

Program Konversi Antena Telekomunikasi Indosat Menjadi Teleskop Radio VLBI

T. Hidayat^{1,2*}, I. Nurul Huda^{1,2}, S. Ramadhan^{1,2}, P. W. Premadi^{1,2}, B. Dermawan^{1,2}, L. Puspitarini^{1,2}, A. T. Jaelani^{1,2}, K. Vierdayanti^{1,2}, M. Irfan^{1,2}, M. Yusuf^{1,2}, M. Hafieduddin^{1,2}, H. R. T. Wulandari^{1,2}, dan C. Kunjaya^{1,2}

¹Kelompok Keahlian Astronomi, FMIPA ITB, Jl. Ganesha 10 Bandung

²Observatorium Bosscha, FMIPA ITB, Lembang

*E-mail: taufiq@as.itb.ac.id

ABSTRAK

Teknik radio *Very Long Baseline Interferometry* (VLBI) telah memberikan kontribusi yang sangat penting bagi astronomi/astrofisika terutama dalam kemampuannya memberikan resolusi sudut yang paling tinggi, mencapai submilircsec. Pertumbuhan jejaring VLBI juga semakin besar, khususnya di Asia Timur dengan *East-Asian VLBI Network* (EAVN). Dalam makalah ini dipaparkan proposal pengembangan Teleskop Radio VLBI melalui program konversi antena telekomunikasi kerja sama antara Indosat Ooredoo dengan ITB, memanfaatkan *decommissioned antenna* di Stasiun Bumi Jatiluhur. Beberapa persiapan terkait sedang dilakukan bekerjasama dengan network yang telah ada. Potensi aerial ini diperhitungkan melalui kontribusinya dalam mengisi *uv-filling coverage*. Program-program sains yang potensial juga dipaparkan dalam makalah ini. Bersama dengan Teleskop Radio Nasional Thailand (TNRT), yang sedang dalam proses penyelesaian, teleskop ini akan dapat berperan untuk membentuk jejaring VLBI Asia Tenggara (SEAVN) yang siap diintegrasikan dengan EAVN.

Kata Kunci: *Astronomi – Radio – VLBI*

1 PENDAHULUAN

Sejak ditemukannya gelombang radio dari sumber-sumber astronomi, sejumlah penemuan penting dalam astronomi/astrofisika dapat diperoleh berkat sumbangsih dari astronomi radio; misalnya penemuan tentang kuasar, fenomena inti galaksi aktif, radiasi kosmik latar belakang, pulsar, sumber-sumber maser astrofisika, dan sebagainya. Khususnya, berkat teknik VLBI, yang dikembangkan sejak akhir tahun 1960-an, untuk pertama kalinya para astronom dapat memperoleh citra bayang-bayang suatu lubang hitam supermasif M87 (Akiyama et al., 2019). Teknik VLBI mengizinkan didapatkannya suatu teleskop dengan *aperture* seluas Bumi itu sendiri, yang terwujud oleh adanya *Event Horizon Telescope*.

Di lain pihak, saat ini Indonesia sedang membangun Observatorium Nasional yang berlokasi di Gunung Timau, Kabupaten Kupang, Provinsi NTT (Hidayat et al. 2012, Mumpuni et al. 2018), yang merupakan kerja sama antara LAPAN-BRIN, ITB, Universitas Nusa Cendana, dan Pemerintah Daerah setempat; di mana pengembangan astronomi radio merupakan salah satu program dalam Master Plan Observatorium Nasional (lihat misalnya dalam Hidayat et al. 2014). Teleskop radio kelas 20m diusulkan, yang dapat bekerja pada frekuensi tinggi di Q Band (45 GHz), serta *dipole array* yang bekerja di frekuensi rendah. Bergabung dengan VGOS

(*VLBI Global Observing System*) juga diusulkan dalam Master Plan Observatorium Nasional untuk aplikasi geodesi. Pengembangan ini tentu dengan mempertimbangkan kerja sama internasional yang telah terjalin dengan beberapa institusi lain, khususnya dengan NAOJ (Jepang).

