jarak yang sangat jauh, biasanya sampai ribuan kilometer.

3.4. Komponen Utama Sistem radar

Ada tiga komponen utama di dalam sistem radar, yaitu antena, pemancar dan penerima.

- Antena, Antena radar merupakan suatu antena dipole (dwi kutub) yang terletak pada titik fokus reflektor yang berbentuk parabola yang menyebarkan daya atau energi elektromagnetik dari pemancar ke titik fokus kemudian mengenai permukaan reflector diteruskan ke ruang udara, atau dalam proses penerimaan, echo signal dari objek mengenai reflector diteruskan ke titik focus menuju ke system penerima. Dalam perkembangan teknologi antena, terdapat jenis Phase array antena yang merupakan kumpulan beberapa elemen antenna di mana phase relatif sinyal masing-masing elemen antena bervariasi sedemikian rupa sehingga pola radiasi efektif array menghasilkan jumlah daya maksimum dalam arah tertentu yang diinginkan dan jumlah daya minimum dalam arah lain yang tidak diinginkan.
- Pemancar (*Transmitter*), Sistem pemancar radar berfungsi untuk memancarkan signal gelombang elektromagnetik dengan frekuensi carrier yang tinggi melalui antena. Pada umumnya, transmitter memiliki frekuensi yang tinggi, dan daya yang cukup besar, untuk dapat menjangkau sasaran (objek) yang jauh.
- Penerima (*Receiver*). Sistem penerima radar berfungsi sebagai penerima pantulan signal (*echo signal*) gelombang elektromagnetik dari objek yang tertangkap oleh radar melalui reflektor antena dan diteruskan ke titik focus antena. Pada umumnya, receiver radar sangat sensitive sehingga dapat menerima sinyal-sinyal dengan level yang kecil (μVolt), kemudian memperkuat sinyalnya dan diteruskan ke pemroses data untuk dapat menampilkan informasi objek pada layar monitor. Selain tiga komponen di atas, pada suatu sistem radar juga memiliki beberapa komponen pendukung, yaitu:

- Pemandu gelombang (*wave guide*), yang berfungsi sebagai penghubung (*feeder*) antara transmitter ke antena, atau antena ke receiver.
- Duplexer, yang berfungsi sebagai "switching unit" untuk jalannya signal, kapan signal harus mengalir dari transmitter ke antenna, atau kapan signal harus mengalir dari antenna ke receiver.
- Perangkat lunak (*software*), merupakan bagian dari sistem radar yang berfungsi mengontrol kerja seluruh perangkat sistem radar ketika melakukan fungsinya masing-masing.

3.5. Aplikasi radar

Beberapa kegunaan aplikasi dari radar yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan pesawat terbang berdasarkan jenis radarnya sesuai kebutuhan:

- Radar Cuaca (*weather radar*).
 - *Weather radar*, merupakan jenis radar yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi intensitas curah hujan dan cuaca (baik atau buruk), misalnya, ketika cuaca cerah atau badai.
 - *Wind profiler radar*, merupakan jenis radar cuaca yang berguna untuk mendeteksi kecepatan dan arah angin dengan menggunakan gelombang suara (Sodar).
- Radar Militer
 - *Early warning (AEW) radar*, merupakan sistem radar yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan pesawat terbang tertentu. Sistem radar ini biasanya dimanfaatkan untuk pertahanan atau pemandu penyerangan udara (*air defence radar*) dalam dunia militer. Radar jenis ini dapat dipasang di darat, atau juga di pesawat udara.
 - Radar pemandu peluru kendali (*guided missile radar*), merupakan radar yang biasa digunakan untuk memandu missile guna mencapai sasaran/objek dalam proses penembakan. Radar ini dapat dipasang di darat (*ground to air missile*) atau di

pesawat terbang (*air to air missile*).

- Radar altimeter (RA). RA merupakan sebuah alat ukur ketinggian yang dipasang di pesawat atau pesawat ruang angkasa.
- Radar astronomi. Radar astronomi adalah radar untuk mengamati benda-benda astronomi dengan merefleksikan objek dan menganalisis refleksi. Radar astronomi berbeda dengan astronomi radio. Sistem radar ini telah digunakan untuk berbagai studi tata surya. Transmisi sinyalnya dapat berbentuk pulsa atau kontinu. Radar ini juga digunakan untuk mempelajari ukuran asteroid, bentuk, rotasi, fitur permukaan dan untuk meningkatkan perhitungan orbit asteroid. Pengukuran jarak dan kecepatan asteroid menggunakan radar jenis ini memungkinkan perhitungan orbit asteroid jauh ke masa depan.
- Lidar. Lidar (*Light Detection and Ranging*) adalah sebuah sensor jarak jauh menggunakan sifat cahaya yang tersebar untuk menemukan jarak dan informasi suatu objek dari objek yang dituju. Metode untuk menentukan jarak suatu objek dengan menggunakan pulsa laser. Seperti teknologi radar, jarak objek ditentukan dengan mengukur selang waktu antara transmisi pulsa dan deteksi sinyal yang dipancarkan.

