



KETIDAKSENGAJAAN: KESEMPATAN MENEMUKAN SAINS BARU DI ERA *BIG DATA* ASTRONOMI

Anton Timur Jaelani^{1,2*}

¹Kelompok Keahlian Astronomi, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesha 10, Bandung 40132, Indonesia

²Observatorium Bosscha, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Peneropongan Bintang, Lembang, Bandung Barat 40391, Indonesia

*Alamat Korespondensi : antontj@as.itb.ac.id

ABSTRAK

Astronomi merupakan salah satu cabang ilmu yang telah dan sedang menghadapi guyuran *Big Data* dari hasil pengamatan survei-survei besar di dunia. Data yang dihasilkan memiliki orde terabytes per malam dengan kedalaman dan kualitas data pengamatan yang semakin baik. Salah satu kegiatan penelitian yang lazim dilakukan setelah proses akuisisi data adalah klasifikasi yang tidak jarang berujung pada penemuan objek atau fenomena baru di langit. Kegiatan tersebut dilakukan dengan menggunakan berbagai metode mulai dari metode tradisional menggunakan mata manusia, semi-otomatis, dan yang berbasis kecerdasan buatan seperti *deep learning*. Tidak jarang objek atau fenomena yang gagal dianalisis oleh metode-metode tersebut kemudian ditemukan secara tidak sengaja (*serendipity*) oleh peneliti maupun publik dalam berbagai kesempatan. Pekerjaan ini akan mengulas beberapa contoh kasus dari literatur dengan pendekatan kualitatif tentang penemuan tidak sengaja yang tidak jarang memberikan sains baru dalam astrofisika. Selain itu juga akan dibahas peluang menemukan objek baru eksotis khususnya bagi pengguna data sekunder astronomi.

© 2021 Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI

Kata kunci: *Big Data*, Ketidaksengajaan, Survei Astronomi.

PENDAHULUAN

Setiap sains yang diperoleh dari analisis data pengamatan objek atau fenomena di langit menjadi kepingan-kepingan kecil yang melengkapi teka-teki sekaligus mengungkap misteri besar Alam Semesta. Sebagian besar pengamatan di astronomi menghasilkan penemuan-penemuan baru dan tidak jarang memberikan nilai saintifik yang signifikan. Banyak di antaranya ditemukan secara tidak sengaja (*serendipity*) ketika seorang peneliti berada pada tempat dan waktu yang tepat. Istilah *serendipity* sendiri pertama kali diperkenalkan dalam konteks ketidaksengajaan oleh Horace Walpole pada tahun 1754 dalam suratnya kepada Horace Mann. Dalam suratnya Walpole berkisah bagaimana dia secara tidak sengaja menemukan lukisan "*Bianca Capello*" karya Giorgio Vasari (1511-1574) yang hilang. Kemudian dia menggunakan istilah *serendipity* yang diambil dari sebuah cerita bangsa Persia, "*The Three Princess of Serendip*". Ketidaksengajaan sering disandingkan dengan kata 'keberuntungan

yang tentu saja tidak semua orang sepakat dengan hal tersebut terutama dalam sains. Karena pada dasarnya ketidaksengajaan itu bersumber dari strategi pengamatan, percobaan, dan analisis data yang telah dirancang secara hati-hati tetapi luput dari upaya penemuan yang sistematis atau yang direncanakan untuk menemukan sesuatu yang lain. Alasan itu juga yang mendorong sains berkembang dengan cepat karena upaya yang didasari oleh hasil olah akal manusia.