Sebagai bagian dari percepatan pengembangan astronomi radio, selain yang dikembangkan di Observatorium Bosscha (Hidayat et al. 2013), program konversi antena komunikasi menjadi teleskop radio merupakan suatu opsi yang perlu dipertimbangkan, karena telah memberikan cukup banyak contoh yang berhasil, misalnya di Selandia Baru (Woodburn et al. 2015), di Jepang (Yonekura et al. 2016), di Ghana (Duah Asabere et al. 2016), dan di Inggris (Hoare, 2012). Saat ini, terdapat proyek serupa yang telah/sedang/akan dikerjakan di lebih dari 25 negara (Hoare 2019), termasuk berdirinya IVIA (*Iniciativa VLBI Ibero-Americana*, inisiatif konsorsium VLBI Spanyol dan Amerika Latin). Hal ini jelas memberikan prospek yang sangat baik di masa depan, karena memberikan kemungkinan distribusi aerial yang lebih merata di lima benua, serta sejalan dengan dimulainya pembangunan array teleskop radio raksasa dalam konsorsium SKAO (*Square Kilometre Array Observatory*) di Afrika dan Australia. Dengan demikian, teleskop radio global yang akan tersedia di globe Bumi akan terwujud, dan Indonesia harus menyiapkan langkah-langkah untuk ikut bergabung ke konsorsium tersebut.

2 KONVERSI ANTENA

Teknologi telekomunikasi berbasis satelit intelsat pernah menjadi tulang punggung telekomunikasi global, yang menghubungkan seluruh globe Bumi mulai akhir tahun 1960-an, dan telah sukses memberikan layanan selama beberapa dasawarsa. Teknologi ini memerlukan tersedianya stasiun bumi yang memiliki antena parabolik berukuran 20 – 36 m, untuk sambungan maupun kendali dengan satelit. Sejalan dengan munculnya teknologi telekomunikasi baru berbasiskan jaringan serat optik, khususnya untuk penyediaan sambungan internet dengan bandwidth besar, maka antena telekomunikasi tersebut sudah tidak lagi dioperasikan. Hal ini merupakan peluang bagi astronomi radio untuk memanfaatkan antena tersebut dengan melakukan konversi menjadi teleskop radio (Hoare 2019).



Gambar 1. Stasiun Bumi Indosat Ooredoo di Jatiluhur, Jawa Barat (<https://indosatooredoo.com>).

Telekomunikasi satelit di Indonesia disediakan antara lain oleh PT Indosat Ooredoo yang memiliki stasiun Bumi di Jatiluhur, beroperasi sejak tahun 1968 (lihat Gambar 1). Terdapat banyak antenna berdiameter cukup besar di stasiun bumi tersebut yang sudah tidak dioperasikan lagi. Terkait dengan itu, untuk pengembangan astronomi radio di Indonesia, ITB melakukan kerja sama dengan Indosat, guna memanfaatkan *decommissioned antenna* tersebut, untuk dikonversi menjadi teleskop radio yang berkemampuan VLBI. Survey pendahuluan dilakukan mulai tahun 2015 untuk memeriksa antena mana yang masih potensial untuk dilakukan konversi. Progress dari pekerjaan ini antara lain dilaporkan dalam Hidayat (2019).

2.1 Antena JAH-2A 32 m

Pilihan utama adalah antena JAH-2A berdiameter 32 m (lihat Gambar 2) buatan TIW (kemudian menjadi Vertex RSI), yang beroperasi sejak tahun 1979. Antena ini memiliki *transmit* dan *receive gain* masing-masing sebesar 63 dan 58 dBi. Antenna ini diletakkan pada posisi $6^{\circ} 31' 23,19''$ LS dan $107^{\circ} 24'$

$41,72''$ BT pada ketinggian 139 mdpl. Antena serupa telah berhasil dikonversi di Kuntunse, Ghana (Duah Asabere et al. 2016), dan sedang dilakukan di Tulancingo, Meksiko.



Gambar 2. Antena JAH-2A berdiameter 32m yang sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai teleskop radio VLBI untuk aplikasi astronomi/astrofisika.

