Pentingnya *Multimessenger Astronomy* dan Sumbernya (Blazar)

Cakupan objek-objek astronomi sangatlah luas, mulai dari yang terdekat sampai terjauh, objek yang aktivitasnya biasa saja maupun yang aktivitasnya “hebat”/energetik. Jauhnya objek-objek tersebut tidak menjadi hambatan yang signifikan bagi para astronom. Astronom tetap bisa mengumpulkan informasi dari objek-objek tersebut bahkan membangun teori yang cocok untuk menggambarkan proses yang terjadi pada objek tersebut. Hal ini karena astronom memiliki kurir yang membawa informasi dari objek-objek tersebut. Informasi yang astronom dapat selanjutnya diolah sedemikian rupa sehingga memberi pengetahuan mengenai objek-objek astronomi tersebut.

Kurir-kurir di astronomi sangatlah beragam dan perkembangan dari pendeteksian kurir-kurir tersebut juga berbeda-beda. Ada kurir yang sudah lama dikenal dan alat-alat pendeteksiannya pun sudah berkembang pesat dan ada juga kurir yang bisa dikatakan masih baru dideteksi sehingga alat deteksinya masih dalam tahap pengembangan hingga menjadi lebih baik. Pertanyaannya: mengapa astronom membutuhkan kurir informasi yang beragam dan tidak cukupkah kurir yang sudah dipahami dengan baik bahkan alat deteksinya sudah sangat baik? Sebelum menjawab pertanyaan ini, mari kita mengenal kurir-kurir informasi astronomi.

Era awal berkembangnya astronomi, kurir utama di astronomi adalah foton, terutama pada panjang gelombang visual. Seiring waktu, pengetahuan mengenai kurir informasi ini berkembang, ternyata objek astronomi tidak hanya memancarkan radiasinya di visual tetapi juga diseluruh gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik ini terdiri dari radio, gelombang mikro, inframerah, visual, UV, *X-ray*, dan sinar gamma.

Perkembangan alat pendeteksian di setiap panjang gelombang berbeda-beda karena bergantung karakteristik masing-masing panjang gelombang. Contohnya, panjang gelombang visual kita sudah memfokuskan cahaya yang datang menggunakan lensa atau cermin dengan konfigurasi yang relatif lebih mudah dibandingkan *X-ray*. Pada *X-ray* kita membutuhkan lensa yang konfigurasinya berlapis-lapis dan lensanya harus rata/mulus/tidak ada cacat sedangkan di sinar gamma masih belum bisa memfokuskan cahaya seperti pada panjang gelombang lainnya. Hal ini karena energi panjang gelombang visual lebih rendah dibandingkan *X-ray* maupun sinar gamma.

Era gelombang elektromagnetik (EM) ini sudah digunakan selama ribuan tahun. Pendeteksian dari panjang gelombang yang berbeda untuk satu objek tentu sangat dibutuhkan. Hal ini karena para astronom sudah memahami bahwa objek-objek astronomi ini memancarkan diseluruh EM dan masing-masing panjang gelombang membawa informasi yang berbeda. Kita bisa membayangkannya seperti *puzzle*, masing-masing gelombang EM menempati posisi masing-masing sehingga kita bisa melihat gambaran yang utuh dari sebuah objek. Era dengan menggunakan panjang gelombang berbeda untuk memahami suatu objek astronomi disebut *multiwavelength astronomy*.

Pentingnya *multiwavelength astronomy* ini contohnya ketika mempelajari pusat galaksi. Ketika mengamati di visual kita hanya bisa mengetahui banyak debu yang menutupi daerah pusat galaksi sehingga kita belum bisa melihat lebih dalam. Selanjutnya, untuk bisa melihat lebih jauh ke pusat galaksi kita bisa menggunakan inframerah. Lalu, pada panjang gelombang radio kita dapat mengetahui bahwa ada sumber radio yang kuat di pusat galaksi kita yang kemudian dinamakan dengan Sgr A\*.

Seiring waktu, astronom mendeteksi adanya kemungkinan kurir-kurir informasi yang lainnya walaupun kelihatannya *multiwavelength* sudah cukup memberi informasi mengenai objek-objek astronomi. Namun, kenyataannya masih banyak hal yang belum kita ketahui mengenai alam semesta. Oleh karena itu, astronom perlu mengembangkan alat yang dapat mendeteksi kurir selain gelombang EM dan menggali informasi lebih dalam terkait objek-objek astronomi. Kurir-kurir informasi lainnya adalah sinar kosmik, neutrino, dan gelombang gravitasi. Kurir termuda yang dideteksi adalah gelombang gravitasi, yaitu sekitar 4 tahun yang lalu.

Kembali kepada pertanyaan sebelumnya, mengapa astronom memerlukan kurir lain? Hal ini dapat terjawab dengan fenomena sebagai berikut. Pembangkit energi di pusat bintang menjadi perbincangan sudah lama sekali. Pada waktu itu, astronom banyak mengusulkan teori/model yang mungkin terjadi. Proses yang memungkinkan saat itu adalah reaksi fusi. Namun, dari pengamatan gelaombang EM kita tidak bisa mendeteksi atau melihat ke dalam pusat bintang. Reaksi fusi benar-benar terjadi di pusat bintang dibuktikan dengan terdeteksinya neutrino yang dipancarkan oleh Matahari. Neutrino merupakan partikel yang dilepaskan selama reaksi fusi di dalam bintang. Contoh fenomena inilah yang membuktikan pentingnya berbagai macam kurir di astronomi. Era berbagai macam kurir ini disebut *Multimessenger Astronomy*.