Banyak penemuan penting di astronomi yang ditemukan dari ketidaksengajaan dan tercatat memberikan nilai saintifik yang tinggi sampai sekarang. Salah satu contoh di era 80-an adalah penemuan aktivitas vulkanik di Io, satelit Jupiter, oleh Voyager 1 pada tahun 1979, penjelasan lebih rinci dan contoh lain dapat dilihat di Fabian (2009) dan Lang (2010). Berikut ini beberapa contoh penemuan terkini dalam astronomi di antaranya penemuan bintang Boyajian oleh publik non peneliti astronomi (Boyajian dkk. 2016); 'Oumuamua, asteroid

pertama yang berasal dari luar Tata Surya (Meech dkk. 2017), dan *Fast Radio Burst* (Oppermann dkk. 2018). Seiring perkembangan teknologi, misi dan survei astronomi telah mampu dan terus menghasilkan data dengan kuantitas yang sangat besar, seperti data mentah yang akan diproduksi oleh Observatorium Vera C. Rubin per malam sekitar 20 terabytes (TB). Di sisi lain peningkatan kualitas data yang semakin baik dari waktu ke waktu menjadikan data astronomi tidak pernah habis untuk dieksplorasi, seperti data dari Sloan Digital Sky Survey (SDSS) yang beroperasi sejak tahun 2000 kini telah memasuki rilis ke-16 (Lyke dkk., 2020). Dengan begitu, peluang publik (non peneliti astronomi dan astrofisika) untuk menemukan sesuatu secara tidak sengaja akan terus meningkat. Dahulu akses penggunaan instrumen pengamatan seperti teropong masih terbatas untuk beberapa orang atau kelompok tertentu dikarenakan biaya yang terbilang mahal. Kepemilikan atau akses ke instrumen penelitian tentu memberikan kemudahan dan memperbesar kesempatan menemukan objek atau fenomena baru di langit sampai sekarang. Kesempatan lain datang dari kebijakan komunitas-komunitas astronomi profesional (istilah yang ditujukan untuk para peneliti astronomi yang telah menempuh pendidikan tinggi formal) di dunia untuk membuka akses data yang mereka miliki ke publik setelah rentang waktu tertentu. Hal ini menarik karena cara publik mengeksplorasi dan mempersepsikan data serta menafsirkan hasil analisisnya sangat mungkin berbeda. Hal ini didasari oleh keberagaman latar belakang yang diharapkan akan dapat menghasilkan sesuatu yang 'unik' nantinya.

Keterbukaan akses data astronomi ke publik sudah lama dilakukan oleh para profesional tetapi masih banyak civitas akademika di Indonesia belum mengetahui bagaimana cara akses dan penggunaannya terutama peneliti atau dosen dan mahasiswa di bidang sains terkait. Secara umum pekerjaan ini menggunakan metode penelitian kualitatif deskriptif. Makalah ini akan mengulas beberapa contoh

penemuan secara tidak sengaja dan bagaimana strategi eksplorasi data bagi pengguna data sekunder. Pemahaman data sekunder yang selama ini dinilai sebagai 'ampas hasil perasan' yang telah habis dieksploitasi oleh pemilik data utama mesti disikapi sebagai kesempatan untuk eksplorasi lebih lanjut dengan sistematika yang berbeda. Perpaduan antara data terdahulu dengan data sekarang bisa menjadi ajang latihan di dalam proses pengajaran dan penelitian.

Pada bagian lainnya juga akan disinggung tren penemuan secara tidak sengaja dari jumlah makalah yang dipublikasikan. Bagian akhir akan ditutup oleh simpulan.

PENEMUAN-PENEMUAN YANG TIDAK DISENGAJA DI DALAM ASTRONOMI

Bagian ini membahas beberapa contoh penemuan secara tidak sengaja untuk melihat bagaimana alur penemuan yang dilakukan oleh setiap komunitas astronomi beserta akses data yang melekat padanya. Akses data ini kemudian dibagi menjadi 2 kelompok berdasarkan sifat keterbukaan aksesnya yaitu bersifat eksklusif karena status keanggotaan atau kepemilikan terhadap instrumen penghasil data; dan bersifat inklusif atau rilis publik dimana data eksklusif yang sudah terbuka dan dirilis ke domain publik.

