

BAB II

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI KEANTARIKSAAN INDONESIA

DENGAN TIONGKOK

A. KEANTARIKSAAN INDONESIA

**1. Sejarah Dan Proses Pengembangan Teknologi Antariksa Indonesia
Oleh LAPAN**

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar yang ada di dunia dengan jumlah pulau 13.466 pulau. Negara dengan luas hampir 2 juta km² ini dilintasi dengan garis katulistiwa yang cukup panjang. Posisi Indonesia yang strategis berada di antara benua Asia dan Australia, diantara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Posisi Indonesia yang sangat strategis tersebut menjadi kekuatan nasional yang dapat dimaksimalkan dengan peningkatan kapasitas teknologi antariksa Indonesia.¹

Proses untuk memajukan teknologi antariksa membutuhkan banyak faktor untuk mencapainya. Faktor kekuatan nasional yang didukung dengan posisi negara Indonesia yang strategis akan menjadi modal yang sangat baik jika didukung dengan kemauan politik dari pemerintah. Pemerintah saat ini

¹ <http://www.indonesia.go.id/in/sekilas-indonesia/geografi-indonesia> (diakses pada 23 April 2016)

dipandang oleh beberapa pihak mulai memperhatikan program pemajuan teknologi antariksa Indonesia yang dilakukan LAPAN.

Kemajuan teknologi antariksa suatu negara sangat berpengaruh terhadap posisi suatu negara dalam kancah Internasional. Kemajuan yang signifikan dapat menjadi suatu kekuatan nasional dan menjadi daya tarik bagi negara lain untuk melakukan kerjasama serta memandang lebih terhadap negara yang mandiri dalam bidang antariksa. Indonesia sebagai negara berkembang dengan sumber kekuatan nasional yang melimpah sudah sepatutnya menjadi negara yang mandiri akan teknologi antariksa untuk kepentingan nasionalnya.²

Indonesia mulai membentuk LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) pada tahun 1963 dan hal ini menjadi tonggak awal dari penelitian dan pengembangan teknologi keantariksaan Indonesia. Prestasi awal yang pernah dicapai oleh Indonesia dalam dunia keantariksaan adalah berhasilnya pembuatan roket kartika-1 yang dibuat oleh PRIMA (Pengembangan Roket Ilmiah dan Militer Awal) pada tahun 1964. Roket ini memiliki booster berdiameter 235 mm yang dikerjakan oleh mesin ekstrusi milik Pindad (Perindustrian Angkatan Darat).

² Hidayat. LAPAN, 2015, wawancara dalam “Kepentingan Indonesia Dalam Kerjasama Antariksa dengan Republik Rakyat Tiongkok” di Jakarta.

Kartika-1 berhasil menangkap dan merekam siaran satelit cuaca Tiros milik Amerika Serikat. Menurut majalah “Electronics” terbitan Amerika, Indonesia merupakan negara kedua yang berhasil merekam siaran Tiros dengan teknologi buatannya sendiri. Pada tahun 1964, Indonesia juga berhasil mengimport roket dari Jepang dengan nama Kappa-8. Roket ini berhasil meluncur pada Agustus 1965 dengan mencapai ketinggian lebih dari 300 km di atas permukaan laut. Kappa-8 menjadi roket pertama yang berhasil diluncurkan dari Indonesia ke antariksa dan berhasil mengorbit.

Lapan terus melakukan penelitian dan percobaan dalam menciptakan teknologi antariksa tetapi dukungan dari pemerintah mulai menurun dengan kondisi politik yang berubah-ubah. Pada tahun 1972 Lapan mulai diperhatikan lebih oleh Presiden Soeharto yang menginstruksikan untuk mulai melakukan penelitian pada bidang penginderaan jarak jauh. Proyek tersebut berhasil menghasilkan satelit “Cupumanik Astagina” yang bertujuan untuk memetakan wilayah Indonesia dan menjadi salah satu cara untuk mempersatukan bangsa. Sayangnya, proyek ini harus berhenti ditengah jalan karena pada era tersebut pemerintah mulai beralih untuk pengembangan teknologi pesawat terbang.³

Pemerintah Indonesia mulai mengalihkan anggaran dananya yang semula untuk pengembangan teknologi penginderaan jarak jauh dialihkan untuk pengembangan pembuatan teknologi penerbangan. Lapan mulai redup

³ <http://www.lapan.go.id/index.php/subblog/pages/2013/15/Sejarah>

dalam prestasi-prestasi penelitian dan penemuan teknologi antariksa karena politik will dari pemerintah Indonesia mulai berkurang untuk pengembangan teknologi luar angkasa.