2.2 Antena JAH-5A 18,3 m

Antena selanjutnya yang sangat potensial untuk aplikasi geodesi/geodinamika adalah Antena JAH-5A yang berdiameter 18,3m (lihat Gambar 3). Antena ini dibuat oleh COMSAT dan beroperasi sejak tahun 1994. Sebagai *full motion antenna*, perangkat ini memiliki *transmit* dan *receive gain* masing-masing sebesar 60 dan 56 dBi. Antenna ini diletakkan pada posisi $6^{\circ} 31' 18,55''$ LS dan $107^{\circ} 24' 38,26''$ BT pada ketinggian 139 mdpl. Ukurannya yang relatif lebih kecil akan mampu bergerak lebih cepat dan tentu dapat menangkap sumber radio kuat dari kuasar dengan mudah.

2.3 Program yang dilakukan

Program lanjutan yang telah dilakukan adalah *assessment* teknis, terutama pada Antena JAH-2A. Hal ini mencakup kondisi struktur mekanik, motor-motor penggerak, sistem pengamanan, kondisi permukaan, *feed horn* dan sistem optik antena, serta peninjauan sistem kontrol penggerak antena. Secara umum, didapati kondisi antena masih cukup baik.

Pengukuran awal kondisi RFI (*Radio Frequency Interference*) di Jatiluhur telah dilakukan (Ramadhan 2021a), dan pemantauan cuaca dilakukan dengan pemasangan AWS (*Automatic Weather Station*) di salah satu menara, dengan hasil awal dipaparkan dalam Ramadhan (2021b). Selain

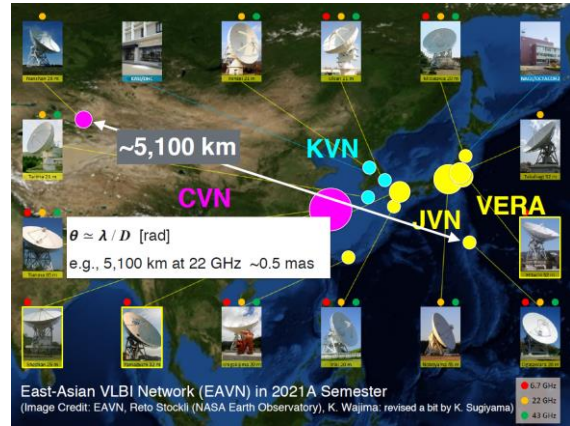
itu, studi pemanfaatan Antena JAH-5A untuk aplikasi geodesi juga telah dilakukan (Nurul Huda et al. 2021), khususnya untuk penentuan parameter orientasi Bumi (EOP) dan kerangka acuan terrestrial maupun langit (ITRF dan ICRF). Desain konversi akan dibuat menyesuaikan semua hasil *assessment* tersebut.



Gambar 3. Antena JAH-5A berdiameter 18,3m yang sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai teleskop radio VLBI untuk aplikasi geodesi/geodinamika.

3 JEJARING VLBI ASIA TIMUR DAN TENGGARA

Dalam tahap pertama diusulkan teleskop JAH-2A bekerja pada C-Band sebagai *single dish* seperti pada operasi awalnya. Hal ini akan mampu melakukan pengamatan kontinum untuk studi *active galactic nuclei* (AGN), termasuk sumber *radio-quiet* (galaksi Seyfert dan radio-quiet quasars) serta sumber *radio-loud* (blazars, *radio-loud quasars* dan *radio galaxies*), yang diharapkan juga mencakup nilai z tinggi. Dalam jejaring VLBI, teleskop ini dapat bergabung untuk studi pembentukan *supermassive black holes* dan evolusinya di AGN, dan untuk pengamatan *nearby starburst galaxies*, pengamatan supernova dan sisanya, (misalnya pada ARP220 dan IC 883, yang diketahui memiliki AGN). Pengamatan sumber-sumber maser merupakan salah satu program yang sangat prospektif untuk mengamati daerah pembentukan bintang, khususnya bintang masif, melalui garis maser methanol (CH_3OH) pada frekuensi 6,7 GHz.