Astronom profesional dengan akses data eksklusif

Untuk suatu tujuan saintifik tertentu di dalam sains garda depan, biaya yang diperlukan sangat besar sehingga desain pengamatan memang difokuskan untuk keperluan tersebut. Tetapi banyak contoh penemuan secara tidak sengaja yang dilakukan oleh profesional sebagai hasil sampingan ketika melakukan pencarian sistematis untuk kasus atau objek yang berbeda di astronomi. Berikut ini dua contoh di antaranya yaitu penemuan reliks dari Alam Semesta dini pada skala kosmologi dan sistem lensa gravitasi pada skala galaksi.

Pada tahun 1965, Arno Penzias and Robert Wilson menemukan bukti kuat pengembangan dan awal mula Alam Semesta dari pengamatan sisa radiasi kelahiran dari Alam Semesta dini yang kemudian disebut *Cosmic Microwave Background* (CMB). Cerita penemuan ini sangat menarik jika melihat kembali latar belakang dan tujuan saintifik yang berbeda cukup jauh yang direncanakan untuk dapat diamati menggunakan teleskop radio yang mereka bangun. Mereka berencana untuk mencari keberadaan hidrogen netral di Galaksi sehingga diperlukan upaya untuk menghilangkan berbagai kontaminasi sinyal dari objek atau fenomena lainnya. Dalam upaya tersebut mereka menemukan sinyal yang relatif konstan, sulit dihilangkan, dan tidak diketahui dari mana asal sumber sinyal tersebut. Sampai akhirnya Bob Dicke, seorang astrofisikawan dari Universitas Princeton, mengonfirmasi bahwa sinyal tersebut berasal dari sisa radiasi Alam Semesta dini yang merupakan konsekuensi dari Teori *Big Bang* yang pertama kali dicitakan oleh George Gamow, seorang fisikawan teoretik, pada tahun 1948. Penemuan ini dipublikasikan pada tahun yang sama dengan judul "*A Measurement of Excess Antenna Temperature At 4080 Mc/s*" (Penzias & Wilson 1965). Atas penemuan besar ini, Penzias dan Wilson dianugerahi penghargaan Nobel untuk bidang fisika pada tahun 1978. Pengamatan dan penelitian CMB sampai saat ini masih terus dilakukan secara komprehensif melalui berbagai misi lanjutan menggunakan instrument di luar angkasa seperti *Cosmic Background Explorer* (COBE), *The Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* (WMAP), misi *Planck*, dan misi-misi lanjutan berikutnya.

Contoh lain yang datang dari grup penelitian penulis sendiri yaitu penemuan sistem lensa gravitasi HSC J090429,75-010228,3 yang secara tidak sengaja ditemukan ketika mencari sistem lensa gravitasi pada skala grup dan gugus galaksi (Jaelani dkk. 2020a). Pada awal penemuannya, konfigurasi dan kekompakan citra (cenderung terlihat seperti objek

titik) pada HSC J090429,75-010228,3 dicurigai merupakan sebuah sistem lensa kuasar dimana sistem seperti ini akan sangat berguna untuk mengukur kecepatan pengembangan Alam Semesta, konstanta Hubble H_0 , melalui efek *time-delay* lensa gravitasi. Tetapi dari hasil pengamatan lanjut menggunakan metode spektroskopi, sumber latar belakang dari sistem tersebut terkonfirmasi sebagai galaksi biru yang masih aktif membentuk bintang dan memiliki ukuran yang kompak untuk tipe dan redshift ($z \sim 3$) galaksi yang sama (Jaelani dkk. 2020b). Hal menarik lainnya adalah sistem ini sulit ditemukan atau dideteksi melalui upaya pencarian sistem lensa gravitasi konvensional lain seperti semi-otomatis maupun metode *deep learning* yang sedang banyak digunakan serta dikembangkan saat ini (misal Cañameras dkk. 2021).

