

Gambar 2. Lokasi terjadinya gempa Bumi Donggala pada tanggal 28 September 2018.

(Sumber: <https://www.bmkg.go.id/>)

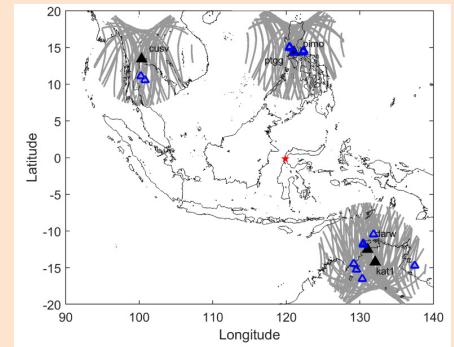
dapat diklasifikasikan sebagai prekursor gempa. Kegagalan teknik korelasi untuk mendeteksi efek gempa bukan disebabkan oleh ketidaksesuaian metode ini untuk mendeteksi efek ionosfer, tetapi karena resolusi temporal dari data TEC yang digunakan yaitu satu jam, sehingga efek gempa dalam gelombang gravitasi bentuk akustik dengan periode kurang dari setengah jam tidak akan muncul dalam data TEC resolusi satu jam.

Penelitian terbaru dilakukan pada peristiwa gempa Bumi dan tsunami di Donggala yang terjadi pada tanggal 28 September 2018 oleh Liu *et al.*, yang juga mengamati selisih waktu antara terjadinya gempa hingga terjadinya tsunami. Liu *et al.* mempelajari anomali nilai TEC sebelum terjadinya gempa hingga

setelah terjadinya tsunami. Gelombang seismik dan tsunami dari gempa besar dapat menginduksi *traveling atmospheric disturbances* (TAD) di dekat permukaan Bumi di pusat gempa dan daerah sumber tsunami (Liu *et al.*, 2011). TAD merambat secara vertikal pada kecepatan suara yang bergerak dari atmosfer ke ionosfer, membentuk *Tsunami Traveling Ionospheric Disturbances* (TTID) dan menginduksi gelombang gravitasi internal di dalamnya.

Mereka menggunakan 15 data TTID dari 5 receiver GNSS *ground-based* yang tersebar di Australia, Filipina, dan Asia. Kemudian, mereka menggunakan metode *time delay*, metode *circle*, teknik *ray-tracing*, dan teknik *beamforming*.

Metode *time delay* diterapkan pada jarak dan waktu datangnya TTID untuk memperkirakan kecepatan horizontal dari gelombang tsunami. Metode *circle* ini digunakan untuk menemukan area perpotongan, sehingga dapat menemukan lokasi asal tsunami. Teknik *ray-tracing* digunakan untuk mencari TTID. Dalam model kecepatan tertentu, teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan lokasi sumber,



Gambar 3. Lokasi stasiun pengamatan GNSS yang dilakukan oleh Liu *et al.*

dan menghitung waktu tempuh dari perkiraan lokasi sumber ke setiap TTID. Teknik *beamforming* digunakan untuk mencari lokasi sumber gelombang, menemukan jarak, menghitung waktu tempuh, serta menghitung kecepatan rata-rata dan standar deviasi dari beberapa TTID. Namun, penelitian ini masih perlu diperbaiki karena keterbatasan jumlah data, dan data yang digunakan masih terlalu jauh dari lokasi terjadinya gempa bumi dan tsunami. Jika penelitian ini dapat menggunakan data yang dekat dengan lokasi bencana, maka waktu deteksi gangguan ionosfer dapat diperoleh dalam waktu yang lebih singkat dan dapat segera mengonfirmasi terjadinya tsunami. Selain itu, perkiraan dalam menemukan sumber tsunami dapat diperoleh lebih presisi. ■