3.6. Regulation

International Telecommunication Union (ITU)

The ITU Radio Regulations (RR) is a basic document of the International Telecommunication Union (ITU) that regulates on law of nations scale radiocommunication services and the utilisation of radio frequencies. It is the supplementation to the ITU Constitution and Convention and in line with the ITU International Telecommunication Regulations (ITR). The ITU RR comprise and regulate the part of the allocated electromagnetic spectrum (also: radio frequency spectrum) from 9 kHz to 300 GHz. Volume 2 – Appendices, Volume 3 – Resolutions and Recommendations, Volume 4 – ITU-R Recommen

dations incorporated by reference Maps to be used in relation to Appendix 27.

3.7. Structure

The current approved version of the ITU Radio Regulations (addition 2012) is structured as follows:

Volume 1 – Articles

- *Chapter I – Terminology and technical characteristics:*
 - *Section I – General terms (article 1.1-1.15)*
 - *Section II – Specific terms related to frequency management (article 1.16-1.18)*
 - *Section III – Radiocommunication services (article 1.19- 1.60)*
 - *Section IV – Radio stations and systems (article 1.61-1.115)*
 - *Section V – Operational terms (article 1.116-1.136)*
 - *Section VI – Characteristics of Emissions and Radio Equipment (article 1.137-1.165)*
 - *Section VII – Frequency Sharing (article 1.166-1.176)*
 - *Section VIII – Technical terms relating to space (article 1.177-1.191)*
- *Chapter II – Frequencies*
- *Chapter III – Coordination, notification and recording of frequency assignments and Plan modifications*
- *Chapter IV – Interferences*
- *Chapter V – Administrative Provisions*
- *Chapter VI – Provisions for services and stations*
- *Chapter VII – Distress and safety communications*
- *Chapter VIII – Aeronautical services*
- *Chapter IX – Maritime services*
- *Chapter X – Provisions for entry into force of the Radio Definition*

3.8. The Radio Regulations define:

- *The allocation of different frequency bands to different radiocommunication services;*
- *The mandatory technical parameters to be observed by radio stations, especially transmitters;*
- *Procedures for the coordination (ensuring technical compatibility) and notifi*

cation (formal recording and protection in the master international frequency register) of frequency assignments made to radio stations by national governments;

- Other procedures and operational provisions.

3.9. Service types

Radio communication services (or radio communication services) are sub-divided into space-based radiocommunication, involving the use of one or more space stations or the use of one or more reflecting satellites or other objects in space; and terrestrial radiocommunication, which excludes space radiocommunication and radio astronomy. The ITU Radio Regulations sets out the definitions of some 40 radio services including such services as the fixed service, the mobile service, the land mobile service, the broadcasting service, the standard frequency and time signal service, various satellite services. Further sub-sets of some of these internationally defined services are often created at the national level. For example, within the land mobile service, a country may choose to define such services as paging, dispatch two-way radio service, cellular mobile telephone service, trunked mobile radio service, etc. Many of these definitions are based upon the nature of the service being provided rather than the international concept of a radiocommunication service. In other words, the term "service" can be used in these two different ways. No matter what definitions are adopted in a given country, with some specific exceptions which are allowed for in the ITU RRs, the use of the spectrum must fit in with the international definitions of radio services.

3.10. Update

- The drafting, revision and adoption of the Radio Regulations is the responsibility of the World Radio Communication Conferences (WRCs) of the ITU, meetings of which are typically held every three or four years. Recent WRCs

are:

- Geneva, 1995 (WRC-95)
 - Geneva, 1997 (WRC-97)
 - Istanbul, 2000 (WRC-2000)
 - Geneva, 2003 (WRC-03)
 - Geneva, 2007 (WRC-07)
 - Geneva, 2012 (WRC-12)
 - Geneva, 2015 (WRC-15)
 - Sharm el-Sheikh, 2019 (WRC-19)
- The most recent published version of the Radio Regulations, the "Edition of 2016" contains the complete texts of the Radio Regulations as adopted and revised by WRC-15, including all articles, appendices, resolutions, and a subset of the recommendations issued by ITU-R (previously known as the CCIR) (those "recommendations" which have a mandatory nature, as a result of being cited in the Radio Regulations). The "Edition of 2020", adopted and reviewed by the WRC-19, is scheduled for publication in October 2020.

