

BAB 3

RANCANG BANGUN EKSPERIMEN SISTEM INTERFEROMETER SAGNAC

Interferometer *Sagnac* terbagi 2 yaitu Interferometer *Sagnac* aktif dan pasif. Apabila sumber *laser* berada di dalam *ring resonator* disebut Aktif dan jika sumber *laser* berada di luar *ring resonator* disebut pasif. Pada bab 3 ini dijelaskan rancang bangun eksperimen sistem Interferometer *Sagnac* pasif dan pengembangan dalam beberapa eksperimen. Sistem Interferometer *Sagnac* dipilih dari sistem interferometer lain karena pada pola interferensi frinji dihasilkan *beat frequency* yang selalu bergerak rotasi sesuai dengan putaran rotasi *platform*.

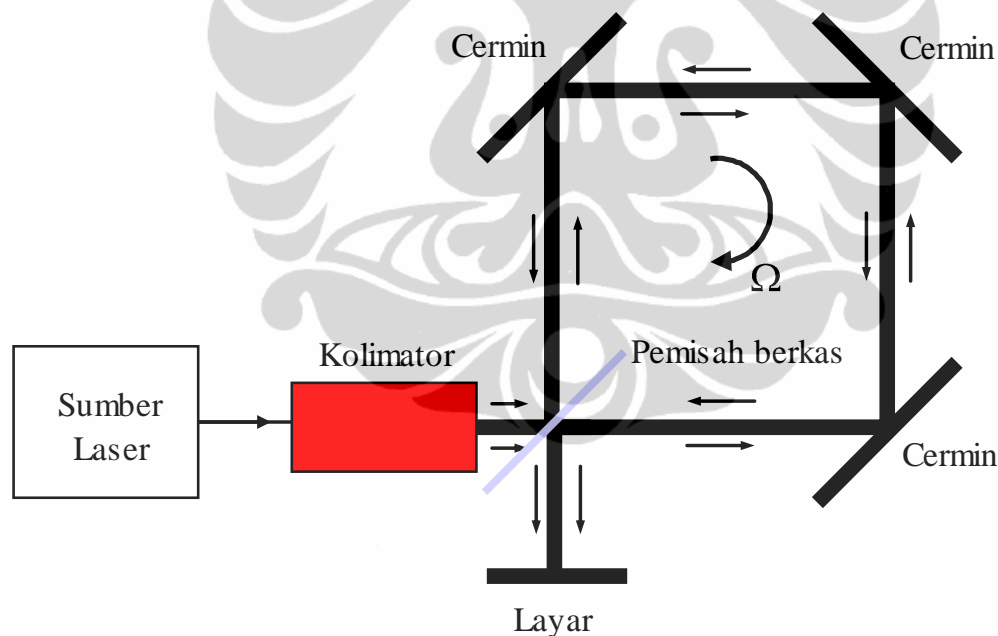
Fenomena interferensi pada *setup* Interferometer *Sagnac* pasif akibat superposisi dari satu berkas cahaya monokromatik yang dipisah oleh pemisah berkas menjadi 2 berkas gelombang cahaya monokromatik. Kedua berkas cahaya bergerak pada arah yang saling berlawanan dalam *ring resonator* yang umumnya berbentuk bujursangkar atau empat persegi panjang. Lintasan berkas cahaya pada *ring resonator* dimulai dari titik datang (*incidence*) berkas cahaya pertama secara kontiniu sebagai titik transmisi berkas cahaya kedua pada pemisah berkas. Kedua berkas kemudian ditransmisikan dan direfleksikan selang waktu (Δt) antara berkas satu dengan yang lain menuju layar. Titik refleksi berkas cahaya pertama pada pemisah berkas sebagai titik transmisi berkas cahaya kedua secara kontiniu dan seterusnya. Pemisah berkas berfungsi sebagai pembagi berkas cahaya monokromatik menjadi 2 berkas gelombang cahaya seimbang yang bergerak dengan arah sejajar dan berlawanan arah serta saling bersuperposisi sehingga ber-interferensi membentuk gelombang berdiri sebagai pola interferensi frinji di layar. Apabila *platform* bergerak rotasi maka timbul gerak translasi pola interferensi frinji ke arah kiri atau kanan di layar sesuai dengan arah dan besarnya kecepatan sudut rotasi *platform* (Ω).

Beberapa *setup* Inteferometer *Sagnac* pasif pada eksperimen ditampilkan seperti *ring resonator* berukuran 12 cm x 12 cm, sistem *O Ring* dan *setup* prisma.