Astronom amatir dengan akses data eksklusif

Selain penemuan-penemuan yang dilakukan oleh astronom professional, kontribusi astronom amatir dapat dikatakan cukup signifikan dalam hal penemuan secara tidak sengaja. Istilah amatir ditujukan untuk para astronom yang tidak menempuh pendidikan formal di astronomi tetapi memiliki minat yang besar dalam melakukan pengamatan objek-objek langit. Satu dari beberapa orang yang beruntung adalah Victor Buso, seorang astronom amatir asal Argentina yang telah menemukan sebuah ledakan bintang masif di galaksi NGC 613, yang disebut supernova 2016gkg. Penemuan ini berawal dari pengetesan kamera baru yang dipasang oleh Buso pada teropong miliknya yang berukuran 16-inci dengan melakukan pengambilan beberapa kali citra galaksi spiral NGC 613. Tanpa terduga ketika memperhatikan citra-citra yang diambilnya, Buso menyadari bahwa ada perubahan kecerlangan secara tiba-tiba sebuah bintang di ujung lengan spiral galaksi NGC 613. Penemuan ini kemudian dikomunikasikan kepada astronom profesional untuk diamati lebih lanjut. Hasil penemuan dan analisis

data pengamatan tersebut dipublikasikan di jurnal bereputasi *Nature* (Bersten dkk. 2018).

Pada tahun 2014, sebuah kolaborasi apik antara astronom amatir dan profesional telah berhasil mengungkap sebuah tipe bintang ganda gerhana yang terbilang langka, yang disebut Gaia14aae. Gaia14aae pertama kali ditemukan oleh misi satelit GAIA pada Agustus 2014. Grup amatir yang menamakan diri mereka *the Centre for Backyard Astrophysics* (CBA) melakukan pemantauan bintang variabel kataklismik dengan menggunakan teropong kecil. Untuk memberikan gambaran yang utuh hasil pengamatan tersebut digabungkan dengan hasil yang diperoleh oleh kolaborasi astronom profesional dari seluruh dunia. Analisis kurva cahaya secara seksama menghasilkan kesimpulan bahwa Gaia14aae merupakan sebuah tipe bintang ganda yang tergolong langka dengan variasi perubahan kecerlangan yang drastis dengan periode yang relatif singkat (Campbell dkk. 2015). Tipe bintang ini kemudian digolongkan ke dalam tipe bintang variabel kataklismik AM Canum Venaticorum (AM CVn). Tipe ini dikategorikan berdasarkan ketiadaan hidrogen dan kelimpahan helium pada spektrum bintang tersebut.

Publik dengan akses data rilis publik

Pengamatan langit malam dengan menggunakan teropong merupakan kegiatan yang akrab dilakukan oleh para astronom amatir, tetapi tidak dengan pemrosesan dan analisis data. Hal ini terlihat dari banyaknya hasil yang analisisnya masih terhenti di ranah astrofotografi. Pada umumnya astronom amatir ini sudah terlatih untuk membedakan objek langit. Kemampuan ini merupakan bekal dasar yang penting untuk proses klasifikasi dalam astronomi. Peningkatan kuantitas data astronomi yang meningkat secara signifikan tidak diiringi dengan peningkatan jumlah astronom profesional terutama untuk bidang-bidang tertentu. Di sisi lain proses klasifikasi dengan pemantauan visual oleh mata manusia yang terlatih masih menjadi pilihan

terbaik yang belum tergantikan sampai saat ini. Perkembangan *deep learning* dalam mengenali pola masih bersandar pada pola-pola yang sudah terklasifikasikan dengan baik di masa lalu sekaligus sebagai verifikasi kinerja metode tersebut yang tentu masih sedikit jumlahnya. Meskipun pemantauan visual dinilai efektif tetapi tidak efisien dari sisi waktu terlebih di era *Big Data* seperti sekarang. Dengan melibatkan banyak “mata” publik tentu saja dapat meningkatkan efisiensi metode yang tidak lekang oleh waktu tersebut. Jika melihat beberapa tahun ke belakang, publik sudah mulai dilibatkan untuk membantu astrofisikawan dalam menginterpretasikan data awal dengan menggambarkan dan mengkarakterisasi kekhasan data objek, kemudian mereka disebut *citizen scientists*.

