

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan teknologi alat ukur sudut arah Ψ (*heading*) berbasis *Strapdown Inertial Navigation* menggunakan sensor *Ring Laser Gyro (RLG)* dan *Interferometer Fiber Optic Gyro (IFOG)* sangat pesat selama 15 tahun terakhir karena alat ini penting bagi dunia penerbangan. Kebutuhan akan alat ukur sudut arah (*heading*) tersebut bagi sistem navigasi pesawat udara berukuran kecil dan sedang dirasakan di Indonesia. Demikian pula bagi pengembangan kapal bersayap (*Wing In Surface Effect craft - WiSE craft*) milik Pusat Teknologi Industri dan Sistem Transportasi (PTIST), Kedeputan Teknologi Industri Rancang Bangun dan Rekayasa (TIRBR), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Sensor yang digunakan selama ini untuk pesawat udara kecil biasanya menggunakan *gyro* mekanikal konvensional dengan harga cukup mahal dan sulit diperoleh di dalam negeri. Alat ini biasanya diimpor dari luar negeri dan prosedurnya cukup sulit. Atas dasar hal tersebut di atas maka dianggap perlu pengembangan suatu sistem sensor alat ukur kecepatan sudut rotasi (Ω) berbasis optik dengan harga yang lebih murah, mempunyai ketelitian lebih tinggi dan mudah diperoleh di dalam negeri.

Sistem sensor *RLG* dan *IFOG* mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dengan ukuran lebih kecil dan kompak serta lebih ringan jika dibandingkan dengan sistem navigasi berbasis *gyro* mekanik konvensional [1,2]. Sistem konvensional mempunyai dimensi lebih besar, lebih berat dan tidak kompak. Komponen pada konfigurasi *free space gyro* seperti cermin lebih mudah diperoleh di pasaran dalam negeri. Prinsip kerja sensor optik *RLG* dan *IFOG* berdasarkan *setup* Interferometer *Sagnac* pasif di atas *platform* gerak rotasi konstan. Efek *Sagnac* merupakan fenomena gelombang elektromagnetik dan efek *Doppler* di mana terjadi pemisahan dan perbedaan lintasan 2 berkas cahaya monokromatik yang bergerak searah dan berlawanan arah putaran jarum jam pada *ring resonator* akibat pemisah berkas yang ikut bergerak rotasi di atas *platform*.

Penelitian melalui eksperimen Interferometer *Sagnac* pasif menggunakan konfigurasi cermin dan sumber *laser* gas He Ne berdaya 5 *mWatt* ini mengacu pada beberapa jurnal Internasional sebagai berikut

1. Penelitian tentang penggunaan *RLG* Aktif untuk menghasilkan kurva *lock in* dengan *beat frequency* sebesar 0.2299 *Hz* oleh Dr. James H. Sharp dalam jurnal *Laser Gyroscope* [8].
2. Penelitian tentang penggunaan *RLG* Aktif berukuran 1.2 m x 1.2 m untuk mengamati vibrasi yang terjadi pada gedung bertingkat tinggi di *Rutherford, New Zealand*. Frekuensi *Sagnac* diukur setiap hari dalam rentang 100 *Hz* sampai dengan 125 *Hz* oleh Nishanthan Rabeendran berjudul *A Study of Ring Laser Gyroscopes* dari University of Canterbury, New Zealand [16].
3. Penelitian tentang karakteristik *lock in* dari *RLG* Aktif untuk mengetahui *beat frequency* versus kecepatan sudut pola interferensi frinji. Alat ini digunakan sebagai sensor navigasi pesawat udara oleh Dr. Frederick Aronowitz di USA tentang *Fundamentals of the Ring Laser Gyro* [10].
4. Eksperimen 16 tentang *Laser Gyro* oleh Prof. Dr. Klaus Dickmann dari Lasezentrum FH Muenster University, Jerman. Penelitian ini mempelajari efek *Sagnac* dan *resonator* serta *modes* yang terjadi pada sumber *laser* melalui pengukuran *beat frequency* suatu *Ring Laser Gyro's* [3].
5. Penelitian tentang *Mode locked fiber laser gyroscope based on a distributed feedback semiconductor laser amplifier* pada Interferometer *Sagnac* oleh Kyung Hyun Park, Ho Sung Cho, dan Dong Hoon Jang dari Electronics and Telecommunications Research Institute, Taejon, Korea dan Bong Wan Lee and Byoung Yoon Kim dari Department of Physics, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Taejon, Korea [17].
6. Penelitian tentang *Dispersion compensation in atom interferometry by a Sagnac phase*, oleh Marion Jacquy, et al, Department of Physics, University of Arizona, USA, 2008 [19].

Pola interferensi frinji yang terjadi di layar terlihat bergerak translasi ke kiri atau ke kanan membentuk pola gelombang berdiri yang merapat dan merenggang

sesuai dengan arah dan besarnya kecepatan sudut rotasi *platform* (Ω). Hal ini dibuktikan secara teoretikal dan eksperimental.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah mengukur dan mempelajari kecepatan sudut rotasi *platform* (Ω) melalui *setup* Interferometer *Sagnac* pasif pada gerak translasi pola interferensi transversal di layar. Pemodelan matematika gelombang monokromatik dengan memasukkan data geometrikal (seperti perioda Λ) dari pola spasial hasil pengukuran untuk mengetahui pola interferensi transversal di layar.