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

4.1. Kesimpulan

- Radar merupakan proses teknis yang kompleks namun sangat penting dalam dunia modern dari sistem cuaca hingga pertahanan nasional, radar memainkan peran sebagai kunci dalam menjaga keselamatan, efisiensi, dan keamanan.
- Radar terus berkembangnya sesuai dengan perkembangan teknologi radar dan sistem pendukungnya, mampu mendukung dan membantu manusia dalam mendeteksi dan merespons keadaan yang semakin cepat dan akurat.
- Dalam bidang pelayaran, radar digunakan untuk mengatur jalur lalu lintas pergerakan kapal agar setiap kapal dapat melintas di jalurnya masing-masing dan tidak saling bertabrakan, sekalipun dalam cuaca yang kurang baik.
- Dalam bidang penerbangan (sipil/

militer), penggunaan radar terlihat pada pemakaian pemandu lalu lintas udara (ATC). ATC merupakan suatu sistem yang berfungsi mengatur lalu lintas udara, baik ketika *take-off*, *landing*, pesawat maupun dalam rute penerbangannya (*on-route*). Pemandu lalu lintas udara (ATC) juga bertugas memberikan layanan bantuan informasi bagi pilot tentang cuaca, situasi, dan kondisi bandara yang akan dituju.

4.2. Rekomendai

- Pengetahuan tentang pengoperasian radar sangat berguna, baik untuk profesional maupun masyarakat umum yang ingin memahami teknologi di balik layar dari banyak sistem penting yang kita gunakan setiap hari.
- Radar multiguna sehingga dapat digunakan untuk mendukung kegiatan yang dilaksanakan oleh beberapa instansi baik pemerintah, swasta, Polri juga TNI sangat membutuhkan radar yang dimanfaatkan untuk mendeteksi kecepatan pesawat, kapal serta kendaraan bermotor saat melaju di jalan. Radar ini biasanya berbentuk seperti pistol dan *micro digicam* radar.

5. REFERENCES

- [1] *Air Traffic Control Radar* Argos Press. diarsipkan dari versi asli pada 2009-09-18 diakses pada 2009-06-20.
- [2] Barrett, Dick, *All you ever wanted to know about British air defence radar The Radar Pages. (History and details of various British radar systems)* Buder, Telephone History: Radar History Diarsipkan 2015-10-22 di Wayback Machine. Privateline.com. (Anecdotal account of the carriage of the world's first high power cavity magnetron from Britain to the US during WW2.)
- [3] Burch, David F., *Radar For Mariners*, McGraw Hill, 2005, ISBN 978-0-07-139867-1.
- [4] Christian Wolff. *Radar Primer vs Radar Sekunder* Radartutorial.eu diakses tanggal 24 Desember 2015.
- [5] Christian Wolff. *Antena dengan Pola Kosekan Kuadrat* Radartutorial.eu diperoleh pada tanggal 24 Desember 2015.
- [6] Christian Wolff. *Antena Sinar Pensil*. Radartutorial.eu diperoleh pada tanggal 24 Desember 2015.
- [7] Colin Latham (January 1997). *Radar: A Wartime Miracle*. Sutton Pub Ltd. ISBN 978-0-7509-1643-1.
- [8] David Zimmerman (February 2001). *Britain's shield: radar and the defeat of the Luftwaffe*. Sutton Pub Ltd. ISBN 978-0-7509-1799-5.
- [9] Derek Howse (February 1993). *Radar at sea: the royal Navy in World War 2*. Naval Institute Press. ISBN 978-1-55750-704-4.
- [10] David Pritchard (August 1989). *The radar war: Germany's pioneering achievement 1904-45*. Harpercollins. ISBN 978-1-85260-246-8.
- [11] Ekco Radar WW2 *Shadow Factory* Diarsipkan 2005-12-12 di Wayback Machine. *The secret development of British radar*.
- [12] ES310 *Introduction to Naval Weapons Engineering*. fundamentals section).
- [13] E. G. Bowen (1998-01-01). *Radar Days*. Taylor & Francis. ISBN 978-0-7503-0586-0.
- [14] François Le Chevalier (2002). *Principles of radar and sonar signal processing*. Artech House Publishers. ISBN 978-1-58053-338-6.
- [15] George W. Stimson (1998). *Introduction to airborne radar*. SciTech Publishing. ISBN 978-1-891121-01-2.

