

KENDALI SAKELAR EMPAT ANTENNA BERSUSUN UNTUK PENJEJAKAN INTERFERENCE FREKUENSI TTC SATELIT LAPAN (SWITCH CONTROL SYSTEM FOR FOUR ARRAY ANTENNA FOR TRACKING OF LAPAN'S SATELLITE TTC INTERFERENCE FREQUENCY)

Arif Hidayat^{1*}, Wahyudi Hasbi^{}, Elyas Palantel^{***}, Syafruddin Syarif^{***}**

^{*)} Stasiun Bumi Penginderaan Jauh LAPAN Parepare

Jl. Jend. A. Yani km 06 Parepare Sulawesi Selatan 91112, Indonesia

^{**}) Pusat Teknologi Satelit

Jl. Raya Rancabungur No.42, Rancabungur, Bogor, Jawa Barat

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

^{***}) Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar

Jl. Poros Malino, Borongloe, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92119, Indonesia

e-mail :arif.hidayat81@gmail.com

Diterima 30 November 2017; Direvisi 12 Desember 2017; Disetujui 13 Desember 2017

ABSTRACT

Telemetry Tracking and Command (TTC) of LAPAN's satellite use UHF frequency. This frequency is susceptible to interference by an amateur radio transmitter. One method to look for an interference transmitter is Doppler Effect. To get the optimal value of the Doppler shift frequency, it is necessary to have stabilized antenna switch as controller of antenna array. The RF switches controlled by an Arduino board produced 500 Hz Doppler frequency. Other hardwares are Demodulator, clock Arduino Board, and Universal Serial Bus (USB) soundcard as the input for the searching software. The results can be shown using the open access sound Doppler. The system has been able to detect UHF transmitters and repeaters received by the device. For upgrade, the data processing system can be done using Matlab software to easier process and analysis.

Keywords: *satellite TTC, interference, control antenna, arduino board, array antenna*

ABSTRAK

Telemetry Tracking And Command (TTC) satelit LAPAN menggunakan frekuensi UHF. Frekuensi UHF rentan terhadap *interference*. Salah satu metode mencari pemancar *interference* menggunakan metode efek *Doppler*. Untuk mendapat nilai pergeseran frekuensi sesuai efek *Doppler* yang dibutuhkan, diperlukan sakelar antena yang stabil, yang berfungsi sebagai pengontrol antena *array*. Rangkaian sakelar RF di kontrol dengan *Arduino board* menghasilkan *Doppler* frekuensi 500 Hz. *Demodulator*, *clock Arduino Board* dan *Soundcard* sebagai *input software* pencari. Hasil *outputnya* dapat dilihat dengan menggunakan *software open akses sounDoppler*. Sistem ini mampu mendeteksi pemancar maupun *repeater* yang diterima oleh perangkat. *Upgrade* sistem dari penelitian ini adalah proses pengolahan data dapat dilakukan secara mandiri menggunakan *software* Matlab sehingga lebih mudah untuk diolah dan dianalisis.

Kata kunci: *satelit TTC, interference, kontrol antenna, arduino board, array antenna.*

1 PENDAHULUAN

Gangguan penerimaan data satelit meliputi gangguan *internal* dan *external*. Gangguan internal antara lain kerusakan perangkat, *pointing*, jaringan komputer (Hidayat, 2017). Gangguan lain eksternal meliputi *interference*, satelit mengalami kerusakan, data orbit *element* mengalami kerusakan (Hidayat, 2017).

Kondisi satelit dimonitor setiap saat. Perintah kendali dan monitor dikirimkan menggunakan *Telemetry Tracking And Command* (TTNC) (Najati, 2016). Satelit LAPAN A1 dan A2 menggunakan frekuensi TTNC pada frekuensi UHF 43x.x MHz (Judianto, 2014), (Judianto, 2010). Frekuensi *downlink* satelit menggunakan rentang frekuensi X *band* maupun UHF, semua *slot* frekuensi ini rentan terhadap *interference* (Hidayat, 2014).

Frekuensi radio amatir yang ada di pasaran Indonesia memiliki rentang frekuensi 400 sampai dengan 480 MHz (Alinco, 2016). Salah satu kendala adalah frekuensi tersebut rentan dengan *interference* dari radio amatir. Gangguan ini dapat menyebabkan komunikasi antara satelit dengan stasiun bumi terganggu (Hidayat, 2014).

Antena sakelar bersusun telah digunakan sebagai perangkat pencari sumber pemancar. Metode yang digunakan sebelumnya dengan

membandingkan daya terima dari masing masing antena (Habrak, 2016).

Peralatan *direction finder* dapat mengetahui arah pemancar *interference* (Jakpar, 2016). Untuk mendapatkan *clock* yang sesuai dengan kebutuhan efek *Doppler*, maka perlu diatur *delay* antena aktif (Jakpar, 2016).

Penelitian penggunaan komponen *board Arduino* dilakukan untuk mendapatkan *clock delay* yang sesuai dengan kebutuhan efek *Doppler* (Stieber, 2012). Stieber, 2012 menggunakan antena *monopole*. *Groundplane* antena pada penelitian Stieber hanya terdapat pada masing-masing antena tidak terintegrasi dengan seluruh antena. Pada penelitian ini akan dikembangkan *grounplane* yang terintegrasi ke seluruh antena dengan menggunakan pelat aluminium.