3.1 Interferometer Sagnac pasif

Setup Interferometer Sagnac yang sederhana ini mempunyai 1 sumber *laser* gas He Ne daya 5 *mWatt* berada di luar *ring resonator* yang berukuran 12 cm x 12 cm, kolimator, 3 cermin datar, pemisah berkas dan layar. *Ring resonator* berbentuk bujursangkar ditempatkan di atas *platform* yang bergerak rotasi dengan putaran rotasi konstan arah ke kanan seperti Gambar 3.1.

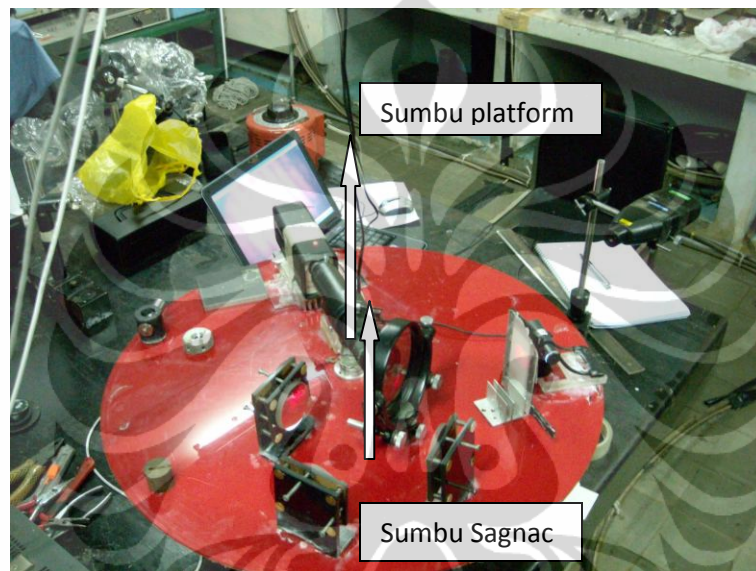
Pada mulanya *platform* dalam keadaan diam dan kemudian bergerak rotasi perlahan mencapai kecepatan sudut rotasi (Ω) *platform* konstan pertama, kedua, ke tiga dan seterusnya pada selang waktu (Δt) tertentu. Perambatan berkas gelombang pada titik masuk atau keluar pada pemisah berkas mengalami lintasan yang lebih pendek pada arah (+) (*cw*) dibanding berkas gelombang yang lain pada arah (-) (*ccw*) sehingga terjadi perbedaan fasa absolut (ϕ).



Gambar 3.1 Interferometer Sagnac pasif di atas *platform* gerak rotasi dengan *ring resonator* berbentuk bujursangkar.

Interferensi longitudinal terjadi di lengan-lengan cermin datar dan interferensi transversal di layar pada *setup* Interferometer Sagnac akibat adanya efek gelombang

elektromagnetik dan *Doppler*. Berkas cahaya monokromatik saling bersuperposisi dengan intensitas seimbang dan beda fasa absolut (ϕ) yang bervariasi dari titik ke titik membentuk pola interferensi frinji berwarna merah-hitam (terang-gelap) di layar. Menurut prinsip *Aronowitz* maka sumbu rotasi tidak harus berimpit dengan sumbu *Sagnac* tetapi boleh berada di mana saja pada *platform* [10] seperti terlihat pada Gambar 3.2.