INSTRUMENTASI SAINS ANTARIKSA

Pengenalan Dasar Teleskop Radio

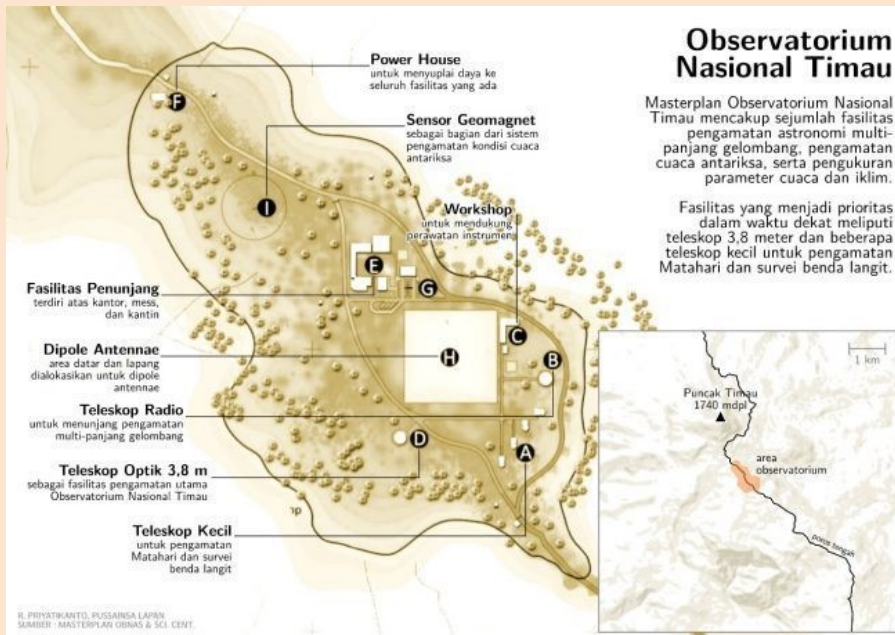
Oleh
P. Sitompul | Pussainsa OR-PA
BRIN

Astronomi saat ini sangat penting dan sudah berkembang sangat maju untuk mengungkap proses pembentukan, perubahan, dinamika, dan karakteristik objek-objek astronomi di alam semesta. Objek-objek antariksa,

seperti Matahari, planet, komet, bintang, dan galaksi menjadi bagian penting untuk diamati. Dengan demikian, penelitian astronomi dan peralatan-peralatan yang memadai sangat diperlukan untuk mencari jawaban atas beberapa pertanyaan, seperti bagaimana alam semesta terbentuk, berapa umur alam semesta, bagaimana alam semesta ini akan berakhir,

dan masih banyak pertanyaan lainnya. Penemuan terbaru, seperti lubang hitam (*black hole*), makin membuka pemahaman baru kita tentang galaksi kita dan proses-proses yang terjadi di sekelilingnya.

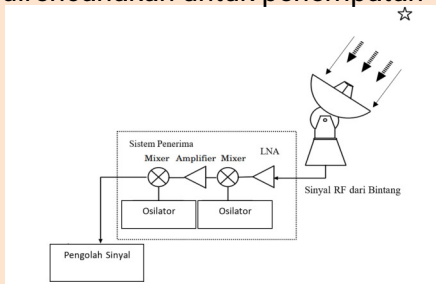
Para astronom melakukan pengamatan astronomi dalam spektrum elektromagnetik yang sangat lebar, termasuk panjang



Gambar 1. Lokasi pembangunan teleskop radio (titik B dan H) dan master plan pembangunan Observatorium Nasional. (Sumber: *Selayang Pandang Observatorium Nasional Timau*)

gelombang optik. Setiap rentang frekuensi yang dipilih akan memberikan hasilnya sendiri, informasi yang unik dan biasanya membutuhkan berbagai peralatan, seperti teleskop, dan teknik tersendiri. Astronom radio mempelajari objek yang memancarkan atau menyerap energi dalam rentang spektrum radio, yaitu frekuensi antara 13 MHz hingga 1000 GHz dengan menggunakan teleskop radio. Saat ini, LAPAN sedang melakukan pembangunan teleskop optik dan mengkaji pembangunan teleskop radio.