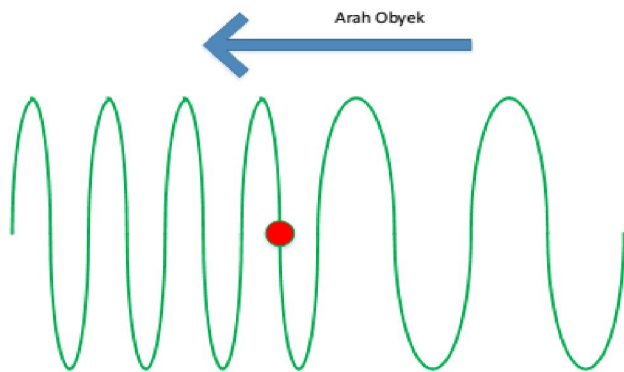
Penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap. Tahap pertama adalah *hardware* fisik antena. Tahap pertama penelitian sebelumnya oleh Elyas Palantei, 2017, sistem ini telah diuji kemampuan dalam hal kualitas antena yaitu koefisien refleksi, *vswr*, serta *gain* antena menggunakan *software* simulasi dan pengukuran menggunakan *network analyzer*. Pada tahap kedua dalam makalah ini akan diuji kesetabilan sistem apakah sesuai dengan penelitian stieber, 2012.

Pada penelitian ini akan diteliti efektifitas sakelar bersusun kestabilan

clock output board arduino, pengujian clock sistem saklar RF dan pengujian pada spektrum analyzer untuk mengamati apabila timbul noise. Pengujian lapangan kemampuan efek Doppler dalam mencari sumber pemancar. Dalam penelitian ini diusulkan sistem pemrosesan menggunakan matlab agar memudahkan ke pengolahan data lebih lanjut.

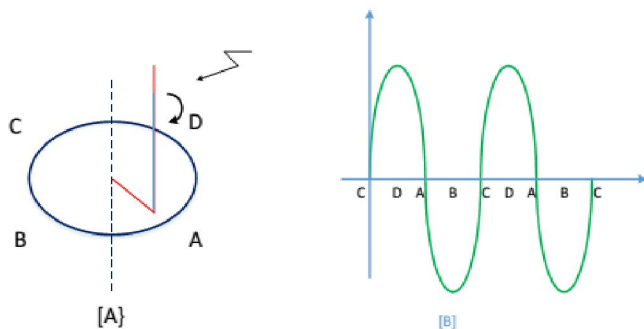
1.1 Pseudo Doppler

Pseudo Doppler adalah salah satu metode yang digunakan dalam teknologi pencarian sumber pemancar (Jamil, 2016). Metode ini berdasarkan prinsip Doppler shift dari tipe modulasi frekuensi (Stieber, 2012).



Gambar 1-1: Ilustrasi Efek Doppler (Jakpar, 2016)

Pengamatan yang dilakukan dengan pergerakan *object*, apabila *object* mendekati sumber frekuensi maka frekuensi yang didapat oleh penerima akan semakin tinggi. Sedangkan apabila *object* meninggalkan pemancar maka frekuensi akan menurun.



Gambar 1-2 : Posisi Antena Saat Efek Doppler (Jakpar, 2016)

Hubungan pergeseran frekuensi Doppler dengan putaran antenna dapat dilihat pada persamaan 1-1 (stieber, 2012).:

$$dF = \frac{\omega r f_c}{C} \quad (1-1)$$

$$= \frac{2\pi * f_r * r * f_c}{C} \quad (1-2)$$

Keterangan:

dF = puncak perubahan frekuensi (Doppler shift dalam Hertz),

ω =kecepatan angular putaran dalam radian per secon,

$\omega = 2\pi f_c$,

f_c =frekuensi sinyal transmit (Hertz),

f_r =frekuensi rotasi,

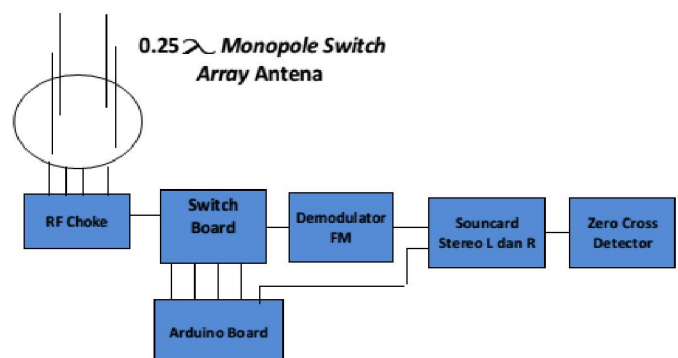
C =kecepatan cahaya,

r =radius putaran antenna (meter).

2 DESAIN DAN PABRIKASI

2.1 Antena Switch Array

Antena bersusun atau *array*, adalah salah satu perangkat yang akan digunakan dalam perangkat pencari sumber pemancar (Hidayat, 2017). Desain blok diagram yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 2-1.