Selanjutnya, akan diperkenalkan mengenai kurir-kurir selain gelombang EM. Pertama, Gelombang gravitasi (GW) adalah riak ruangwaktu yang dipancarkan dari sistem dengan momen kuadrupol yang dipercepat. GW yang dapat dideteksi diharapkan diantaranya dari bintang ganda katai putih (WDs), bintang neutron (NSs), dan *black hole* (BHs). Selanjutnya, neutrino adalah partikel masif paling ringan dan diproduksi dalam interaksi yang lemah. Dalam astrofisika kami mengharapkan -MeV neutrino dari peristiwa *core-collapse* dan neutrino berenergi tinggi (~ TeV-PeV) dari akselerator reservoir partikel yang efisien seperti *supernova remnants* atau jet relativistik dari *Active Galactic Nuclei* (AGN). Terakhir, sinar kosmik adalah partikel bermuatan energi tinggi seperti proton atau inti atom.

Pendeteksian kurir-kurir tersebut menggunakan cara yang berbeda-beda, namun pada artikel ini tidak dibahas mendetail teknis dari pendeteksiannya. Saat ini, untuk masing-masing kurir tersebut sudah ada proyek yang berfokus mendeteksi kurir tersebut. Contohnya adalah LIGO *interferometers* dan LISA merupakan proyek untuk mendeteksi gelombang gravitasi. Sedangkan, neutrino dideteksi dengan detektor bernama SNEWS dan IceCube. Selanjutnya, untuk sinar kosmik dideteksi oleh detektor AMS-02, CALET, SuperTiger. Selain itu, sinar kosmik dideteksi juga di observatorium *ground-based* bernama Pierre Auger Observatory dan Telescope Array.

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa *Multimessenger Astronomy*  sangatlah penting karena jika kita dapat mengidentifikasi dan mengkarakterisasi sumber-sumber *multimessenger* maka memungkinkan melengkapi informasi sains dari seluruh bahkan di luar astrofisika. Namun, untuk mencapai hal tersebut kita membutuhkan:

1. Alat yang sensitif terhadap kurir non-EM ( gelombang gravitasi, neutrino, sinar kosmik)
2. Spektrum EM yang mencakup seluruh panjang gelombang EM
3. Peningkatan kolaborasi, komunikasi, dan platforms notifikasi (pemberitahuan kejadian-kejadian yang baru saja terjadi untuk di *follow up* dengan pengamatan lainnya).

Selanjutnya, kita membahas salah satu objek yang prospek untuk pengamatan setidaknya menggunakan dua kurir informasi. Objek yang akan saya bahas adalah blazar. Blazar merupakan salah satu jenis *active galactic nuclei* yang jet nya mengarah ke pengamat di Bumi. Radiasi EM yang dipancarkan blazar merentang dari radio sampai sinar gamma dan paling kuat di radio serta sinar gamma.

AGN merupakan inti galaksi yang *Supermassive Black Hole* nya aktif “memakan” materi disekitarnya sehingga radiasi yang dipancarkannya sangatlah besar. Saat ini diyakini bahwa komponen AGN terdiri dari *Supermassive* *Black Hole*, piringan akresi, torus, *Narrow line region, Broad Line Region*, dan jet. Komponen-komponen tersebut memiliki karakteristik radiasi EM yang berbeda-beda. Hal tersebut juga belaku untuk blazar. Oleh karena itu, sangatlah penting bagi astronom untuk mendapatkan spektrum dari seluruh panjang gelombang EM.

Blazar merupakan objek yang memiliki variabilitas. Baik itu skala waktu pendek atau yang lebih panjang. Blazar juga sewaktu-waktu akan mengalami peningkatan kecerlangan yang cukup signifikan dalam waktu tertentu. Hal tersebut biasa disebut *flare/outburst*. Fenomena ini yang biasanya menjadi perhatian para astronom dan berusaha mendapatkan informasi selengkap mungkin dari radiasi gelombang EM nya, atau bahkan dari kurirnya.

Hal tersebut akhirnya terwujud ketika detektor neutrino IceCube pertama kalinya mendeteksi neutrino dari objek ekstra galaksi. Objek tersebut adalah blazar TXS 0506+056. Objek ini sedang mengalami *flare* dan pada saat itu IceCube mendeteksi adanya neutrino dari objek tersebut. Selanjutnya dilakukan pengamatan lanjutan di *X-ray* (*Swift*) dan sinar gamma (*Fermi-LAT*). Hal ini merupakan kolaborasi yang sangat baik dalam pengamatan suatu objek, mulai dari adanya alarm terdeteksinya neutrino ekstragalaksi dan langsung dilakukan pengamatan lanjutan oleh *Fermi-LAT* dan *Swift.* Dengan adanya tambahan kurir untuk memahami blazar maka para astronom dapat melengkapi informasi mengenai jet pada blazar atau AGN.