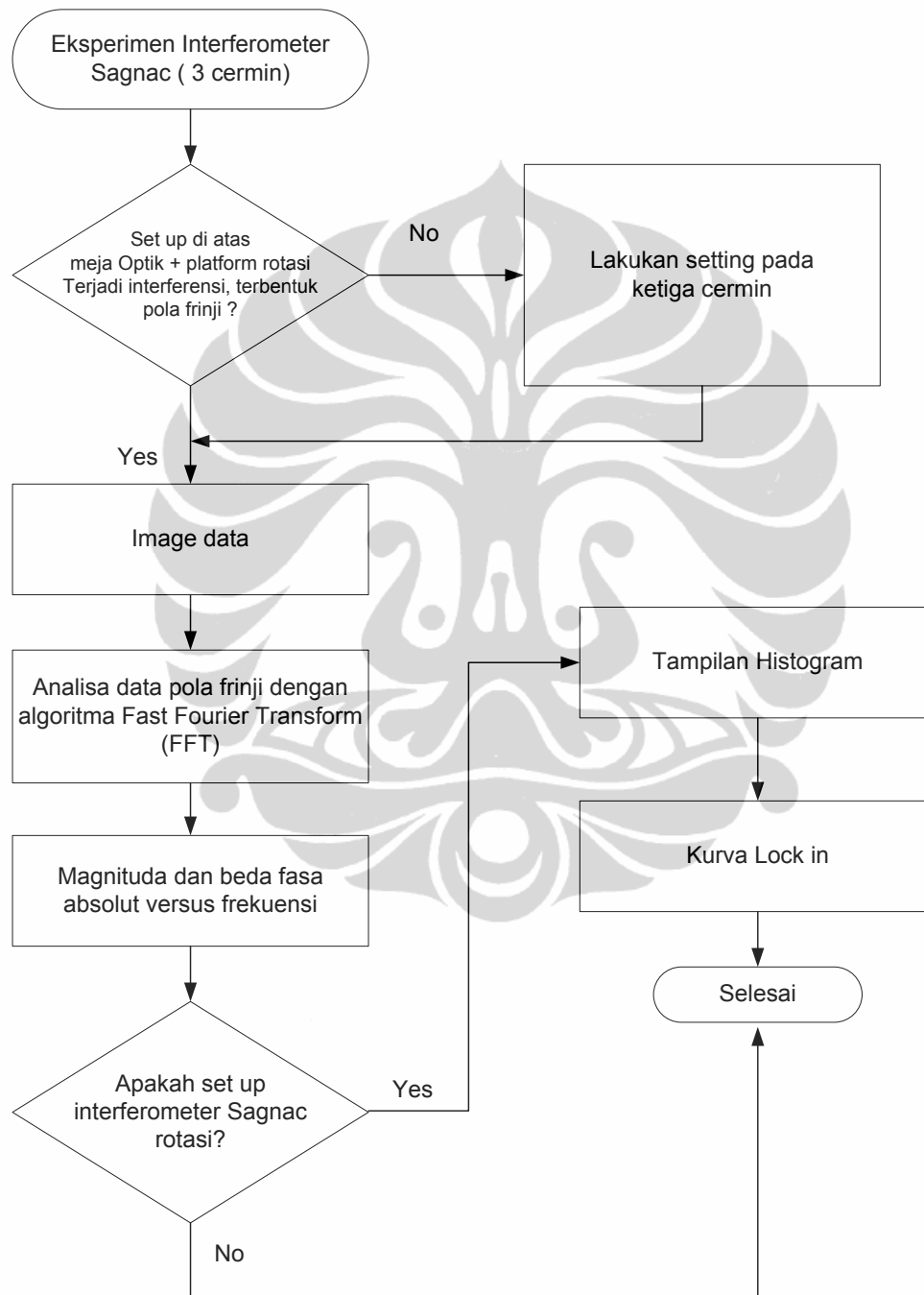


Gambar 3.2 Sumbu Interferometer *Sagnac* tidak berimpit dengan sumbu *platform*.

Metoda analisis pola interferensi frinji pada eksperimen ini menggunakan algoritma *FFT* di mana semua perhitungan secara *offline*. Metoda pengukuran pola frinji menggunakan sensor *web cam* di depan layar. Data yang diperoleh ditransmisikan menggunakan kabel *USB* sepanjang 6 meter ke komputer *laptop*.