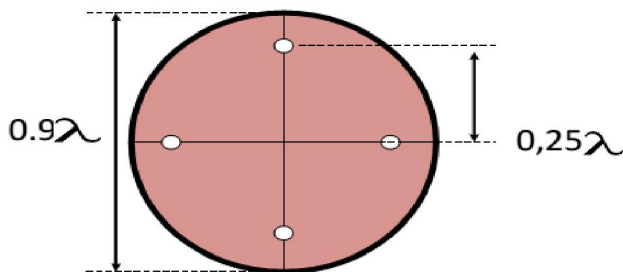
Gambar 2-1: Blok Diagram Sistem (Hidayat, 2017)

Antena *switched array* memiliki keunggulan karena dapat diubah *beamnya* sesuai dengan kebutuhan (Hidayat, 2017). Antena ini terdiri dari *groundplane* berupa lingkaran alumunium yang terkoneksi dengan *grounding* berfungsi sebagai *reflector* dan elemen antena yang terbuat dari batang pipa alumunium berdiameter 5 mm dengan lebar rongga 3 mm.

Frekuensi yang akan digunakan dalam pengujian ini adalah 430 MHz. Pilihan frekuensi yang digunakan karena mendekati dengan frekuensi asli TTNC. Panjang elemen antenna (l) dapat dilihat pada persamaan 2-1. (Palantei, 2017)

$$l = 0.25\lambda \quad (2-1)$$

Nilai pada persamaan 2-1 di atas sudah diukur menggunakan *network analyzer*. Selanjutnya sesuai dengan (Palantei, 2017) dimensi *groundplane* adalah seperti pada Gambar 2-2.

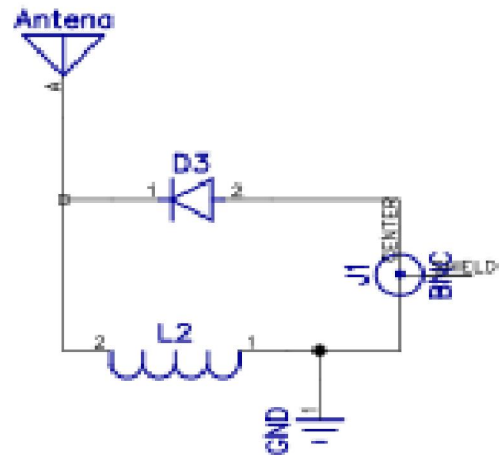


Gambar 2-2 :Posisi elemen antenna dan diameter *groundplane* (Palantei, 2017)

Di bawah antenna dipasang plat *groundplane* terbuat dari alumunium yang diintegrasikan dengan *grounding* alat maupun *ground system* (Palantei, 2012). Fungsi dari *groundplane* adalah mengurangi penerimaan antenna dari gelombang pantul. Dengan memasang *groundplane* maka diharapkan antenna *monopole* menerima sinyal langsung pemancar.

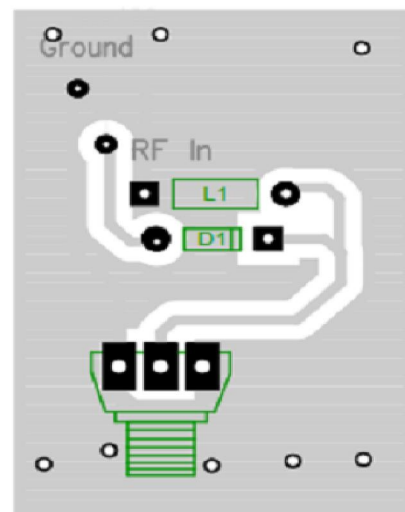
2.2 Desain Rangkaian Pengontrol Antena

Rangkain pengontrol antenna terdiri dari rangkaian RF *choke* dan rangkaian sakelar. Rangkaian RF *choke* berada di bawah elemen antenna.



Gambar 2-3: Rangkaian RF *Choke* (Arif, 2017)

RF *choke* diletakkan pada bagian bawah antenna *monopole*. Rangkaian ini berfungsi melepas membuang sinyal yang masuk ke antenna yang tidak aktif



Gambar 2-4: PCB layout untuk Rangkaian RF *choke* (Hidayat, 2017)

RF *choke* ini terdiri dari dioda dan Induktor. Tabel 2-1 Menunjukkan tipe dioda dan nilai induktansi induktor. Jumlah RF *choke* yang dibutuhkan adalah 4.

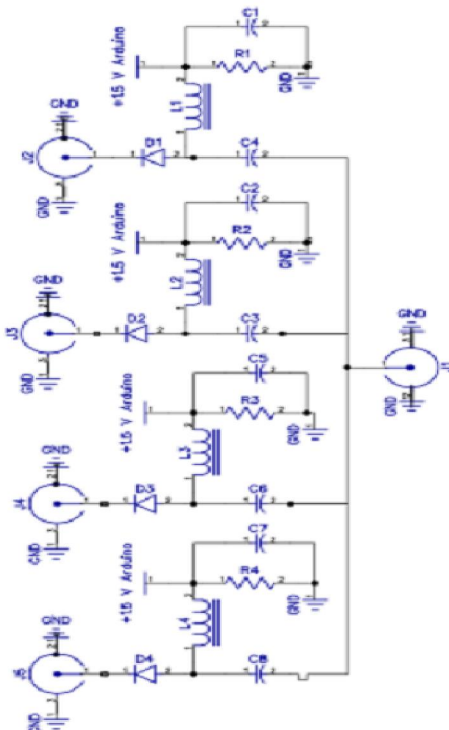
Tabel 2-1: KOMPONEN RF CHOKE (Hidayat, 2017)

No	Nama Komponen	Nilai atau Jenis
1	Induktor	0.56 μ H
2.	Dioda	1N4148

Pada saat tidak ada catuan maka dioda dalam keadaan *open* sehingga sinyal RF akan langsung diteruskan ke *ground* melalui induktor. Sedangkan pada saat ada catuan maka dioda aktif, rangkaian dalam keadaan *short* dan sinyal dapat diteruskan ke rangkaian RF sakelar.

