

## Einstein@Home



### PENDAHULUAN

Einstein@Home adalah proyek komputasi terdistribusi dengan tujuan dapat mendeteksi emisi gelombang gravitasi dari bintang neutron yang berputar (pulsars) yang menggunakan data dari instrumen detector Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO), teleskop radio Arecibo dan Parkes, dan Teleskop Luar Angkasa Sinar Gamma Fermi. Einstein@Home dijalankan melalui perangkat lunak Berkeley Open Infrastructure for Network Computing (BOINC).

### SEJARAH

Proyek Einstein@Home pertama kali diluncurkan pada 19 februari 2005 sebagai bagian kontribusi dari American Physical Society pada World Year Physics 2005. Proyek komputasi ini menggunakan kekuatan komputasi terdistribusi untuk menyelesaikan masalah komputasional yang kompleks dengan menganalisis data yang sangat besar. Pada tahun 2016 di bulan November, lebih dari 440.000 sukarelawan dari 226 negara di dunia telah berpartisipasi dalam proyek ini yang mengakibatkan Einstein@Home di daftar Top 500 of supercomputers.

### DATA ANALISIS

- **Arecibo radio pulsar search**

Teleskop yang digunakan oleh Einstein@Home yaitu Observatorium Arecibo 305 meter dan Puerto Rico. Arecibo L-band Feed Array (ALFA) ini dilengkapi dengan detektor yang dapat mengamati tujuh bidang yang berdekatan di langit secara bersamaan. Pengamatan dilakukan selama 5 menit untuk setiap lapangan ALFA di langit. Dalam kumpulan data ini, pencarian pulsar bertujuan untuk menemukan biner dengan periode orbit lebih dari sebelas menit. Sistem biner yang dekat dengan komponen kompak seperti bintang neutron atau lubang hitam (*black hole*) merupakan sumber gelombang gravitasi yang kuat dan berkelanjutan.

Pulsar dapat berfungsi sebagai sumber kalibrasi untuk LISA observatorium ruang gelombang gravitasi yang akan diluncurkan pada akhir dekade ini. Gelombang gravitasi yang dipancarkan

dari gerakan orbital dalam rentang mHz dapat dideteksi. Dengan informasi ini, model supernova (ledakan dari suatu bintang di galaksi) dapat diuji dengan memberi informasi seberapa kuat pancaran gelombang gravitasi dari peristiwa seperti itu dan bagaimana sinyal tersebut harus dibentuk.

- **Fermi gamma-ray pulsar search**

Pengamatan langit sinar gamma dengan resolusi waktu yang sangat tinggi dilakukan oleh Large Area Telescope (LAT) di atas Teleskop Luar Angkasa Sinar Gamma Fermi milik NASA. LAT dapat mendeteksi foton sinar gamma tunggal, energinya, arah asalnya, dan kapan foton itu tiba. Einstein@Home memilih objek yang paling mirip pulsar berdasarkan distribusi energi sinar gamma mereka sebagai target. Einstein @ Home mencari pulsar sinar gamma dalam sistem biner. Menemukan pulsa periodik dari pulsar sinar gamma sangatlah sulit karena pulsar milidetik yang sangat cepat. Rata-rata hanya 10 foton per hari yang terdeteksi dari pulsar oleh LAT di pesawat ruang angkasa Fermi. Untuk mendeteksi periodisitas, tahun data harus dianalisis, di mana pulsar dapat berputar puluhan miliar kali.

Metode analisis baru membagi kumpulan data lengkap menjadi beberapa bagian tumpang tindih yang lebih pendek, hasil individu kemudian digabungkan dengan cara yang optimal. Selain itu, observasi dengan teleskop optik digunakan untuk membatasi jangkauan parameter yang tidak diketahui sejauh mungkin. seseorang dapat mempelajari sifat-sifat orbit pulsar dan mendapatkan perkiraan yang baik tentang di mana pulsar berada dalam orbitnya pada titik waktu tertentu, seberapa besar orbitnya, dan berapa sudutnya terhadap garis pandang kita. Perkiraan ini membantu mempercepat pencarian Einstein@Home.

Dalam beberapa tahun terakhir, semua penemuan pencarian buta sinar gamma telah dibuat oleh Einstein Home. Secara total Einstein@Home telah mendeteksi 23 pulsar sinar gamma baru sekarang, yang merupakan lebih dari sepertiga dari semua objek yang ditemukan melalui blind search.