Hambatan yang dialami Lapan sangat berpengaruh dengan perkembangan teknologi keantariksaan Indonesia. Lapan terus melakukan penelitian dan percobaan tetapi halangan dana dan dukungan pemerintah yang kurang membuat proyek-proyek penelitian dan peluncuran tidak bisa dilakukan. Hal ini menjadi salah satu hal yang menghambat kemajuan teknologi keantariksaan Indonesia secara nasional. Dalam waktu yang bersamaan muncul peneliti-peneliti dari luar Lapan yang melakukan penelitian tentang teknologi antariksa, tetapi para peneliti masih terganjal dengan masalah ijin dan kurangnya support dari pemerintah.

Proyek penelitian dan percobaan antariksa mulai digiatkan lagi pada tahun 1982, dengan program pembuatan dan uji terbang muatan roket sub-orbital dengan misi telemetri dan digital repeater. Program ini berhasil mengorbitkan roket dengan ketinggian 600 km. Program tersebut menjadi cikal bakal program lanjutan pada tahun 2000 dengan tujuan pengembangan satelit mikro untuk surveillance dengan orbit polar ataupun ekuator.

Keadaan politik pada tahun 1997-1998 sangat berpengaruh terhadap perkembangan teknologi antariksa nasional. Pasca reformasi, Lapan mulai menggiatkan pengembangan-pengembangan baru. Proses ini mendapat

dukungan dari pemerintah dan dengan lebih terbukanya akses untuk mendapat informasi dari luar menjadikan Lapan lebih dinamis untuk penelitian-penelitiannya. Kerjasama dengan luar negeri menjadi salah satu agenda Lapan untuk mendorong kemajuan teknologi antariksa nasional.⁴

2. Satelit LAPAN 1

Tahun 2005, LAPAN berinisiasi untuk membeli satelit tele-edukasi menjadi proyek kementerian pendidikan dan Lapan dengan nama satelit Ki Hajar Dewantara yang digadang-gadang mampu menyebarkan informasi pendidikan hampir ke seluruh plosok Nusantara dengan kapasitas 200 kelas interaktif, 40.000 kelas non-interaktif dan 25 titik interaktif tele medicine. Program ini sangat didukung oleh pemerintah pada awalnya, tetapi pada pertengahan proses pembuatan rancangan RAPBN proyek ini dibatalkan.

Tahun 2007 menjadi tahun yang menggembirakan bagi dunia keantariksaan nasional, hal ini dikarenakan Lapan telah berhasil mengorbitkan satelitnya yang bernama Lapan Tubsat atau Lapan A1. Lapan A1 merupakan satelit mikro hasil kerjasama antara Lapan dan Universitas Berlin. Satelit kotak ini dilengkapi dengan kamera dengan resolusi tinggi dan tahan akan panas dan air. Satelit A1 mempunyai fungsi untuk memantau langsung keadaan daratan di Nusantara. Satelit ini bisa memantau langsung seperti kebakaran hutan,

⁴ *Ibid*

gunung berapi dan banjir. Selain untuk pengamatan alam, satelit A1 juga dimanfaatkan untuk komunikasi.⁵

Pemanfaatan dibidang komunikasi sering dipakai untuk pemantau keadaan alam di wilayah rural. Wilayah ini adalah daerah yang sama sekali tidak mendapat signal dari operator komersial, seperti Indonesia wilayah timur yang belum maksimal mendapat layanan jaringan dari operator komersial. Kekurangan dari satelit ini adalah kurang mampu untuk memantau keadaan banjir yang diiringi dengan awan hitam tebal. Sistem yang ini telah berhasil menjadi jembatan oleh pemerintah pusat dan daerah, khususnya daerah rural. Proses pemantauan dan laporan dari rural ke pusat atau sebaliknya menjadi lebih lancar dan efektif.