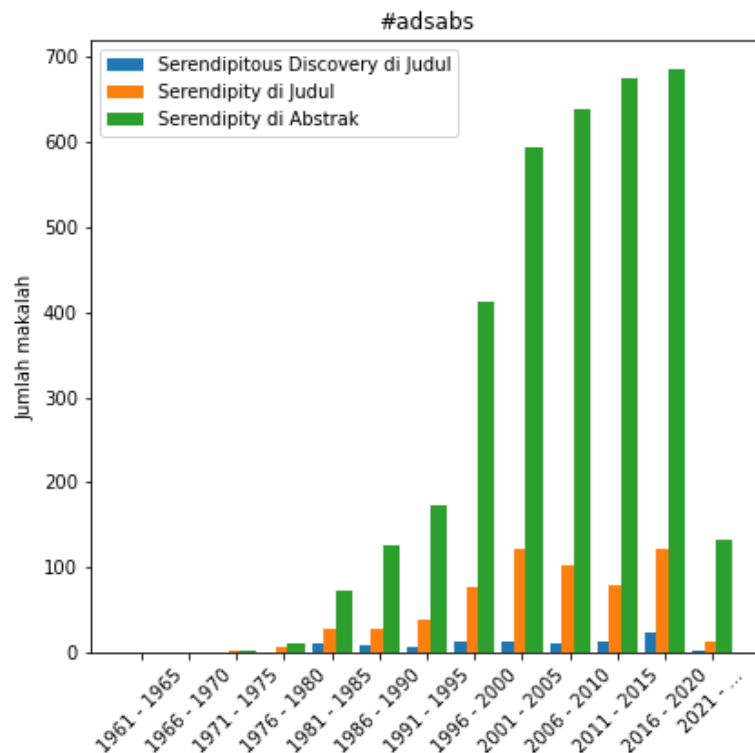
Salah satu program yang terkenal dalam upaya melibatkan *citizen scientists* di astronomi yaitu *Galaxy Zoo* (bagian dari *Zooniverse*). Program ini bertujuan untuk mengklasifikasikan morfologi galaksi yang dimulai pada tahun 2007 dengan menggunakan data galaksi SDSS (Lintott dkk. 2008). Sebelum melakukan klasifikasi data baru, terlebih dahulu *citizen scientist* yang ingin terlibat diberikan semacam pelatihan mengenai pola-pola yang khas pada morfologi galaksi, misal spiral, elips, orientasi (*edge-on* atau *pole-on*), perbedaan dengan bintang, dan lain-lain. Setelah itu dilakukan tes konfirmasi berbekal pengetahuan dari pelatihan tersebut untuk memastikan bahwa mereka sudah terlatih dengan baik. Kesuksesan *Galaxy Zoo* kemudian diikuti oleh klasifikasi objek atau fenomena yang lebih khusus lagi seperti, *Planet Hunters* (Schwamb dkk. 2012), *SpaceWarps* (Marshall dkk. 2016), *Supernova Hunters* (Fulton dkk. 2020), dan masih banyak lagi. Setiap proyek tersebut dilengkapi dengan ruang diskusi (*Talk*) dimana pada ruang ini terdapat kesempatan membahas mengenai objek yang menarik perhatian *citizen scientist* yang berujung pada kesepakatan apakah objek tersebut merupakan kandidat fenomena baru atau tidak. Selain itu penerapan metode ini juga mulai digunakan untuk berbagai data rilis

publik survei dari berbagai misi. Salah satu contoh terkini adalah HSC J091843,27-022007,5, sebuah lensa kuasar yang ditemukan oleh seorang *citizen scientist*, Claude Cornen (Sonnenfeld dkk. 2020; Jaelani dkk. 2021).