Gambar 1 menunjukkan lokasi pembangunan teleskop radio dan master plan pembangunan Observatorium Nasional. Titik B dan H adalah lokasi yang direncanakan untuk penempatan



Gambar 2. Diagram blok sistem penerima teleskop radio

teleskop radio. Ada dua jenis teleskop radio yang akan dibangun, yaitu teleskop dengan antena parabola dan array antena yagi. Antena parabola berdiameter 20 m akan menggunakan frekuensi antara 1–50 GHz, sedangkan teleskop radio dengan array antena akan menggunakan frekuensi antara 70–350 MHz.

Teleskop radio merupakan sistem penerima gelombang radio yang terdiri dari antena penerima, sistem penerima, dan sistem pengolah sinyal, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Bagian utama antena teleskop radio terdiri dari reflektor utama, subreflektor, feed horn, kabel penghubung, struktur penyangga reflektor, dan rangka untuk mengatur arah pancaran (beam) dari antena. Bagian-bagian antena parabola yang lebih detail bisa dilihat di Gambar 3.

Faktor yang sangat penting dalam mendesain antena adalah pemilihan frekuensi pengamatan yang dipergunakan. Ukuran antena disesuaikan dengan panjang gelombang yang akan

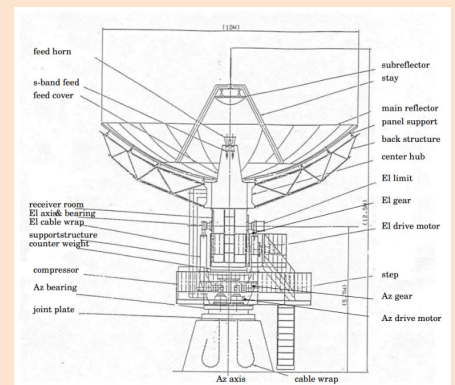
diamati, seperti dalam gelombang meter, gelombang cm, gelombang mm, atau gelombang sub-mm. Hubungan antara panjang gelombang dinyatakan sebagai berikut:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

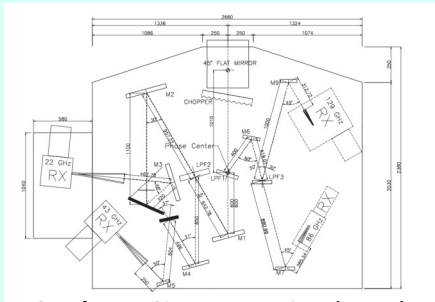
dengan f adalah frekuensi (Hz), c adalah kecepatan cahaya (m/det), dan λ adalah panjang gelombang (m).

Persyaratan kerataan permukaan dan akurasi untuk antena dengan panjang gelombang dalam kisaran cm tidak terlalu sulit sehingga pembuatan antenanya yang berdiameter besar relatif mudah karena dapat menggunakan antena menyerupai jaring-jaring. Sementara itu, akurasi kerataan permukaan antena dengan panjang gelombang dalam kisaran mm harus sekecil mungkin, yaitu sekitar 0,1 mm. Selain itu, akurasi radiasi antena sebaiknya lebih kecil dari 0,001 derajat, seperti pada antena IRAM (Spanyol) dengan diameter 30 m, Nobeyama (Jepang) dengan diameter 45 m, Effelsberg (Jerman) dengan diameter 100 m, dan TRA0 (Korea Selatan) dengan diameter 14 m.

Sinyal yang diterima reflektor utama masih dalam energi foton, difokuskan ke subreflektor sinyal, kemudian diarahkan ke antena



Gambar 3. Bagian-bagian antena parabola. (Sumber: KVN Radio Telescope)



Gambar 4. Sistem penerima banyak frekuensi.

(Sumber: radio.kasi.re.kr/kvn/status_report_2014)

yang mengubahnya menjadi sinyal listrik. Saat ini, sebuah teleskop radio sudah bisa menerima banyak frekuensi secara bersamaan, disebut sistem penerima banyak frekuensi (*multiple frequencies receiver*), seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.