3. Satelit LAPAN 2

Pada tahun 2015 ini dibawah pemerintahan Bapak Jokowi, LAPAN sangat didorong untuk terus melakukan pengembangan dan percobaan dalam pemajuan teknologi antariksa Indonesia. Pemerintah dan Lapan terus saling bersinergi untuk menciptakan teknologi antariksa. Hasil cemerlang yang diraih adalah terciptanya satelit mikro Lapan A2 yang digadang dapat menjadi satelit observasi yang dapat memantau wilayah teritorial Indonesia.

Satelit Lapan A2 atau Satelit Orari ini berbekal kamera digital yang super canggih yang ditanam dibagian bawah dan menjadi modal penting satelit ini

⁵ <http://www.lapan.go.id/index.php/subblog/read/2013/117/Satelit-Lapan-A1-Lapan-Tubsat> (diakses pada 23 April 2016)

untuk melakukan tugasnya mengobservasi wilayah Indonesia. Peluncuran Lapan A2 pada bulan September 2015 menjadi hal yang cukup membahagiakan untuk Bapak Jokowi, karena pada waktu pemerintahannya yang berjalan baru 1 bulan Lapan berhasil didorong untuk menciptakan dan meluncurkan satelit imagerynya yang pertama.⁶

Proses peluncuran Orari memerlukan proses yang cukup panjang dan rumit, karena proses pluncuran Orari membutuhkan bantuan dari roket peluncur dari India. Komunikasi politik pemerintah Indonesia dan India menjadi salah satu faktor penting dalam peluncuran satelit Orari. Hasil yang memuaskan didapatkan setelah Indonesia dan India mencapai kesepakatan untuk saling mendukung program pengembangan antariksa kedua negara. Pencapaian kesepakatan ini menjadikan peluncuran satelit Orari semakin lancar.

Satelit Orari diluncurkan menggunakan rocket peluncur (piggy back) India Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV) C30 melalui Pusat Antariksa Satish Dhawan, Sriharikota, India, sukses mengorbit di ketinggian 650,16 kilometer. Satelit Lapan A2 sudah pada orbitnya setelah dilepas bersama astrosat berbobot 1,5 ton milik India dan enam satelit nano lain milik Kanada dan Amerika Serikat (AS). Fungsi Orari adalah 80 persen eksperimen dan 20 persen operasional, dan akan melintasi wilayah Indonesia 14 kali setiap hari dengan periode orbit 100 menit.

⁶ <http://www.lapan.go.id/index.php/subblog/read/2015/1888/Satelit-Indonesia-Lapan-A-2-Diorbitkan-Hari-Ini/1317> (diakses pada 23 April 2016)

Lapan bekerja sama dengan Organisasi Amatir Radio Indonesia (Orari) untuk menguji komunikasi melalui satelit tersebut selama 1 bulan ke depan. Satelit Orari memiliki misi untuk penggunaan radio amatir saat bencana dan identifikasi pulau terluar di Indonesia. Alat ini diharapkan dapat membantu menjaga kedaulatan Indonesia dengan memantau lalu lintas kapal, operasi keamanan laut, perikanan, dan eksplorasi sumber daya kelautan Indonesia. Dengan dilengkapi Automatic Identification System (AIS), satelit mikro ini diharapkan mampu mendeteksi hingga ribuan kapal dengan cakupan area pengamatan mencapai ribuan kilometer. Hal ini menjadi kebanggaan bagi pemerintah Indonesia karena Orari 100 persen buatan Indonesia dan peluncuran satelit merupakan hal bergengsi bagi setiap negara, satelit merupakan teknologi yang dapat mempengaruhi posisi politik sebuah negara. Proses peluncuran dijadikan sebagai proses pameran untuk Internasional.⁷

4. Satelit LAPAN 3

Setelah berhasil meluncurkan Lapan A2 sebagai satelit yang 100 persen buatan Indonesia, Lapan terus bersemangat untuk melanjutkan misinya dengan memulai pengujian satelit terbarunya yaitu Lapan A3. Satelit A3 mempunyai misi untuk pengamatan daerah pertanian. Fungsi dan tujuannya satelit ini yaitu untuk mengintegrasikan atau mengolah data iklim dan musim dengan wilayah

⁷ *Ibid*

pertanian, sehingga proses bercocok tanam oleh petani dapat menghasilkan produk pertanian yang maksimal.