2.4 Rangkain Pengontrol Antena

Rangkaian pengontrol antena berfungsi sebagai sakelar agar antena aktif bergantian. Saat antena tidak aktif maka antena tersebut terhubung dengan *ground* dan berfungsi sebagai reflektor. Rangkaian terdiri dari dioda, induktor, kapasitor dan resistor.



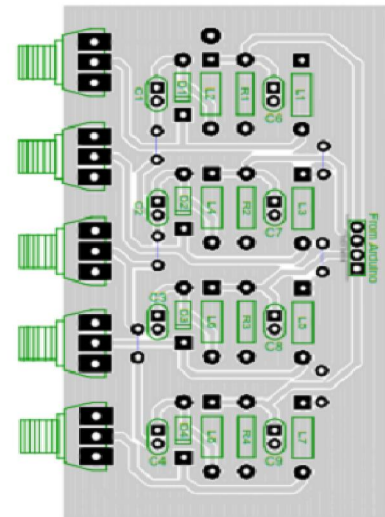
Gambar 2-5: Rangkaian Sakelar (Hidayat, 2017)

Rangkaian ini diperkenalkan oleh Mike Kossor pada tahun 1999. Blok diagram rangkaian ini dapat dilihat pada

Gambar 2-5. Beberapa rangkaian baru dibuat oleh (Stieber, 2012) maupun (Hrabal, 2016), namun sistem pada Gambar 2-5 memiliki kemampuan yang paling bagus dalam meredam resonansi gelombang (Hidayat, 2017).

Rangkaian sakelar RF terdiri dari resistor, kapasitor, induktor dan dioda. Rangkaian pada Gambar 2-5 bekerja dengan mencatu dioda D1 dengan tegangan bias dari arduino. Fungsi C1 dan D1 memblok tegangan DC bias dari arduino agar tidak langsung terhubung pendek dengan *ground*. C4 memblok tegangan DC agar tidak masuk ke *output* melalui konektor BNC J1.

Tegangan dari arduino menyebabkan D1 dalam posisi terhubung sehingga sinyal RF pada frekuensi 430 MHz yang masuk melewati J2, D1, diteruskan ke C4 dan J1. Sedangkan pada saat catuan dari arduino *off* D1 dalam posisi tidak terhubung sehingga frekuensi 430 MHz tidak dapat melewati D1. Fungsi L1 dan C1 melewatkan sinyal RF yang tidak diinginkan ke *ground* sehingga tidak mengganggu sinyal utama.



Gambar 2-6: Rangkaian Switch Array Antena

Rangkaian ini terdiri dari empat *input* dan satu *output* letak *output* adalah pada konektor BNC nomor 3 dari atas. Daftar komponen dapat dilihat di Tabel 2-2.

Proses tersebut dilakukan secara berurut dan berulang sehingga antena

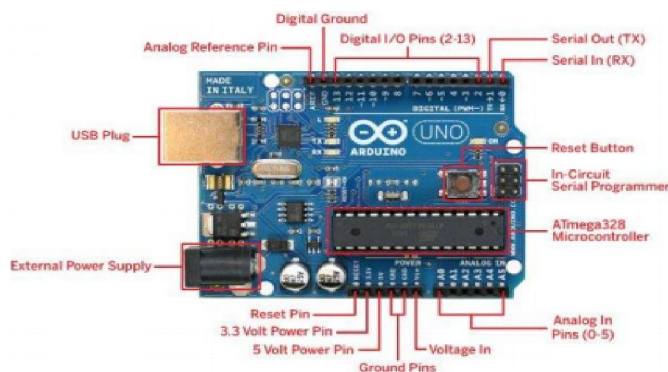
seakan-akan sedang dalam posisi berputar.

Tabel 2-2: DAFTAR KOMPONEN (Hidayat, 2017)

No.	Nama Komponen	Nilai
1	Induktor	0.56 μ H
2.	Diode	1N4148
3.	Capasitor	680 pF
4.	Resistor	1 k Ohm

2.3 Komponen Pengendali Arduino Board

Selain antenna *switch array monopole* dengan *groundplane*, pengembangan dalam sistem ini adalah menggunakan Arduino sebagai sistem kontrolnya. Arduino adalah sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)*.