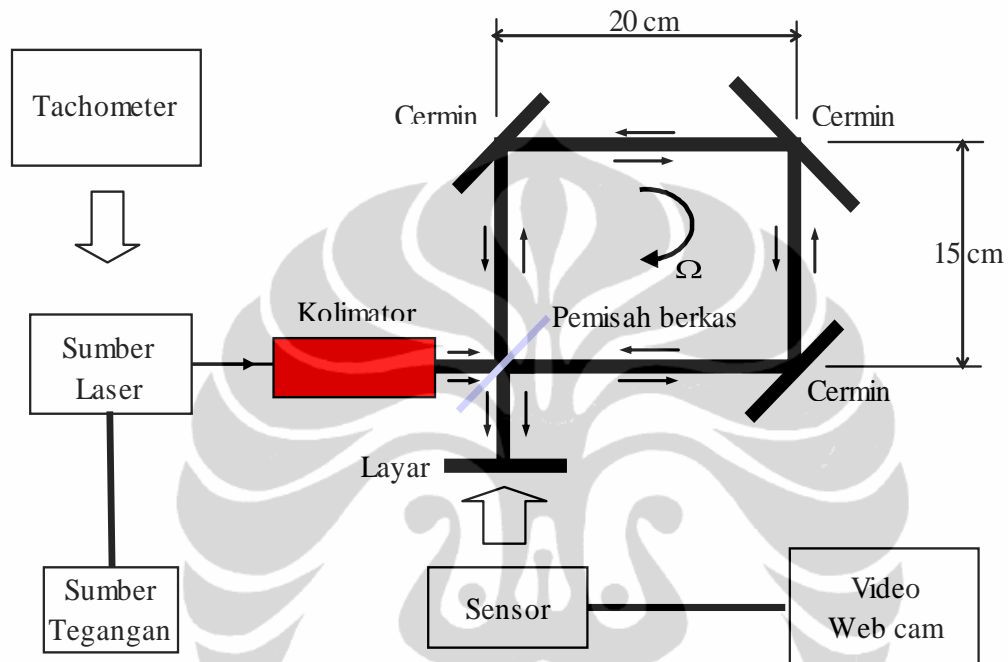
Pada Gambar 3.3 terlihat *flow chart* eksperimen Interferometer *Sagnac* dan analisis data pola interferensi frinji untuk memperoleh karakteristik sistem Interferometer *Sagnac* secara sistematis. *Tachometer* digunakan sebagai alat ukur kecepatan sudut rotasi *platform*. Eksperimen Interferometer *Sagnac* pasif ini menggunakan 3 cermin datar tipe *triangle* dengan 1 pemisah berkas, 1 kolimator, 1 layar dan sumber *laser* gas He Ne daya 5 *mWatt* berada di luar *ring resonator*.

FLOW CHART EKSPERIMEN INTERFEROMETER SAGNAC



Gambar 3.3 *Flow chart* eksperimen dan analisis data Interferometer Sagnac pasif.

Skematik dan metoda pengukuran Interferometer *Sagnac* pasif konfigurasi *free space gyro* dengan *ring resonator* berbentuk empat persegi panjang berukuran 15 cm x 12 cm seperti terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Skematik alat ukur pada Interferometer *Sagnac* pasif di atas *platform* gerak rotasi.

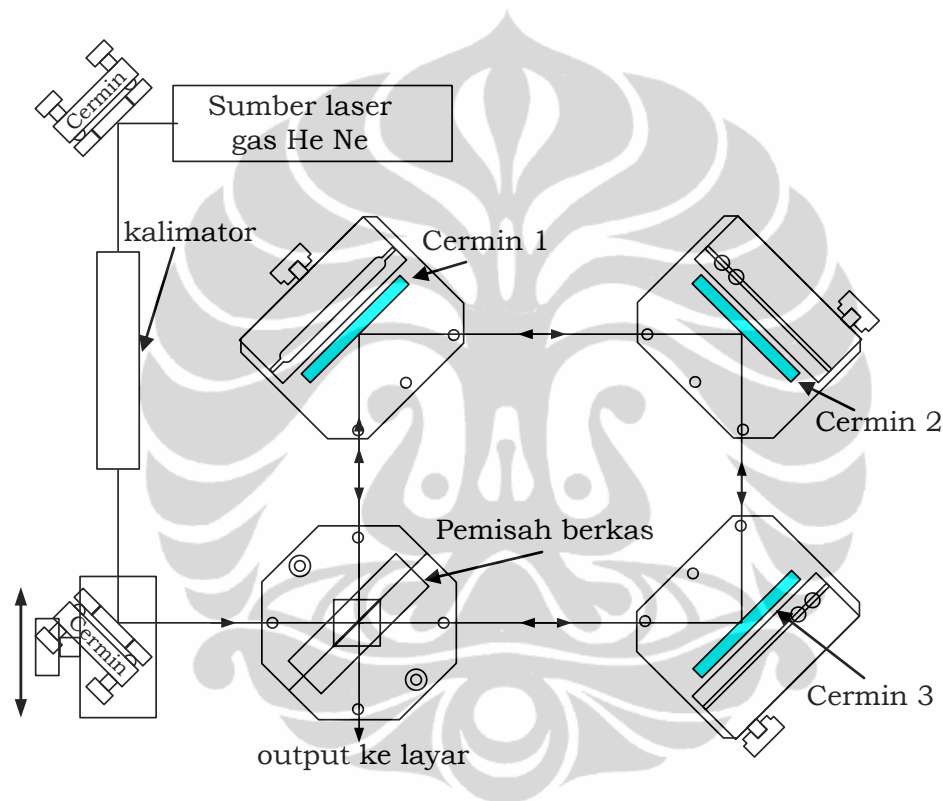
Interferensi transversal pola interferensi frinji di layar terjadi pada *setup* Interferometer *Sagnac* di atas *platform* gerak rotasi akibat adanya 2 gelombang cahaya yang bergerak saling berlawanan arah dan saling bersuperposisi. Cahaya bersifat koheren berasal dari sumber cahaya yang sama dengan durasi interval waktu (Δt) panjang. Berkas ini bergabung menjadi satu gelombang berdiri menuju layar.