Program pengembangan satelit ini menggandeng IPB (Institut Pertanian Bogor) sebagai rekan untuk penelitian dari objek satelit A3. IPB menjadi rekan yang bisa memberi masukan data tentang pertanian di Indonesia, termasuk perkebunan yang saat ini sedang marak dibuka di wilayah Sumatra dan Kalimantan. Pembukaan wilayah ini menjadi dilema bagi pemerintah Indonesia dan masyarakat khususnya. Satu sisi perkebunan memberikan dampak baik bagi sebagian orang yang mempunyai kepentingan dibidang perkebunan, tetapi dengan pengelolaan yang kurang maksimal berdampak buruk untuk berbagai pihak.⁸

Pengelolaan yang kurang baik menimbulkan banyak efek buruk, seperti kebakaran hutan, konflik lahan, konflik dengan satwa hutan dan berbagai bencana alam. Pengelolaan yang baik dapat dimulai dengan pemetaan wilayah yang baik, saat ini Indonesia masih membeli peta wilayah negaranya sendiri dari Luar Negeri dengan harga yang tinggi dan hasil yang kurang maksimal. Lapan dan IPB mendorong pemerintah agar mendukung programnya untuk memproduksi Satelit A3 yang digadang dapat menjadi solusi permasalahan pertanian Indonesia saat ini.

⁸ <http://lapan.go.id/index.php/subblog/read/2015/2137/Satelit-LAPAN-A3-Disiapkan-Meluncur-2016>
(diakses pada 23 April 2016)

Permasalahan lain adalah pertanian di wilayah-wilayah kurang air. Satelit A3 berkemampuan untuk memprediksi musim dan dapat memperkirakan hujan dan angin yang akan melintasi Indonesia. Petani dapat mengakses data tersebut untuk kebutuhan jadwal bercocok tanamnya, sehingga saat musim kemarau datang petani dapat mempersiapkan ketersediaan air dan memperkirakan tanaman apa yang akan ditanam.

Swasembada pangan yang menjadi program pemerintah dapat dibantu dengan satelit ini. Proses distribusi dari wilayah pertanian ke masyarakat dapat dipantau melalui satelit A3. Manajemen distribusi juga dapat dipetakan dengan baik, agar produk pertanian yang mempunyai masa segar pendek dapat segera terserap masyarakat. Dorongan pemerintah untuk satelit ini akan sangat berguna untuk kemajuan teknologi pangan selanjutnya.⁹

B. KEANTARIKSAAN REPUBLIK RAKYAT TIONGKOK

1. Sejarah Keantariksaan Tiongkok

Cina merupakan tempat asal-muasal roket yang ada di dunia, karena di sinilah bubuk hitam / mesiu yang merupakan cikal bakal terciptanya roket ditemukan. Riwayat perkembangan peroketan Cina secara nyata baru dimulai dengan kembalinya *Prof. Qian Xuesen* pada 1955 yang menimba ilmu di Amerika.¹⁰

⁹ *Ibid*

¹⁰ Kellerman ken, *Sapce Very Long Baseline Interferometry*, dalam TAIKONG-International Space Science Intitute Beijing Magazine,3-5.

Program pesawat antariksa berawak Cina yang disebut *Project 921*, secara resmi diluncurkan pada 1992, tetapi penelitian untuk program ini sudah dimulai pada tahun 1968 oleh *Prof. Qian Xuesen* (sekarang Ketua Komite Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi). Menyusul peluncuran satelit buatan Cina pertama, DFH-1, para ilmuwan Cina mulai mempelajari konsep desain prototipe pesawat luar angkasa yang mampu memuat dua astronot ke luar angkasa. Tetapi, program ini ditunda pada tahun 1975 berhubung alasan politik selain mengalami kesulitan dalam hal teknis dan pendanaan. Para pemimpin Cina saat itu menentukan bahwa perkembangan ekonomi nasional harus menjadi prioritas utama.¹¹

Sementara program perkembangan luar angkasa ditunda, penelitian akan bidang ini tidak pernah berhenti. Selama periode 1970-1980 Cina telah membuat kemajuan yang signifikan dalam kendaraan peluncur pesawat ruang angkasa, satelit, dan teknologi luar angkasa lainnya. Pada saat yang sama, aktivitas penelitian dilakukan di Pusat Penelitian Pesawat Luar Angkasa Cina untuk membantu para ilmuwan Cina dalam memahami reaksi manusia terhadap lingkungan pesawat luar angkasa. Setelah satu dekade pengembangan dalam ekonomi nasional dan teknologi pesawat luar angkasa, program pesawat antariksa berawak sudah menjadi agenda utama para pemimpin Cina di akhir tahun 1980.