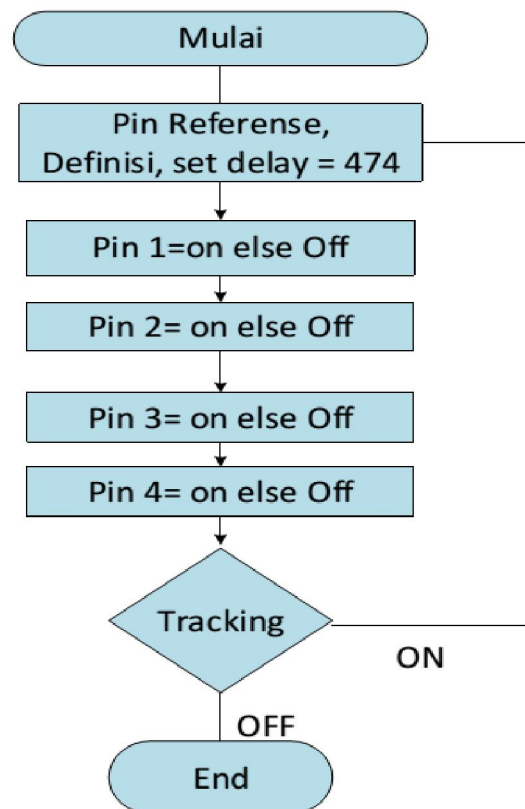
Gambar 2-7: Arduino *Layout* (Djuandi, 2011), (Kadir, 2013)

IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. (Feri Djuandi, 2011).

Tabel 2-3: TABEL *PORT* DAN KEGUNAAN

No	Port Arduino Digital	Fungsi
1	D9	Sinyal <i>clock</i>
2	D10	Port Antena 1
3	D11	Port Antena 2
4	D12	Port Antena 3
5.	D13	Port Antena 4

Untuk mendapatkan frekuensi *clock* sesuai dengan kebutuhan *Doppler shift*. Bagian yang digunakan adalah digital pin I/O dari 8 sampai dengan 13. *Port* 10 sampai dengan *port* 13 adalah *port* digital yang melakukan catuan *clock* dengan lama catuan 2 ms. Sedangkan *port* 9 berfungsi sebagai *clock* yang memberi penanda gelombang 1 kali putaran 360 derajat. Untuk dapat mencatu antenna dan perangkat sakelar *elektronik* diperlukan pemrograman di *board* arduino. Dalam penelitian ini menggunakan *script coding* dari Marcel Stieber pada tahun 2012. *Flow Chart* proses dapat dilihat pada Gambar 2-8.



Gambar 2-8: *Flow Chart* Proses Pengontrolan Antena Menggunakan *Board* Arduino

2.4 Demodulator dan Soundcard

Demodulator FM menggunakan Handy talky yang memiliki frekuensi kerja UHF. Fungsi *demodulator* ini merubah frekuensi UHF menjadi frekuensi suara dan memisahkan sinyal pembawa dengan suara aslinya. Suara tersebut kemudian di masukkan ke dalam *soundcard* berbasis *universal serial bus*

(USB) beserta dengan *clock* Arduino dari pin 9.



Gambar 2-9: Demodulator FM dan Soundcard

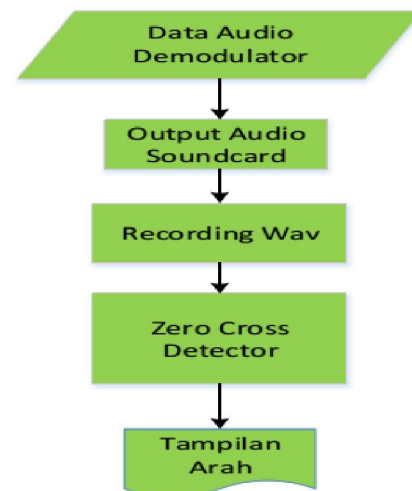
Soundcard USB menggunakan *soundcard* yang memiliki *input stereo*. *Output audio* dari Handy talky sebagai *input soundcard right* sedangkan *clock arduino* sebagai *input sinyal Left*. Hasil *output* di analisis menggunakan *software SounDoppler*. *Software* ini dibuat oleh Ludwik Baars, bersifat *opensource* sehingga bebas untuk diunduh tanpa menggunakan lisensi. *Software* ini dapat diunduh di alamat <http://www.pi4wag.nl/projecten/Doppler-peiler-radio-direction-finder>.

Software sound Doppler melakukan analisis audio berupa *zero cross detection* dalam satu putaran *clock*. Satu gelombang *clock* berarti satu putaran antenna 360 derajat, kemudian dicari *zero cross detector* sehingga didapat sudut pemancar.

2.5 Zero Cross Detector

Untuk mendapatkan arah pemancar diperlukan *zero cross detector*. Fungsi *zero cross detector* adalah mengetahui perpotongan signal dengan sumbu nol sehingga didapatkan arah pemancar. Untuk mendapatkan *zero cross detector*, algoritma yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2-10. *Output audio* berupa sinyal *stereo* dari *demodulator* direkam menggunakan *soundcard USB*. Data tersebut kemudian direkam dalam bentuk *file audio wav*. *File audio wav*

tersebut kemudian diolah menggunakan program sinyal *processing*. Untuk mengetahui *zero cross detector*. Satu gelombang penuh dapat kita deteksi menggunakan fungsi gelombang pada saat gelombang sama dengan nol. Pada sumbu y.



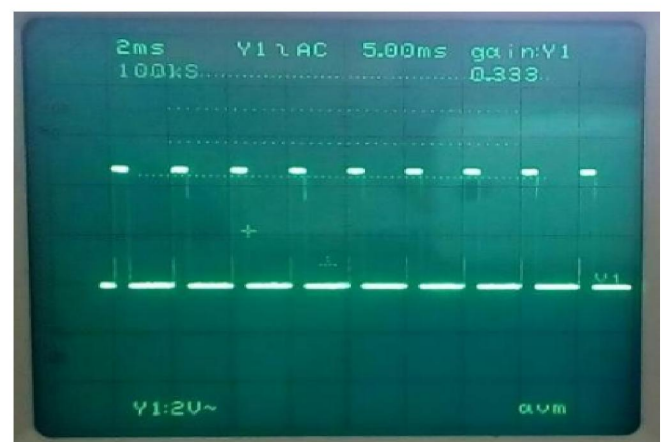
Gambar 2-10: Proses zero cross detector

3 HASIL DESAIN DAN PEMBAHASAN

Agar sistem ini dapat dinyatakan berhasil maka dilakukan pengukuran sistem dengan proses uji lapangan.