3.2 Persiapan dan komponen eksperimen Interferometer *Sagnac*

Perhatikan *setup* Interferometer *Sagnac* konfigurasi *free space gyro* beserta komponen optik seperti terlihat pada Gambar 3.5.

Beberapa persiapan atau *setting* eksperimen adalah

- Sumber cahaya *laser* gas He Ne dan pemisah berkas dengan kualitas terbaik memberikan polarisasi output dengan sudut 45° terhadap sumbu vertikal.
- Apabila luas permukaan *platform* tidak mencukupi maka dipasang 2 cermin penyearah membentuk sudut 90° agar berkas cahaya dari sumber *laser* gas He Ne mengarah ke pemisah berkas.



Gambar 3.5 Komponen Interferometer *Sagnac* dengan 3 cermin dan pemisah berkas [11].

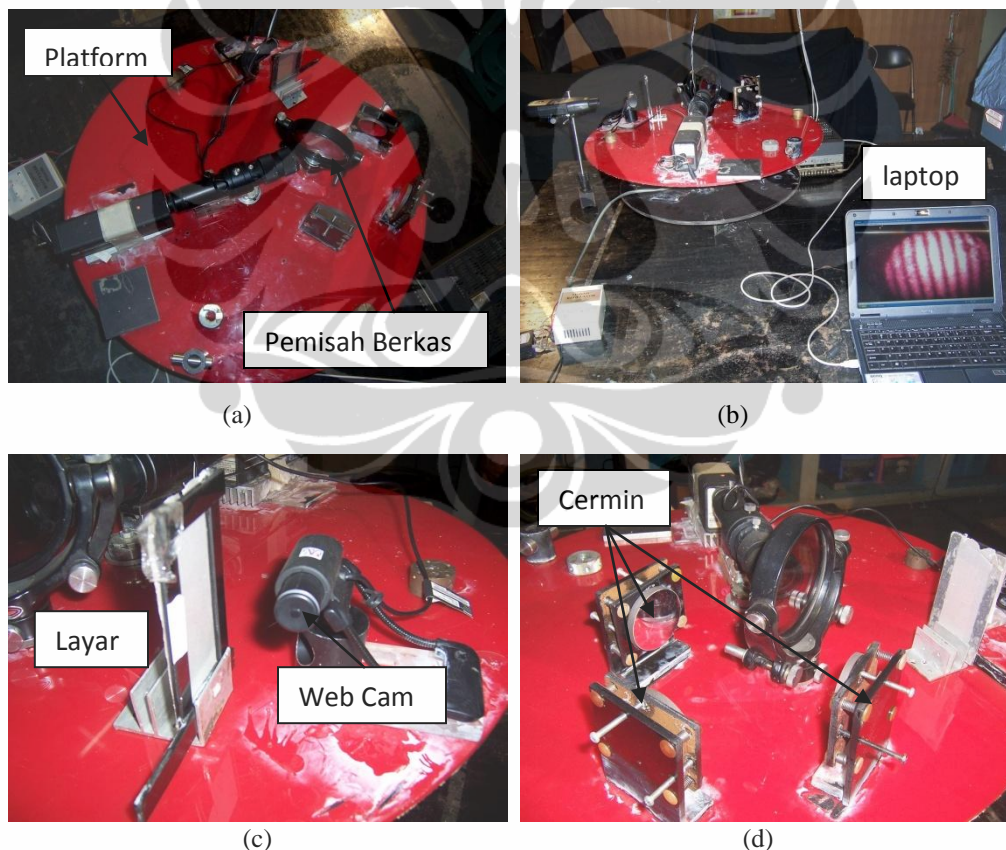
- Polarisasi pemisah berkas menghasilkan gelombang dengan intensitas cahaya mempunyai faktor refleksi dan transmisi seimbang dan saling tegak lurus.
- Pada bagian output terlihat bahwa kedua berkas cahaya tersebut ditransmisi dan direfleksikan menuju layar dan saling tegak lurus.
- Susunan *setup* Interferometer *Sagnac* konfigurasi *free space gyro* terdiri dari 3 cermin datar, 1 pemisah berkas (*beam splitter* atau *PBSC = Polarizing Beam*

Splitter Cube), 1 kolimator (*beam expander*), 2 cermin penyearah dan 1 sumber *laser* gas He Ne.