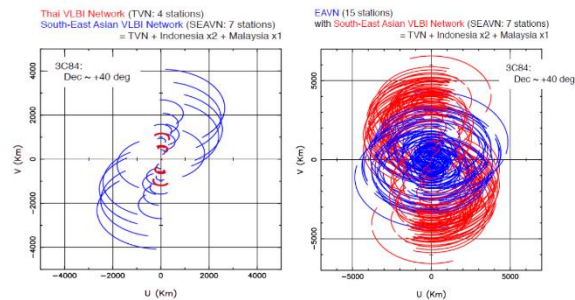


Gambar 4. EAVN yang saat ini terdiri dari JVN (Jepang), KVN (Korea), dan CVN (China), (credit: Wajima & Sugiyama).

Potensi teleskop ini untuk bergabung pada East Asian VLBI Network (EAVN, lihat Gambar 4) dipaparkan pada Hidayat et al. (2021) serta dapat berperan membentuk jejaring regional Asia Tenggara (SEAVN, lihat Tabel 1) bersama Thailand, yang sedang menyelesaikan teleskop 40m (TNRT), dan Malaysia.

Tabel 1. Resolusi sudut yang dapat dicapai oleh EAVN dan SEAVN.

	baseline (km)	C (mas)	K (mas)	Q (mas)
CVN - JVN	5100	1.81	0.55	0.28
TNRT - Jatiluhur	2970	3.11	0.95	0.48
TNRT - Timau	4170	2.21	0.67	0.35



Gambar 5. UV-coverage yang dapat dicapai oleh SEAVN dan EAVN (credit: Sugiyama).

Dari Tabel 1 terlihat bahwa TNRT-Jatiluhur serta TNRT-Timau dapat membentuk *baseline* masing-masing sepanjang 2970 dan 4170 km, dengan resolusi sudut mencapai 2,21 mas di C-Band (6,7 GHz), 0,67 mas di K-Band (22 GHz), dan 0,35 mas di Q-Band (43 GHz). UV-coverage untuk suatu sumber 3C84 pada deklinasi 40° ditunjukkan pada Gambar 5 dan memberikan perbaikan yang sangat signifikan apabila digabungkan dengan EAVN.

4 PENUTUP

Makalah ini memberikan studi awal tentang pentingnya keberadaan teleskop radio VLBI di daerah katulistiwa yang sampai sejauh ini masih kosong dan dapat berperan mengisi kekosongan tersebut untuk menjembatani *baseline* antara Australia dan Asia Timur. Posisi Indonesia berada di tengah-tengah dari wilayah tersebut sehingga kontribusinya akan cukup signifikan. Linimasa implementasi program ini adalah 2 tahun, namun sejauh ini masih terkendala oleh ketersediaan budget. Astronomi radio merupakan bidang multi-disiplin antara sains dan teknologi *cutting-edge* yang sangat penting untuk dikembangkan di Indonesia, serta memiliki aplikasi yang luas.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih secara khusus kepada Indosat Ooredoo atas dukungannya terhadap proyek pengembangan VLBI di Indonesia. Terima kasih khusus juga disampaikan kepada Dr. Koichiro Sugiyama (NARIT) yang telah memberikan beberapa material dalam makalah ini.