3.1 Pengukuran Output Arduino

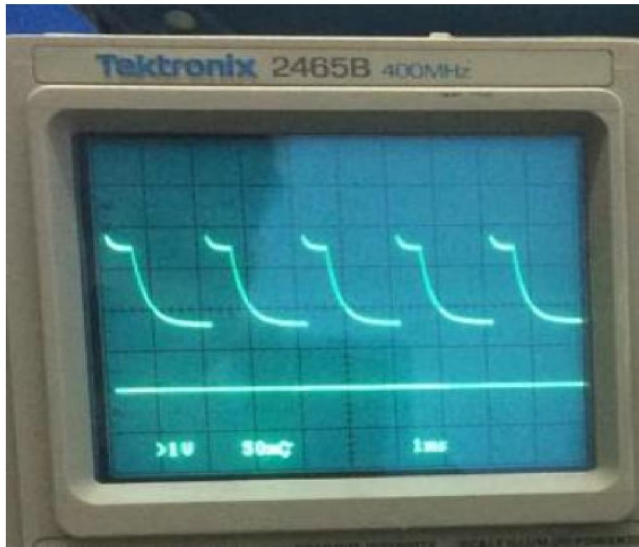
Untuk mengetahui performa *board* sebagai *clock* pengontrol, dilakukan pengukuran menggunakan osiloskop. Dari hasil pengukuran didapatkan *clock* 1 ms dan pergantian 1 ms dengan tegangan 4 volt. Tegangan catuan stabil berbentuk persegi, tanpa ada *distorsi*.



Gambar 3-1: Clock Arduino

3.2 Pengukuran Output Sakelar RF

RF *swich* bertugas melakukan mengaktifkan antenna secara bergantian. Dari hasil pengukuran didapatkan antenna aktif bergantian selama 2 ms.

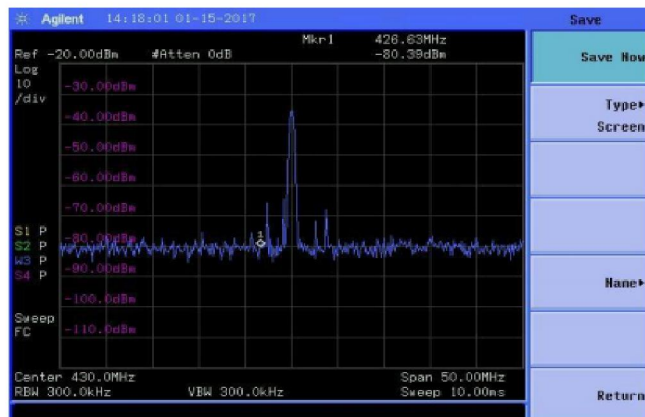


Gambar 3-2: Pengukuran sakelar antenna *output*

Dari Gambar 3-2 terlihat pengukuran antenna memiliki *delay* sebesar 2 ms dalam satu *clock*.

3.3 Spektrum Frekuensi Penerima

Untuk mengetahui apakah perangkat ini menimbulkan *noise* tambahan perlu dilakukan pengukuran menggunakan spektrum *analyzer*. Pengukuran frekuensi dilakukan agar bisa diketahui apakah sistem mendapatkan *noise* tambahan dari perangkat.



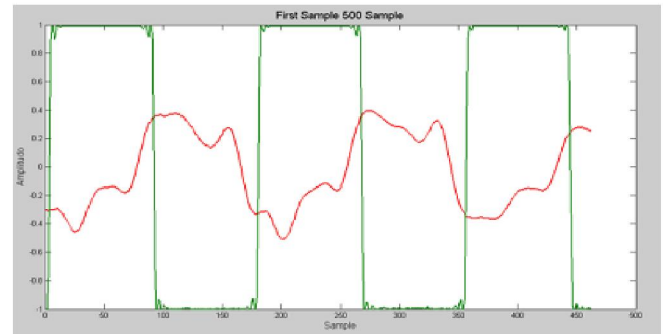
Gambar 3-3: Hasil pengukuran spektrum frekuensi

Pengukuran dilakukan pada frekuensi 428 MHz. Dari hasil pengukuran

tidak terdapat *noise* tambahan. Sinyal asli dapat diterima dengan baik tanpa terganggu oleh *noise*.