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam Penelitian ini adalah

1. Uraian teori gelombang monokromatik pola interferensi transversal di layar pada *setup* Interferometer *Sagnac* gerak rotasi konstan satu derajat kebebasan.
2. *Setup* Interferometer *Sagnac* pasif dengan menggunakan media cermin datar, pemisah berkas, sumber *laser* gas He Ne dengan panjang gelombang (632.8 nm), kolimator dan layar.
3. Analisis data menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)* secara *Finite Impulse Response (FIR)* untuk menghitung *Power Spectral Density (PSD)* dan beda fasa absolut (ϕ) versus frekuensi fundamental (f).
4. Pengukuran *beat frequency* dan kurva *lock in* melalui tampilan histogram.

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi Penelitian dalam eksperimen Interferometer *Sagnac* pasif dengan gerak rotasi konstan pada satu derajat kebebasan adalah

1. *Setup* Interferometer *Sagnac* pasif konfigurasi cermin dan *setup* pola interferensi transversal frinji di layar.
2. Pengukuran kecepatan sudut pola interferensi frinji (Ω_L) pada berbagai kecepatan sudut rotasi *platform* (Ω).

3. Analisis data menggunakan algoritma *FFT* secara *FIR* terhadap data *image* pola frinji. Tampilan histogram terhadap data *video* pola interferensi frinji.
4. Analisis data melalui pemodelan teori gelombang monokromatik terhadap pola spasial frinji menggunakan data pengukuran perioda (Λ) frinji.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan tesis ini dibahas dan disusun secara sistematis menurut urutan sebagai berikut

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penulisan, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan. Pengembangan *hardware* dari sistem sensor dan analisis data menjadi perhatian dalam tesis ini.

BAB 2 TEORI GELOMBANG, INTERFERENSI DAN INTERFEROMETER

SAGNAC

Bab 2 menjelaskan teori gelombang dan proses terjadinya pola interferensi frinji di layar pada sistem Interferometer *Sagnac* pasif konfigurasi *free space gyro*. Penurunan persamaan matematika akibat gerak propagasi gelombang cahaya monokromatik konfigurasi *free space gyro* yang terjadi akibat gerak propagasi 2 gelombang berbeda lintasan dan berlawanan arah menghasilkan interferensi transversal di layar. Teori *Aronowitz* tentang kedudukan *setup* di atas *platform* gerak rotasi yang boleh berada di mana saja sehingga sumbu *Sagnac* tidak harus selalu berimpit dengan sumbu *platform* [10]. Teori tentang *beat frequency*, kecepatan grup, interferensi dan pola spasial 2 D dan 3 D. Pemodelan matematika teori gelombang harmonik monokromatik saat terjadinya interferensi transversal yang bergerak translasi di layar. Perumusan *PSD*, beda fasa absolut (φ) dan kurva *lock in*.

BAB 3 RANCANG BANGUN EKSPERIMEN SISTEM INTERFEROMETER

SAGNAC

Pada Bab 3 terdapat *flow chart* tentang metoda pengukuran dan analisis data *setup* eksperimen sistem Interferometer *Sagnac* pasif berada di atas *platform* gerak rotasi. Kecepatan sudut rotasi *platform* dalam eksperimen dibuat searah putaran jarum

jam dengan gerak satu derajat kebebasan. Perekaman data pola interferensi frinji di layar menggunakan sensor *web camera* pada jarak 10 cm dari layar. *Web cam* dihubungkan melalui kabel *USB* ke *video recording* yang ada di komputer. Pengukuran kecepatan sudut rotasi *platform* (Ω) menggunakan *tachometer* dengan sensor infra merah. *Setup* Interferometer *Sagnac* pasif lain seperti pengembangan sistem transmisi data *O Ring* dan Interferometer *Sagnac* pasif menggunakan prisma pengganti cermin diuraikan pada Bab 3. Sistem transmisi data menggunakan *wireless* perlu dikembangkan dikemudian hari.

BAB 4 ANALISIS DATA POLA INTERFERENSI FRINJI PADA SISTEM INTERFEROMETER SAGNAC

Bab 4 berisi analisis data pola interferensi frinji secara geometrikal pada pola spasial menggunakan model matematika teori gelombang harmonik monokromatik. Data analisis algoritma *FFT* secara *FIR* terhadap data *image* dan *video* pola interferensi transversal di layar. *Beat frequency* diperoleh dari pengukuran gerak translasi pola frinji rekaman *video* per sekuensial menggunakan tampilan histogram. Plot data beda fasa absolut (Φ) versus waktu (t) secara manual untuk melihat adanya interferensi akibat perbedaan lintasan berkas cahaya monokromatik. Plot data kurva *lock in* adalah untuk mengetahui karakteristik Interferometer *Sagnac* pasif.

BAB 5 KESIMPULAN

Pemodelan matematika interferensi transversal gerak translasi pola spasial frinji di layar saat *platform* bergerak rotasi dianalisa secara teoretikal dan eksperimental. Analisis data *image* dan *video* menggunakan algoritma *FFT* dan tampilan histogram terhadap pola interferensi frinji di layar menghasilkan *beat frequency*. Kecepatan sudut pola frinji kondisi *lock in* yang diperoleh masih berada di bawah hasil terbaik eksperimen luar negeri [3].

DAFTAR ACUAN

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR LAMPIRAN