- [16]Hollmann, Martin, *Radar Family Tree, Radar World*.
- [17]Ian Goult (2011). *Secret Location: A witness to the Birth of Radar and its Postwar Influence*. History Press. ISBN 978-0- 7524-5776-5.
- [18]Kaiser, Gerald, Chapter 10 in *A Friendly Guide to Wavelets*, Birkhauser, Boston, 1994.
- [19]Kouemou, Guy (Ed.): *Radar Technology*. InTech, 2010, ISBN 978-953-307-029-2, (*Radar Technology-Free Open Access Book | InTech Open*).
- [20]Louis Brown (1999). *A radar history of World War II: technical and military imperatives*. Taylor & Francis. ISBN 978-0-7503- 0659-1.
- [21]Merrill Ivan Skolnik (1980-12-01). *Introduction to radar systems*. ISBN 978-0-07-066572-9.
- [22]Merrill Ivan Skolnik (1990). *Radar handbook*. McGraw-Hill Professional. ISBN 978-0-07-057913-2.
- [23]Michael Bragg (2002-05-01). *RDF1: The Location of Aircraft by Radio Methods 1935-1945*. Twayne Publishers. ISBN 978-0- 9531544-0-1.
- [24]Penley, Bill, and Jonathan Penley, *Early Radar Historyan Introduction* 2002.
- [25]Pub 1310 *Radar Navigation and Maneuvering Board Manual, National Imagery and Mapping Agency, Bethesda, MD 2001 (US govt publication intended to be used primarily as a manual of instruction in navigation schools and by naval and merchant marine personnel)*
- [26]Peraturan Radio ITU, Bagian IV. Stasiun Radio dan Sistem–Pasal 1.101, definisi: radar primer.
- [27]Philbin,Tom.2005.100 Penciptaan Terbesar Sepanjang Masa. Batam: Kharisma Publishing.
- [28]Peter S. Hall (March 1991). *Radar*. Potomac Books Inc. ISBN 978-0-08-037711-7.
- [29]Radar Pengawasan Sekunder dalam Sistem ATC: Penjelasan tentang keuntungan dan implikasi bagi pengendalian dari pengenalan fasilitas SSR Teknik Pesawat Udara dan Teknologi Dirgantara diperoleh pada 2009-06-20.
- [30]Raemer,Harold R.1997. *Radar Systems Principles*.Florida:CRC Press LLC
- [31]Reg Batt (1991). *The radar army: winning the war of the airwaves*. ISBN 978-0-7090-4508-3.
- [32]Robert Buder (1996). *The invention that changed the world: how a small group of radar pioneers won the Second World War and launched a technological revolution*. ISBN 978-0-684-81021-8.
- [33]R. V. Jones (August 1998). *Most Secret War*. Wordsworth Editions Ltd. ISBN 978-1-85326-699-7.
- [34]Sistem Pengawasan Layanan Lalu Lintas Udara, Termasuk Penjelasan Radar Primer dan Sekunder www.Airwaysmuseum.com.pada 2009-06-20.
- [35]Skolnik,Merrill.1990.*Radar Handbook Second Edition*.United States: McGraw-Hill,Inc.
- [36]Swords, Seán S., *Technical History of the Beginnings of Radar, IEE History of Technology Series, Vol. 6, London: Peter Peregrinus*, 1986.
- [37]Telford, W. M.; Geldart, L. P.; Sheriff, R. E. *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press. hlm. 62 135.ISBN 9781139167932.

- [38] Wickens, Christopher D. 1998. *The Future of Air Traffic Control: Human Operators and Automation*. Washington DC: National Academy Press EY6016.
- [39] Younghusband, Eileen., *Not an Ordinary Life. How Changing Times Brought Historical Events into my Life*, Cardiff Centre for Lifelong Learning, Cardiff, 2009., ISBN 978-0-9561156-9-0 (Pages 36–67 contain the experiences of a WAAF radar plotter in WWII.)
- [40] Younghusband, Eileen., *One Woman's War*. Cardiff. Candy Jar Books. 2011. ISBN 978-0-9566826-2-8