5 PUSTAKA

- Akiyama, K., Alberdi, A., Alef, W., Asada, et al. (Event Horizon Telescope Collaboration), 2019, First M87 event horizon telescope results. I. The shadow of the supermassive black hole, *ApJ*, 875, L1
- Duah Asabere, B., Gaylard, M., Horellou, C., Winkler, H., & Jarrett, T., 2015, Radio astronomy in Africa: The case of Ghana. In: *The South African Institute of Physics* (SAIP 2014) Conference Proceedings
- Hidayat, T., Mahasena, P., Dermawan, B., Hadi, T., Premadi, P., & Herdiwijaya, D., 2012, Clear sky fraction above Indonesia: an analysis for astronomical site selection. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 427(3), 1903–1917
- Hidayat, T., S. Leon-Tanne, A. B. Suksmono, P. Mahasena, M. Irfan, & Indrawanto, 2013, Recent Development of Radio Astronomy at the Bosscha Observatory, In *Proc. of the 11th Asian-Pacific Regional IAU Meeting* (2011), Chiang Mai
- Hidayat, T., Munir, A., Dermawan, B., Jaelani, A., Leon, S., Nugroho, D., Suksmono, A., Mahasena, P., Premadi, P., Herdiwijaya, D., Kunjaya, C., Dupe, Z., Brahmantyo, B., Mandey, D., Yusuf, M., Wulandari, H., Arief, F., Irfan, M., Jatmiko, A., Akbar, E., Sianturi, H., Tanesib, J., Warsito, A., & Utama, J., 2014, Radio frequency interference measurements in Indonesia. A survey to establish a radio astronomy observatory. *Experimental Astron.* 37(1), 85–108
- Hidayat, T., 2019, Report from Indonesia, Antenna Conversion Workshop, Accra, Ghana
- Hidayat, T., Sugiyama, K., Jaroenjittichai, P., & Abidin, Z. Z., 2021, Developing the Future VLBI Network in Southeast Asia, the 13th EA-VLBI Workshop, Chiang Mai, Thailand (online)
- Hoare, M., 2012, Recycling for radio astronomy. *Astron. Geophys.* 53(1), 1–19
- Hoare, M., 2019, Development in Africa with Radio Astronomy (DARA) project, Antenna Conversion Workshop, Accra, Ghana
- Mumpuni, E.S., Puspitarini, L., Priyatikanto, R., Yatini, C.Y., & Putra, M., 2018, Future astronomy facilities in Indonesia. *Nature Astron.* 2(12), 930–932
- Nurul Huda, I., Hidayat, T., Dermawan, B., Lambert, S., Liu, N., Leon, S., Fujisawa, K., Yonekura, Y., Sugiyama, K., Hirota, T., Premadi, P. W., Breton, R., Minh, Y.-C., Jaroenjittichai, P., Wijaya, D., Pradipta, D., Putri, N. S. E., Ramadhan, S., Puspitarini, L., Wulandari, H. R. T., & Hafieduddin, M., 2021, Measuring the impact of Indonesian antennas on global geodetic VLBI network, *Experimental Astron.*, 52, Issue 1-2, p.141-155
- Ramadhan, S., 2021a, Pengukuran Radio Frequency Interference (RFI) pada Situs-situs Observatorium Astronomi Radio Indonesia di Masa Depan. *Tesis Magister*, Program Studi Astronomi, ITB
- Ramadhan, S., T. Hidayat, I. Nurul Huda, P. W. Premadi, B. Dermawan, L. Puspitarini, A. T. Jaelani, K. Vierdayanti, M. Irfan, M. Yusuf, M. Hafieduddin, H. R. T. Wulandari, Z. L. Dupe, & C. Kunjaya, 2021b, di *Proceedings* ini.
- Woodburn, L., Natusch, T., Weston, S., Thomasson, P., Godwin, M., Granet, C., & Gulyaev, S., 2015, Conversion of a New Zealand 30-Metre Telecommunications Antenna into a Radio Telescope. *Publ. Astron. Soc. Aust.* 32(e017), 1–14
- Yonekura, Y., Saito, Y., Sugiyama, K., Soon, K., Momose, M., Yokosawa, M., Ogawa, H., Kimura, K., Abe, Y., Nishimura, A., Hasegawa, Y., Fujisawa, K., Ohyama, T., Kono, Y., Miyamoto, Y., Sawada-Satoh, S., Kobayashi, H., Kawaguchi, N., Honma, M., Shibata, K., Sato, K., Ueno, Y., Jike, T., Tamura, Y., Hirota, T., Miyazaki, A., Niinuma, K., Sorai, K., Takaba, H., Hachisuka, K., Kondo, T., Sekido, M., Murata, Y., Nakai, N., & Omodaka, T., 2016, The Hitachi and Takahagi 32 m radio telescopes: Upgrade of the antennas from satellite communication to radio astronomy. *Publ. Astron. Soc. Japan* 68(5), 1–16