- **LIGO Instruments**

Einstein @ Home telah melakukan banyak proses analisis menggunakan data dari instrumen LIGO. Sejak pencarian pertama dijalankan pada tahun 2005, kualitas data LIGO secara konsisten meningkat dari kinerja instrumen detektor yang ditingkatkan. Algoritme pencarian Einstein @ Home mengikuti perkembangan teknologi LIGO, mencapai kepekaan pencarian yang meningkat.

Einstein @ home mendapatkan perhatian yang cukup besar dalam komunitas komputasi terdistribusi internasional ketika aplikasi yang dioptimalkan untuk analisis kumpulan data S4 dikembangkan dan dirilis pada Maret 2006 oleh sukarelawan proyek Akos Fekete, seorang programmer Hungaria. Fekete meningkatkan aplikasi resmi S4 dan memperkenalkan SSE, 3DNow! dan pengoptimalan SSE3 ke dalam kode yang meningkatkan kinerja hingga 800%. Fekete diakui atas usahanya dan kemudian secara resmi terlibat dengan tim Einstein @ home dalam pengembangan aplikasi S5 yang baru. Pada akhir Juli 2006, aplikasi resmi baru ini telah didistribusikan secara luas di antara pengguna Einstein @ home. Aplikasi ini menciptakan lonjakan besar dalam kinerja dan produktivitas total proyek, yang diukur dengan kecepatan

floating-point (atau FLOPS), yang dari waktu ke waktu telah meningkat sekitar 50% dibandingkan dengan aplikasi S4 yang tidak dioptimalkan.

Pada bulan Maret 2016, Einstein @ home memulai pencarian data LIGO O1 generasi lanjutan. Pencarian berfokus pada sinyal dengan frekuensi antara 20 Hz dan 100 Hz. Pencarian mencakup dua komponen, satu untuk gelombang gravitasi kontinu standar yang bertahan lama dan satu lagi untuk sinyal kontinu yang hanya bertahan beberapa hari.

## **DATA ANALISIS LAINNYA**

- Pada tanggal 26 November 2009, aplikasi yang dioptimalkan CUDA untuk Arecibo Binary Pulsar Search pertama kali dirilis di halaman web resmi Einstein @ home. Aplikasi ini menggunakan CPU biasa dan GPU NVIDIA untuk melakukan analisis lebih cepat (dalam beberapa kasus hingga 50% lebih cepat).
- Dalam analisisnya terhadap data radio dari Observatorium Arecibo, Einstein @ Home telah mendeteksi ulang 134 pulsar radio berbeda yang diketahui yang mencakup pulsar 8 milidetik.
- Pada 12 Agustus 2010, proyek Einstein @ Home mengumumkan penemuan pulsar biner baru yang terganggu, PSR J2007 + 2722; ini mungkin pulsar yang berputar paling cepat yang ditemukan hingga saat ini. Komputer relawan Einstein @ Home Chris dan Helen Colvin dan Daniel Gebhardt mengamati PSR 2007 + 2722 dengan signifikansi statistik tertinggi.
- Pada tanggal 1 Maret 2011, proyek Einstein @ Home mengumumkan penemuan kedua mereka: sistem pulsar biner PSR J1952 + 2630. Komputer relawan Einstein @ Home dari Rusia dan Inggris mengamati PSR J1952 + 2630 dengan signifikansi statistik tertinggi.
- Pada 15 Mei 2012, relawan Einstein @ Home telah menemukan tiga pulsar radio baru (J1901 + 0510, J1858 + 0319, dan J1857 + 0259) di data Arecibo PALFA, dan aplikasi baru untuk kartu grafis ATI / AMD telah dirilis. Menggunakan OpenCL, aplikasi baru itu sepuluh kali lebih cepat daripada berjalan pada CPU biasa. Aplikasi saat ini tersedia untuk komputer Windows dan Linux dengan Radeon HD 5000 atau kartu grafis yang lebih baik.

Visco Octavia Asmaradara (07211840000034)

Vito Rihaldijiran (07211840000071)

- Pada Februari 2015, proyek Einstein @ Home telah menemukan total 51 pulsar: 24 menggunakan data Survei Multibeam Parkes dan 27 menggunakan data radio Arecibo (termasuk dua dari Arecibo Binary Radio Pulsar Search dan 25 menggunakan data dari data spektrometer PALFA Mock dari Arecibo Observatory).
- Pada September 2020, proyek Einstein @ home telah menemukan total 55 pulsar radio dan 25 pulsar sinar gamma.