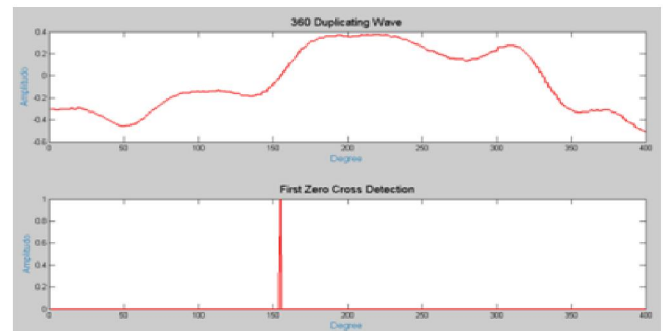
3.4 Hasil Output Signal Wav

Sinyal audio dari *output* HT *demodulator* direkam dalam bentuk *wav*. Sinyal *wav* hasil perekaman dapat dibaca menggunakan aplikasi matlab untuk mencari *zero cross detector*. Hasil *output signal wav* dapat dilihat pada Gambar 3-4.



Gambar 3-4: Hasil rekaman *audio stereo*

Gambar 3-4 memperlihatkan hasil rekaman *audio*, hasil sinyal terdiri dari 2 bagian yaitu berwarna merah adalah sinyal *audio* asli sedangkan sinyal warna hijau adalah sinyal berasal dari *clock*. Setiap satu putaran 360 derajat dapat dilihat dari sinyal *clock* berwarna hijau.



Gambar 3-5: Hasil *zero cross detector* menggunakan matlab

Zero cross detector melakukan deteksi apabila gelombang melewati sumbu nol. menggunakan *software* matlab sehingga dapat dikembangkan sendiri.

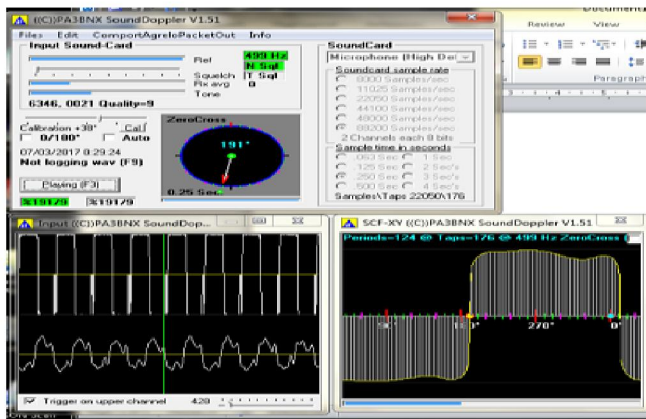
3.5 Pengujian Sistem di Lapangan

Uji lapangan dilakukan dengan mencoba perangkat dengan kondisi sebenarnya. Dalam *test* ini dilakukan

menggunakan pemancar dengan daya 3 watt dengan antena *dipole outdoor*. Sebelum dilakukan uji hal pertama yang dilakukan adalah melakukan kalibrasi *software soundDoppler* dengan arah pemancar sebagai kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan mencocokkan arah dengan pemancar yang berjarak 50 meter.



Gambar 3-6: Uji di lapangan



Gambar 3-7: Software sounddoppler (Baars, 2016)

Gambar 3-7 pengujian menggunakan *software opensource soundDoppler*. *Software* ini dapat melihat proses pendeteksian arah namun *software* ini tidak dapat diubah lagi *output*-nya. Untuk mengetahui kemampuan sistem

direction finder dalam mendeteksi arah pemancar dilakukan percobaan untuk mendeteksi arah pada jarak 500 Meter *near line of sight* ke semua arah.

Tabel 3-1: PENGUJIAN ARAH PADA JARAK 500 METER *NEAR LINE OF SIGHT* (Palantei, 2017)

Arah Posisi Pemancar	Arah Pemancar Sesungguhnya	Arah Direction finde
Utara	38.2	44.5
Timur	98.4	107.9
Selatan	201.8	185.2
Barat	265.1	274.2

Hasil pengujian pada Tabel 3-1 adalah hasil pengukuran dilakukan pada bulan Februari 2017, saat dibuat *prototipe* awal dapat menunjukkan arah sesuai dengan arah pemancar. Untuk mendapatkan data ketelitian sudut dilakukan pengujian ulang, pada satu arah dengan melihat arah sesungguhnya di *google earth* dengan arah pada perangkat.

Tabel 3-2: PENGUJIAN AKURASI SAMPAI JARAK 700 METER

No	Jarak	Sudut	Sudut	Selisih Deviasi
1	100	137	140-132	8
2	200	140	147-133	11
3	300	147	152-135	15
4	400	152	157-145	15
5	500	156	165-144	16
6	600	161	170-152	21
7	700	165	172-145	25

Hasil pengujian menunjukkan deviasi sudut dari sudut sesungguhnya dengan sudut dari deteksi. Deviasi beragam dari 8 derajat sampai dengan 25 derajat. Dari analisis dan *troubleshoot* yang dilakukan hal ini disebabkan oleh proses penyambungan konektor dan kabel tidak sempurna sehingga arah yang ditunjukkan tidak presisi sesuai dengan arah pemancar. Kualitas konektor menggunakan konektor BNC yang memungkinkan terjadi kebocoran sinyal gelombang elektromagnet. Selain itu

posisi pemancar harus selalu *line of sight* dengan penerima menjadi kendala, karena posisi yang tidak *line of sight* dan gelombang yang diterima didapatkan dari gelombang pantul menyebabkan arah pencari berubah ubah. *Power output* dari pemancar *tester* yang hanya mampu memancarkan sampai maksimal 2 watt juga menjadi kendala karena daya yang diterima tidak maksimal. Namun demikian perangkat ini mampu untuk mendeteksi sinyal arah sinyal gelombang transmisi sesuai dengan Tabel 3-1.