TREN KETIDAKSENGAJAAN

Untuk melihat tren penemuan seperti ini penulis menggunakan data jumlah publikasi dari website *adsabs* yang diseleksi berdasarkan kategori publikasi dalam astronomi dan astrofisika yang mengandung kata “*serendipity discovery*” di dalam judul; kata “*serendipity*” saja di dalam judul; dan juga “*serendipity*” di dalam abstrak. Data

tersebut diambil per 14 November 2021 yang kemudian dituangkan ke dalam plot yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Dapat dilihat pada Gambar 1 bahwa secara umum ketiga kelompok pencarian berdasarkan kata di atas memperlihatkan tren yang mirip yaitu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun terutama di bagian abstrak yang memperlihatkan jumlah yang signifikan. Setelah tahun 1990 dapat dikatakan mulai terlihatnya peningkatan signifikan jumlah publikasi penemuan tidak sengaja. Tren ini berkorelasi dengan banyaknya misi-misi dan survei-survei langit yang dimulai sejak tahun tersebut.



Gambar 1. Plot yang menunjukkan tren penemuan secara tidak sengaja dalam astronomi dan astrofisika berdasarkan data *adsabs* per tanggal 14 November 2021.

PELUANG PENGGUNA DATA PUBLIK DI INDONESIA

Pendidikan formal astronomi di Indonesia sampai saat ini hanya ada di Institut Teknologi Bandung (ITB) melalui Program Studi (Prodi) Astronomi di bawah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA). Prodi Astronomi FMIPA ITB yang telah menginjak usia 70 tahun, saat ini telah menjalankan program pendidikan sarjana dan pasca sarjana baik master maupun

doktoral. Baru di tahun 2018, prodi dengan nomenklatur yang dekat dengan astronomi dibuka di Institut Teknologi Sumatera dengan nama Program Studi Atmosfer dan Keplanetan. Secara komunitas profesional tentu saja pengguna data astronomi terbilang tidak banyak di Indonesia, tetapi benih-benih pengguna di masa depan terlihat dari banyaknya kegiatan astronomi yang dilakukan di berbagai universitas di Indonesia, misal di Universitas Pendidikan Indo-

nesia, Universitas Nusa Cendana, Universitas Ahmad Dahlan, Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan masih banyak lagi. Geliat yang sama sudah menjamur di berbagai komunitas amatir di seluruh Indonesia. Mereka kemudian diwadahi dalam satu payung bersama bernama Jaringan Observatorium dan Planetarium Indonesia (JOPI) yang berdiri sejak tahun 2018.

Sinergi penggiat pendidikan dan penelitian astronomi di Indonesia, para astronom profesional, serta keterbukaan akses data dari seluruh dunia tentu akan menjadi aset yang berharga di masa depan. Lalu kemudian apa yang perlu dipersiapkan? Kata kuncinya tentu saja adalah membangun sumber daya manusia yang terlatih 'melihat' data dan komunikasi yang baik antara profesional, amatir, dan publik sehingga diharapkan akan membentuk kultur penelitian astronomi. Kegiatan-kegiatan penelitian sederhana atau latihan mengenal data astronomi dapat dimulai dengan mempelajari literatur-literatur penemuan tidak sengaja (salah satunya) di astronomi.

Berikut ini beberapa kegiatan penelitian atau pengamatan astronomi yang dapat dilakukan bahkan dalam kerangka kegiatan pendidikan sains di sekolah atau universitas, komunitas pecinta astronomi, dan grup penelitian:

1. Dengan mengadaptasi projek seperti di *Galaxy Zoo*, kita dapat mendesain sebuah pencarian, klasifikasi objek atau fenomena sederhana sebagai sebuah kegiatan rutin atau tugas siswa. Pencocokan silang produk analisis data pengamatan lama dengan data pengamatan baru dapat menjadi alternatif untuk topik penelitian kecil seperti pada objek SDSS J135944,21+012809,8 (Jaelani dkk. 2021).
2. Dari sisi pengamatan terutama untuk komunitas amatir dapat dimulai dengan memilih sebuah topik yang menjadi projek jangka panjang komunitas dengan menyesuaikan terhadap kemampuan sumber daya yang ada seperti yang dilakukan oleh CBA. Lokasi Indonesia