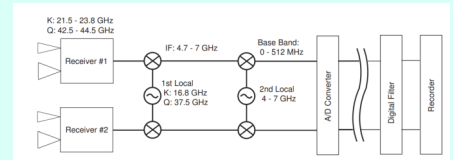
Gambar 4 menunjukkan tata letak reflektor semioptik dan penerima yang dilihat dari sisi subreflektor. Sistem kuasi-optik membagi satu sinyal dari subreflektor menjadi empat menggunakan tiga filter *low-pass dichroic* yang ditandai sebagai LPF1, LPF2 dan LPF3. Sinyal yang dipecah menjadi empat pita frekuensi yang berbeda dipandu ke penerima yang sesuai.

Sistem penerima terdiri dari *low noise amplifier* (LNA), pencampur (*mixer*), penguat sinyal, *mixer*, dan osilator. Sinyal yang diterima oleh antenna akan diperkuat oleh LNA, diturunkan frekuensinya oleh *mixer*, diperkuat kembali, dan diturunkan kembali frekuensinya oleh *mixer* untuk memudahkan dalam *sampling* sinyalnya.

Sistem penerima juga membangkitkan beberapa derau yang bercampur dengan sinyal dari objek langit. Hal ini dapat menyulitkan dalam mendapatkan informasi yang penting dengan perbandingan *signal-to-noise* yang cukup tinggi. Derau ini bisa muncul di LNA, sistem penguat

sinyal, *mixer*, dan filter yang ada di sistem penerima. Selain itu, perlu juga untuk menjaga kestabilan perbandingan penguatan dari sistem penerima. Efek variasi penguatan harus dihilangkan dengan baik dari data yang diamati untuk setiap pengukuran daya yang diterima dari sumber radio.

Gambar 5 menunjukkan sistem penerima dan pengolah data teleskop radio KVN. Sistem terdiri dari empat penerima yang bekerja di frekuensi 21,5–23,8 GHz dan 42,5–44,5 GHz. Frekuensi sinyal tersebut akan diturunkan oleh *Mixer 1* menjadi frekuensi menengah (*IF/intermediate frequency*) 4,7–7 GHz dan *Mixer 2* untuk menghasilkan sinyal *base-band* 0–512 MHz, kemudian di-*sampling* oleh ADC. Keempat penerima menerima sinyal dengan polarisasi sirkular ganda (*dual-circular*). Di antara delapan sinyal yang diterima (empat sinyal polarisasi ganda), empat sinyal yang dipilih oleh selektor IF akan dikonversi ke frekuensi yang lebih rendah. *Sampler* mendigitalkan sinyal menjadi aliran data 2-bit dengan empat tingkat kuantisasi. *Sampling rate* dari *sampler* adalah



Gambar 5. Diagram blok sistem penerima teleskop radio. (Sumber: KaVA Status Report for 2015A)

1024 Mega sampel per detik yang menghasilkan kecepatan data 2 Gbps (2 bit × 1024 Mega per detik) dan lebar pita frekuensi 512 MHz. Secara total, kita bisa mendapatkan empat aliran lebar pita 512 MHz (kecepatan data 2 Gbps) secara bersamaan, berarti kecepatan totalnya adalah 8 Gbps.

Gambar 6 menunjukkan contoh teleskop radio (spektrograf) yang berada di BPAA Sumedang LAPAN. Teleskop ini digunakan untuk penelitian aktivitas Matahari dalam rentang frekuensi 18 MHz–1,8 GHz.

Jadi, sebuah teleskop radio terdiri dari antenna, sistem penerima, dan pengolah data. Ketiga bagian ini harus berfungsi dengan baik untuk menghasilkan informasi terkait fenomena yang terjadi di antariksa.



Gambar 6. Contoh teleskop radio yang berada di BPAA Sumedang LAPAN