4 KESIMPULAN

Hasil pengujian lab menunjukkan perangkat *board* arduino ini mampu bekerja dengan stabil mencatu antena secara bergantian dengan *delay* 5 ms. Hasil dari rangkaian RF *choke* memiliki sinyal sesuai dengan *clock* waktu yang dibutuhkan yaitu 5 ms. Dari hasil uji perangkat dan uji di lapangan perangkat kendali sakelar 4 antena dapat mendeteksi arah sinyal pemancar. Perangkat ini mampu mendeteksi gelombang radio pada frekuensi 433 MHz. Penelitian mengenai tingkat ketelitian deteksi pemancar dan pengaruh konektor terhadap sinyal yang diterima perlu dilakukan agar mendapatkan arah yang lebih presisi. Penggunaan komponen yang memiliki mutu terbaik agar kebocoran sinyal dapat dihindari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Sulistio Nugroho, admin beasiswa Pasca Sarjana Kemenristek Dikti, Bapak Sofian Nasution, kepala sub bidang pengembangan kepegawaian LAPAN.

DAFTAR RUJUKAN

Alaydrus M., 2011. *Antena Prinsip dan Aplikasi*. Graha Ilmu, Yogyakarta, ISBN 978-979-756-731-6.

Alinco, 2016. *DJ CRX Brochure*, ALINCO, INC. Electronics Division, www.alinco.com: diunduh 1 Februari 2017.

Baars, L., 2017. *Doppler peiler, Pseudo-Doppler Radio Direction Finder*. <http://www.pi4wag.nl/projecten/Doppler-peiler-radio-direction-finder> diunduh:2 Januari 2017.

Djuandi, F., 2011. *Pengenalan Arduino*. www.tokobuku.com <http://tokobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf> diunduh: 2 Januari 2017.

Hidayat, A., et al., 2017. *Metode Doppler Direction Menggunakan 6 Antenna Array Terswitch untuk Aplikasi Real Time Remote Monitoring Location Finder*. Tesis Sekolah Pasca Sarjana Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Makassar. Makassar. 85 hlm.

Hidayat, A., et al., 2014. *Analisis Carrier to Interference Transmisi Gelombang Mikrowave Link X Band dengan Downlink Satelit Penginderaan Jauh*. Paper presented at the Seminar Nasional Inderaja:LAPAN, Bogor, Indonesia.

Hidayat, A., et al., 2014. *Analisis Carrier to Interference Transmisi Gelombang Mikrowave Link X Band dengan Downlink Satelit Penginderaan Jauh*, Seminar Nasional Penginderaan Jauh (Sinan Inderaja 2014) Bogor, Pustekdata LAPAN.

Hidayat, A., et al., 2014. *Desain dan Implementasi Sistem Pakar Analisis Performansi Antena Seaspase Axyom 5.1 Berbasis Web*. Jurnal Teknologi Dirgantara, 12 (20), 154-162.

Hidayat, A., et al., 2017. *LEO Antenna Ground Station Analysis Using Fast Fourier Transform*, Paper presentend atThe 7 th International Anual engineering Seminar (IEEE: UGM), 1-2 Agustus, Yogyakarta, Indonesia.

Hrabal J., et al., 2016. *The Radio Direction Finding with Advantage of the Software Defined Radio*. Computer Information Systems and Industrial Management, Volume 9842, 2016 , 720.

Jakpar, M. J., et al., 2016. *Exploitation of Radio Direction Finder in the design of a UHF Transmitter Locator System*, Indian Journal of Science and Technology; Vol 9; 25.

Judianto, C.T., 2010. *Perancangan Operasi Satelit Lapan-Tubsat untuk Perolehan Data Seluruh Wilayah Indonesia*. Satelit Mikro

- Untuk Mitigasi Bencana Dan Ketahanan Pangan, IPB Pres, Juni 2010.
- Judianto, C.T., et al., 2014. *Analisis Potensi Gangguan Interference Microwave Link Terhadap Operasi Satelit LAPAN-A3 di Stasiun Bumi Rumpin*. Jurnal Teknologi Dirgantara Vol. 12 No. 1 Juni 2014:59-72.
- Kadir, A., 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Andi Publisher. Yogyakarta, ISBN 978-979-29-4017-6.
- Kossor, M., 1999. *A Doppler Radio-Direction Finder*, American Radio Relay League (ARRL) QST.
- Najati, N., et al., 2016. *Monopole-Like Meander Microstrip Antenna Onboard Microsatellite for Telecommand Applications*. The 22nd Asia-Pacific Conference on Communications (APCC2016), ISBN :978-1-5090-06676-2.
- Palantei, E., 2017. *Low-cost Switched Array-Wide Band Antenna for Search and Rescue Disaster Management*. IEEE, 3th, International Conference on Science and Technology- Computer (ICST), ISBN: 978-1-5386-1874-5, IEEE Catalog Number: CFP17WOF-ART.
- Palantei, E., 2012. *Switched Parasitic Smart Antenna : Design and Implementation for Wireless Communication Systems*, Thesis (PhD Doctorate), Griffith University, Brisbane. 200 hlm.
- Stieber, M.C.E., 2012. *Radio Direction Finding Network Receiver Design for Low-cost Public Service Applications* (Master dissertation, California Polytechnic State University, San Diego. 82 hlm.