yang berada di ekuator memberikan keleluasaan dalam mengamati langit utara maupun selatan, ditambah dengan bentangan bujur yang cukup besar. Contoh: monitoring bintang-bintang variabel, monitoring gugus galaksi, dan lain-lain. Secara rutin melakukan konfirmasi terhadap hasil pengamatan yang didapat dengan data-data pengamatan sebelumnya dari berbagai sumber. Kegiatan ini dilakukan segera setelah pengamatan selesai dilakukan. Objek-objek transien atau yang mengalami perubahan kecerlangan akan memiliki peluang yang besar untuk ditemukan jika banyak kegiatan monitoring yang dilakukan oleh berbagai komunitas di berbagai tempat. Potensi besar terlihat dari data JOPI bahwa banyak komunitas yang sudah mempunyai peralatan pengamatan seperti teropong-teropong berdiameter kecil dan dilengkapi detector yang sudah baik.

3. Perkembangan teknologi pada komputer pribadi sudah sangat pesat dewasa ini. Tidak sedikit mesin-mesin pribadi tersebut dapat dijadikan mesin hitung untuk urusan santifik yang 'sederhana' karena sudah dilengkapi prosesor, *Graphic Processing Unit*, memori, dan penunjang lain yang tergolong sudah sangat baik. Perkembangan penelitian menggunakan *deep learning* serta diikuti dengan *code program* yang dibuka ke publik menjadi kesempatan besar untuk ikut melakukan eksplorasi. Eksplorasi di ranah kriteria seleksi objek yang akan dipantau, *training data set*, serta *network* (sebagai contoh lihat Cañameras dkk. 2021) masih terbuka lebar untuk diaplikasikan ke data publik.

Contoh-contoh pekerjaan di atas dapat menjadi sebuah ajang pembiasaan melihat serta menggunakan data dari instrument modern dalam rangka menyongsong beroperasinya Observatorium Nasional Timau. Selanjutnya adalah dengan membangun dan/atau membina jalur komunikasi dengan profesional baik di dalam maupun luar negeri. Pekerjaan analisis dari penemuan berikutnya akan menjadi peker-

jaan rumah yang besar untuk profesional guna menjadikan penemuan tersebut lebih memiliki arti saintifik.

PENUTUP

Penemuan secara tidak sengaja sebuah objek atau fenomena di langit dapat dialami oleh astronom profesional maupun publik. Dari sisi astronom profesional penemuan ini bersifat hasil sampingan dari pencarian sistematis untuk objek yang berbeda tetapi tidak jarang memberikan nilai saintifik yang tinggi. Bantuan jumlah orang dari sisi publik dapat mengefisiensikan kerja kolosal dalam klasifikasi saintifik menggunakan metode tradisional yaitu visual. Kerja kolosal ini juga banyak menyumbang penemuan secara tidak sengaja selama proses pengerjaannya. Pengalaman menjadi penemu di astronomi dapat dikatakan sudah menjadi inklusif untuk semua orang seperti layaknya nenek moyang kita dahulu ketika mengindra langit.