¹¹ *Ibid*

Pada awal tahun 1990 para pemimpin Cina menggalakkan program pesawat antariksa berawaknya untuk menaikkan semangat/kebanggaan nasional, di samping peningkatan kemampuan teknologi itu sendiri. Pada tahun 1992 *Project 921* secara resmi disetujui pemerintah Cina. Rusia saat itu bertindak sebagai partner sebagai hasil dari hubungan baik Cina dengannya sejak 1990. Pesawat luar angkasa berawak yang dikerjakan sudah mencapai tahap perancangan pada 1996, dan pada saat yang sama dua astronot Cina mulai dilatih di Pusat Pelatihan Kosmonot Yuri Gagarin di Rusia. Pada tahun 1998 pengembangan kendaraan peluncur pesawat luar angkasa model baru CZ-2F yang didesain secara khusus untuk pesawat luar angkasa ShenZhou dan pembangunan Pusat Peluncuran Satelit Jiuquan sudah diselesaikan.¹²

2. Uji Coba Pesawat Berawak ShenZhou

Tepat setelah perayaan kemerdekaan negara yang kelima puluh, pada November 1999 Cina berhasil meluncurkan pesawat ujicoba luar angkasa tidak berawaknya, *ShenZhou*, menandakan suatu pencapaian baru dalam perkembangan teknologi ruang angkasa Cina dan signifikansi dalam pencapaian teknologi pesawat ruang angkasa berawak. Pesawat luar angkasa tidak berawak kedua *ShenZhou II* berhasil diluncurkan pada Januari 2001, yang kemudian diikuti oleh peluncuran pesawat-pesawat tidak berawak berikutnya

¹² Carey William, *Go-Taikonauts! E-Magazine*, 2014, 5-6.

ShenZhou III dan *ShenZhou IV*, berturut-turut pada Maret dan Desember 2002.¹³

Pada 15 Oktober 2003 pesawat luar angkasa berawak pertama *ShenZhou-5* yang memuat astronot pertama Cina Letkol. *Yang Liwei*, berhasil diluncurkan dari Pusat Peluncuran Satelit Jiuquan. Setelah berkeliling selama 21 jam 23 menit di orbit bumi *ShenZhou V* mendarat di wilayah Mongolia Dalam dengan aman; menjadikan Cina sebagai negara ketiga di dunia yang mampu mengirim manusia ke luar angkasa. Tidak lama berselang setelah itu, Cina meluncurkan lagi pesawat antariksa berawaknya *ShenZhou VI* pada 12 Oktober 2005 kemarin. Wahana tersebut telah mengorbit selama lima hari di ruang angkasa dan kembali mendarat dengan selamat ke Bumi pada 17 Oktober 2005, yang sudah memuat dua orang astronot, yakni *Fei Junlong* dan *Nie Haisheng*. Keberhasilan ini semakin mempertinggi semangat kebanggaan nasional dan memantapkan ambisi Cina dalam pengembangan program antariksanya.¹⁴

Untuk ke depannya, pemerintah Cina berharap bisa membangun stasiun ruang angkasa sendiri dan akan mengirimkan astronotnya ke Bulan. Saat ini Cina tengah mengembangkan pesawat antariksa tanpa awaknya untuk mengorbit di bulan. Tahap ini merupakan tahap pertama dari tiga tahap program eksplorasi bulan, yang disebut *Chang'e*. Tahap pertama direncanakan akan

¹³ <http://www.space.com/1616-making-history-Tiongkok-human-spaceflight.html> (diakses pada 23 April 2016)