- Dua cermin kecil digunakan apabila tidak ada ruang yang cukup di atas permukaan *platform* untuk mengarahkan sumber *laser* gas He Ne sesuai keperluan.

3.3 *Setup Interferometer Sagnac pasif gerak terbatas*

Pada Gambar 3.6 (a), (b), (c), (d) terlihat pandangan atas dan samping dari sistem Interferometer *Sagnac* pasif di atas *platform* gerak rotasi konstan searah putaran jarum jam. Terlihat *web camera* berada 10 cm di depan layar. Sumbu *Sagnac* pada *ring resonator* berbentuk bujursangkar tidak berimpit dengan sumbu *platform*. *Platform* yang digunakan cukup ringan dan terbuat dari bahan *acrylic*.

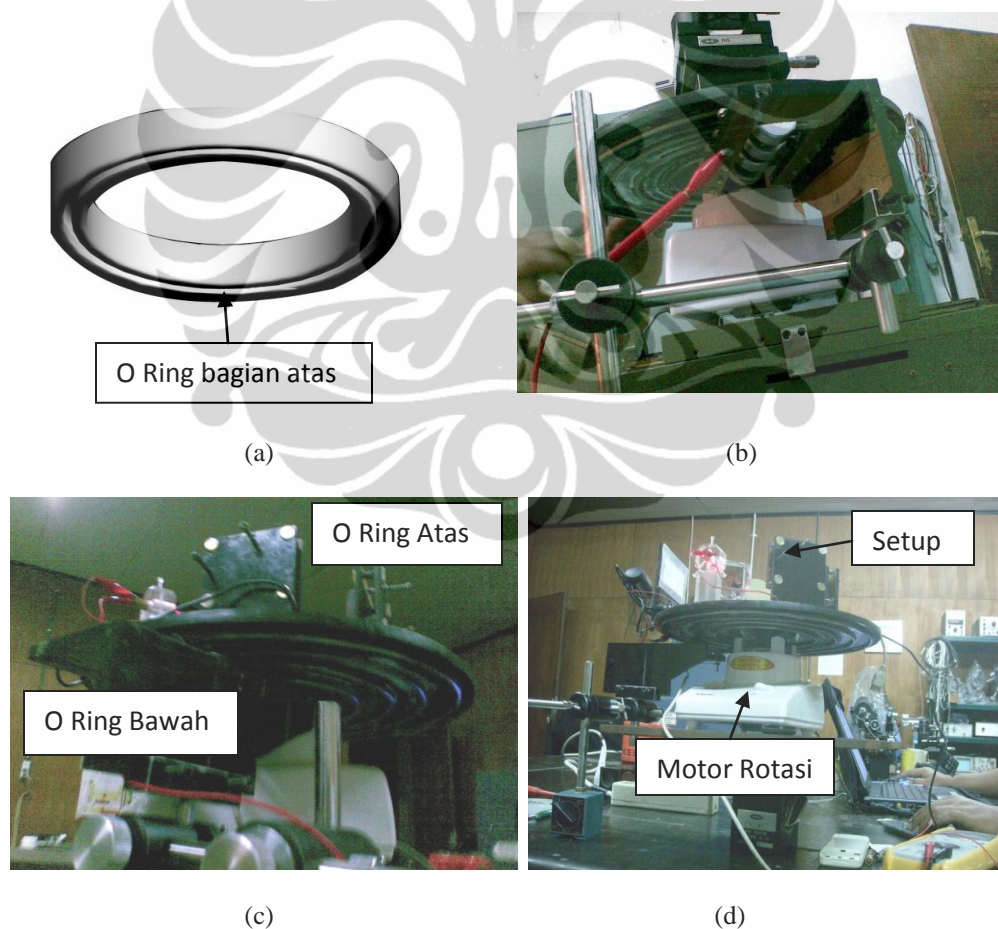


Gambar 3.6 (a), (b), (c), (d) Sistem Interferometer *Sagnac* pasif dengan *ring resonator* (pandangan atas dan samping).