Keterbukaan dan kemudahan akses data disertai perangkat pengolah data bersifat publik pada saat ini memberikan kesempatan yang besar bagi *citizen scientist* untuk bisa melakukan eksplorasi dan menginterpretasikan data. Latar belakang yang berbeda dengan tetap memperhatikan kaidah umum dalam sains dapat menjadi terobosan dalam menemukan hal baru. Jejaring komunitas astronomi yang menaungi profesional dan amatir di bawah JOPI dapat menjadi awal yang baik untuk membangun sistem komunikasi terkait aktivitas penelitian. Kegiatan eksplorasi data saat ini dapat menjadi ajang latihan untuk persiapan Astronomi Indonesia mempunyai fasilitas modern di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pekerjaan ini merupakan bagian dari penelitian yang didanai oleh Riset ITB 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Bersten, M. C., Folatelli, G., Garcia, F., dkk. (2018). *A surge of light at the birth of a supernova*. *Nature*, 554, 497 – 499.
- Boyajian, T. S., LaCourse, D. M., Rappaport, S. A., dkk. (2016). *Planet Hunters IX. KIC 8462852 – where's the flux?* *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 457 (4), 3988 – 4004.
- Campbell, H. C., Marsh, T. R., Fraser, M., dkk. (2015). *Total eclipse of the heart: the AM CVn Gaia14aae/ASSASN-14cn*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 452 (1), 1060 – 1067.
- Cañameras, R., Schuldt, S., Shu, Y., dkk. (2021). *HOLISMOKES VI. New galaxy-scale strong lens candidates from the HSC-SSP imaging survey*. *Astronomy & Astrophysics*, 653 (L6), 1 – 10.
- Fabian, A. C. (2009). *Serendipity in Astronomy*. arXiv, arXiv:0908.2784.
- Fulton, M., Smith, K. W., Wright, D. E., dkk. (2020). *Supernova Hunters Discovery of 24 Optical Transients with Pan-STARRS*. *Transient Name Server AstroNote* 2020-255.
- Jaelani, A. T., More, A., Oguri, M., dkk. (2020a). *Survey of Gravitationally lensed Objects in HSC Imaging (SuGOHI) – V. Group-to-cluster scale lens search from the HSC-SSP Survey*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 495 (1), 1291 – 1310.
- Jaelani, A. T., More, A., Sonnenfeld, A., dkk. (2020b). *Discovery of an unusually compact lensed Lyman-break galaxy from the Hyper Suprime-Cam Survey*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 494 (3), 3156 – 3165.
- Jaelani, A. T., Rusu, C. E., Kayo, I., dkk. (2021). *Survey of Gravitationally Lensed Objects in HSC Imaging (SuGOHI) – VII. Discovery and confirmation of three strongly lensed quasars*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 502 (1), 1487 – 1493.
- Lang, K. R. (2010). *Serendipity Astronomy*. *Science*, 327 (5961), 39 – 40.
- Lintott, C. J., Schawinski, K., Slosar, A.,

- dkk. (2008). *Galaxy Zoo: morphologies derived from visual inspection of galaxies from the Sloan Digital Sky Survey*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 389 (3), 1179 – 1189.
- Lyke, B. W., Higley, A. N., McLane, J. N., dkk. (2020). *The Sloan Digital Sky Survey Quasar Catalog: Sixteenth Data Release*. The Astrophysical Journal Supplement Series, 250 (1), 1 – 24.
- Marshall, P. J., Verma, A., More, A., dkk. (2016). *SPACE WARPS - I. Crowdsourcing the discovery of gravitational lenses*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 455 (2), 1171 – 1190.
- Meech, K. J., Weryk, R., Micheli, M., dkk. (2017). *A brief visit from a red and extremely elongated interstellar asteroid*. Nature, 552, 378 – 381.
- Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 475 (4), 5109 – 5115.
- Penzias, A. A., & Wilson, R. W. (1965). *A Measurement of Excess Antenna Temperature At 4080 Mc/s*. The Astrophysical Journal Letters, 142, 419 – 421.
- Schwamb, M. E., Lintott, C. J., Fischer, D. A., dkk. (2012). *Planet Hunters: Assessing the Kepler Inventory of Short-period Planets*. The Astrophysical Journal, 754 (2), 1 – 17.
- Sonnenfeld, A., Verma, A., More, A., dkk. (2020). *Survey of Gravitationally lensed Objects in HSC Imaging (SuGOHI) VI. Crowdsourced lens finding with Space Warps*. Astronomy & Astrophysics, 642 (A148), 1 - 19.

Oppermann, N., Yu, H-R., Pen, U-L. (2018). *On the non-Poissonian repetition pattern of FRB121102*.