¹⁴ <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=2003-045A> (diakses pada 23 April 2016)

berakhir tahun 2010 dan dilanjutkan dengan tahap kedua, yang mengirimkan kendaraan penjelajah ke bulan, dan misi ketiga yang merupakan misi pengiriman pesawat luar angkasa untuk mengambil contoh-contoh material demi keperluan penelitian di bumi. Tetapi, misi dan pendanaan tahap pertama (serta seluruh proyek) itu hingga kini masih belum disetujui oleh pemerintah. *Hu Shixiang*, wakil komandan tertinggi untuk program pesawat antariksa berawak Cina, mengkonfirmasi kebenaran tersebut saat dilakukan sesi tanya jawab pada 18 Oktober 2005 lalu mengenai kesuksesan operasi *Shenzhou VI*. Pada kesempatan yang sama terkuak pula ambisi Cina untuk dapat menguasai teknologi *docking* dan *spacewalk* sebelum tahun 2012.¹⁵

Program pesawat antariksa berawak Cina terdiri atas tiga tahap pengembangan, yang antara lain adalah :

1. Tahap Pertama

Termasuk di dalamnya peluncuran sejumlah pesawat tanpa awak antara kisaran tahun 1999 – 2002, yang diikuti peluncuran dua pesawat antariksa berawak pada 2005.

2. Tahap Kedua

¹⁵ <http://www.space.com/1667-shenzhou-6-Tiongkok-launches-astronauts-manned-spaceflight.html>
(diakses pada 22 April 2016)

Space docking dan *space walking* merupakan tujuan dari fase ini yang direncanakan sudah akan tercapai pada 2010. Pembangunan laboratorium angkasa sementara kelas 8 ton juga termasuk dalam rencana di fase ini.

3. Tahap Ketiga

Pada 2020 Cina merencanakan sudah akan mendirikan stasiun ruang angkasa permanen kelas 20 ton.

Berikut beberapa aset dan catatan penting (*track record*) yang dimiliki Cina dalam pengembangan program pesawat ruang angkasanya :

1. Cina mempunyai tiga tempat fasilitas peluncuran terpisah, yang antara lain adalah *Jiquan*, *Taiyuan*, dan *Xichang*.
2. Pada tahun 1960-an RRC mendidik dan melatih para insinyur wahana antariksanya, setelah sebelumnya dididik oleh Uni Soviet. Baru setelah 1980 RRC mengirim ribuan pelajarnya ke Amerika dan negara Barat lainnya untuk meneliti lebih dalam tentang teknologi antariksa, dan mengadakan program pertukaran pelajar.
3. Mitra kerja Cina dalam program antariksanya antara lain adalah Brazil, Perancis, dan Swedia. Kerjasama yang dilangsungkan dalam bentuk alih teknologi, pembagian *tracking station* (stasiun pencari jejak pesawat luar angkasa) bersama, dan lain lain. Terhadap Rusia, Cina bermitra dengan pertimbangan kesamaan kepentingan strategis kedua negara *vis-à-vis* Amerika. Rusia mendapat uang segar, Cina mendapat senjata dan teknologi. Kerjasama

semacam ini sendiri baru banyak meningkat semenjak berakhirnya Perang Dingin.

4. Cina menghabiskan 900 juta yuan atau 111 juta US\$ untuk misi *Shenzhou VI*; Bandingkan dengan alokasi dana pemerintah Cina untuk program pengurangan polusinya tahun 2004 yang sebesar 190 milyar yuan atau 23,5 milyar US\$.¹⁶

5. Para elite program antariksa Cina saat ini masih menunggu persetujuan pemerintah pusat untuk membuat roket seberat 25 ton, yang tiga kali lebih besar dari kapasitas roket terdahulu. Roket ini rencananya akan digunakan untuk pesawat antariksa Cina menuju bulan, yang dikatakan untuk tujuan eksplorasi-observasi dan keperluan misi damai.

6. Dalam bidang peroketan, Cina kini telah menguasai teknik pengambilan kembali satelit (*satellite recovery*), peluncuran banyak satelit dengan satu roket tunggal, propulsi kriogenik, roket pendorong yang ditempelkan (*strap-on booster*), satelit geostasioner, pengendalian dan penjejakan satelit (*satellite tracking*). Di bidang satelit penginderaan jauh dan telekomunikasi, Cina mencapai kemajuan yang berarti dalam eksperimen mikro-gravitasi dan pengembangan wahana antariksa berawak.¹⁷

¹⁶ *Loc.Cit*, Hidayat. 2015, dalam wawancara yang sama.

¹⁷ *Ibid*