Setup pada konfigurasi *free space gyro* mempunyai *ring resonator* berbentuk bujursangkar dan berukuran 12 cm x 12 cm terdiri dari 3 cermin datar, 1 sumber *laser* gas He Ne daya 5 *mWatt*, 1 kolimator, 1 pemisah berkas serta 1 layar. Sensor *web cam* dihubungkan langsung oleh kabel *USB* ke komputer *laptop*.

3.4 *Setup Interferometer Sagnac pasif tanpa kabel*

Pada eksperimen ini dirancang sistem *Sagnac* tanpa kabel sehingga transmisi data kontiniu setiap saat. Rancangan dan *setup* eksperimen Interferometer *Sagnac* pasif dengan sistem transmisi data *O Ring* diperlihatkan oleh Gambar 3.7 (a), (b), (c), (d). *Setup* ini terdiri dari sumber *laser*, 3 cermin, kolimator, pemisah berkas dan layar.

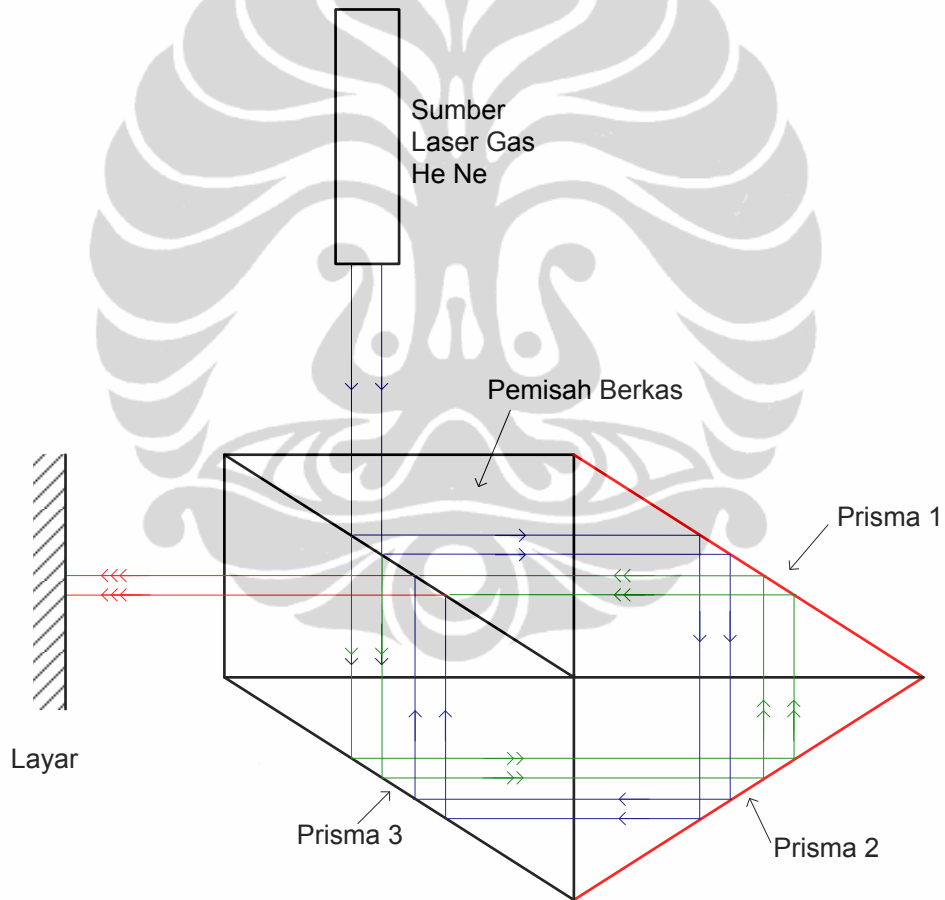


Gambar 3.7 (a), (b), (c), (d) Sistem Interferometer *Sagnac* pasif dengan *ring resonator* dan sistem transmisi data *O Ring* (rancangan dan hasil).

Sistem transmisi data *O Ring* mempunyai 5 *ring* berbeda jari-jari dan berhubungan dengan 5 roda aluminium di bawahnya yang kontak langsung ke komputer. Bagian atas *O Ring* berhubungan dengan *web cam* yang berjarak 10 cm dari layar.

3.5 *Setup Interferometer Sagnac pasif menggunakan prisma*

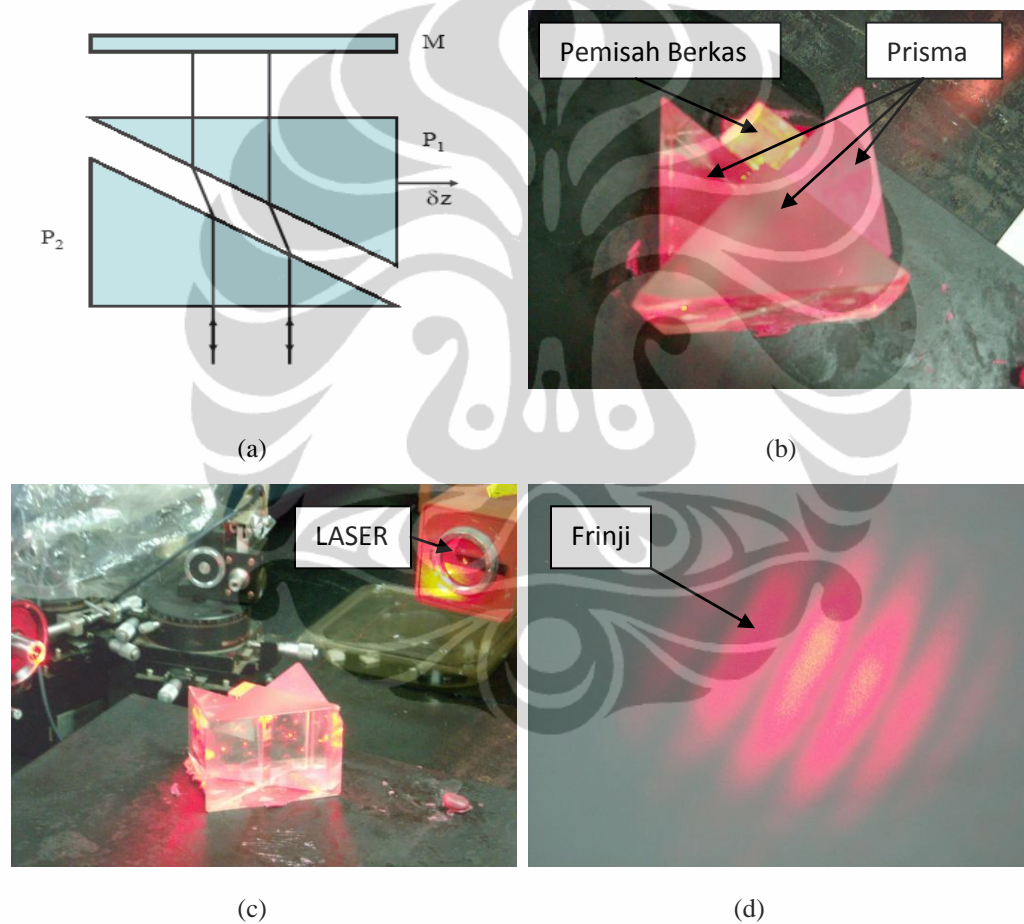
Pada Gambar 3.8 terlihat rancangan Interferometer *Sagnac* pasif konfigurasi prisma dengan sumber *laser* gas He Ne 30 *mWatt*, 3 prisma pengganti cermin, 1 pemisah berkas dan layar di atas meja optik.



Gambar 3.8 Skematik sistem Interferometer *Sagnac* pasif dengan konfigurasi prisma.

Pada Gambar 3.9 (a), (b), (c), (d) terlihat *setup* Interferometer *Sagnac* pasif menggunakan 3 prisma dan 1 pemisah berkas yang terbuat dari prisma serta sumber

laser gas He Ne 30 mWatt. *Setup* Interferometer *Sagnac* pasif konfigurasi prisma ini masih berada di atas meja optik. Pola interferensi frinji yang terjadi di layar masih diam dan belum bergerak translasi. Hukum *Brewster* berlaku saat berkas melintasi prisma [19]. Konfigurasi prisma ini paling baik karena lebih ringan, pola frinji sangat stabil dan ditemukan pada saat akhir studi. Selanjutnya struktur *Sagnac* pasif ini akan dikembangkan ke konfigurasi *platform* gerak rotasi.



Gambar 3.9 (a), (b), (c), (d) Sistem Interferometer *Sagnac* pasif dengan konfigurasi prisma [19].