

## IINUSAT-1: SATELIT-NANO PERDANA DI INDONESIA UNTUK PENELITIAN DAN PENDIDIKAN

<sup>a</sup>Tri Kuntoro Priyambodo, <sup>b</sup>Agfianto Eko Putra, <sup>c</sup>Muh. Asvial, <sup>d</sup>Ridanto Eko Putro,

<sup>e</sup>Gamantyo, <sup>f</sup>Endra Pitowarno, <sup>g</sup>Son Kuswadi, <sup>h</sup>Gunawan S. Prabowo

<sup>a,b</sup>Prodi Elektronika dan Instrumenasi, FMIPA, UGM

Jl. Sekip Utara, YOGYAKARTA–55281

<sup>c</sup>Universitas Indonesia, Jakarta, <sup>d</sup>Institut Teknologi Bandung, Bandung,

<sup>e</sup>Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, <sup>f,g</sup>Politeknik Elektronika Negeri Sepuluh Nopember, Surabaya, <sup>h</sup>Lembaga Penerangan dan Antarksa Nasional

E-mail: <sup>a</sup>mastri@ugm.ac.id

### Abstrak

Penguasaan teknologi kedirgantaraan menjadi sangat penting, mengingat luasnya kawasan wilayah Indonesia yang sebagian besar berupa perairan laut. Kondisi ini telah membuat penjagaan dan pengawasannya menjadi tidak mudah. Oleh karena itulah diperlukan teknologi satelite yang mampu dimanfaatkan untuk kepentingan penjagaan wilayah Indonesia. Keberhasilan mengembangkan IiNUSAT-1 di satu sisi membuktikan bahwa perguruan tinggi di Indonesia memiliki kompetensi dalam bidang pengembangan satelit-nano, di sisi lain juga menunjukkan bahwa bekerja bersama dalam bentuk jejaring penelitian akan mempercepat menguasaan teknologi dan peningkatan kompetensi penelitian. Selain dokumen *Telaah Rancangan Awal*, pada tahun pertama pengembangan IiNUSAT-1 juga dihasilkan purwarupa pengendali satelit-nano. Purwarupa yang dikembangkan telah diuji komunikasinya dengan XBee. Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul OBC/OBDH sudah bekerja sesuai dengan spesifikasi rancangan dengan kecepatan maksimal 115.2 kbps dan pengukuran suhu dilakukan tiap detik. Versi satelit-nano berikut, akan dapat dikembangkan pemanfaatan untuk bidang-bidang yang terkait dengan ketahanan dan kesejahteraan bangsa.

Kata kunci: Satelit-Nano, Telaah Rancangan Awal, Jejaring Kerjasama Penelitian, Pendidikan, Kesejahteraan Bangsa.

### Abstract

*Mastery of aerospace technology becomes very important for Indonesia. Due to the given the vast areas of Indonesia mostly in the form of marine waters. This condition has made a guarding and monitoring becomes easy. Therefore needed satellite technology that can be utilized to guard the interests of the territory of Indonesia. The success of developing IiNUSAT-1 on the one hand proves that the universities in Indonesia have competence in the field of nano-satellite development, on the other hand also shows that gotong-royong (working-together) in research-networks and technology will accelerate the research competence. In the first year of development IiNUSAT-1 produced a document Preliminary Design Review, and a prototype of the nano-satellite. The result shows that the nano-satellite prototype has maximum transfer rate 115.2 kbps and every parameter is sampled every second. Having experienced developing and operating the nano-satellite in the first year research project, it will trigger the research related to security and prosperity of the nation. The next version of the nano-satellite will be payloaded with sensors and instruments which can be utilized for national security and prosperity.*

Key-words: Nano-Satellite, Preliminary Design Review, Research Networks, Education, Prosperity.

## PENDAHULUAN

Perkembangan penelitian satelit menjadi semakin mudah dan dapat diikuti oleh perguruan tinggi karena dapat dilakukan dengan menggunakan sarana satelit-satelit yang berukuran kecil. Menurut Larson [1], satelit-satelit dengan ukuran kecil itu diklasifikasikan berdasarkan dimensi bobot. Dalam Tabel 1 ditampilkan klasifikasi satelit ukuran kecil dengan kisaran bobot serta kisaran biaya pembuatannya.

*Satelit-nano* adalah satu-satu jenis satelit yang memiliki berat kurang dari 10 kg. Teknologi di bidang *satelit-nano* khususnya di Indonesia dipelopori pertama kali oleh tim penyusun penelitian satelit-nano [2] untuk diajukan pada DP2M DIKTI pada tahun 2008. Pada saat yang bersamaan dengan upaya tersebut, upaya melalui workshop tentang satelit-nano dilakukan oleh INSPIRE (*Indonesian Nano-Satellite Platform Initiative for Research & Education*) sebagai suatu wadah nir-laba yang bertujuan untuk membangun & mengembangkan platform teknologi satelit (*satelit-nano* khususnya) di kalangan perguruan tinggi di Indonesia [3]. Dengan adanya INSPIRE ini, riset mengenai teknologi persatelitan khususnya *nanosatellite* mulai gencar dilakukan. Struktur *nanosatellite* yang dikembangkan oleh INSPIRE [4] ini mengikuti bentuk *cubesat*.

Secara umum, komponen penyusun *nanosatellite* dapat dibagi menjadi beberapa subsistem antara lain: sub-sistem *payload* yang menjalankan fungsi komunikasi, *Attitude Determination and Control System* (ADCS) untuk mengendalikan sikap satelit seperti arah satelit, *On-Board Computer/On-Board Data Handling* (OBC/OBDH) sebagai unit pemrosesan data yang diterima dari masing-masing sub-sistem, *Ground Station* sebagai unit yang digunakan untuk menerima data telemetri dari satelit dan mengirimkan telekomando ke satelit di permukaan bumi, dan sub-sistem yang terakhir adalah *Electrical Power System* (EPS). Masing-masing komponen atau sub-sistem tersebut dinTEGRASIKAN dengan menghubungkan pada bus serial serta format data yang dirancang khusus untuk IiNUSAT-1.

IiNUSAT-1 dibangun dengan tujuan agar dapat memenuhi misi utama untuk digunakan sebagai satelit pembelajaran. Baik pembelajaran pada tahap perancangan,

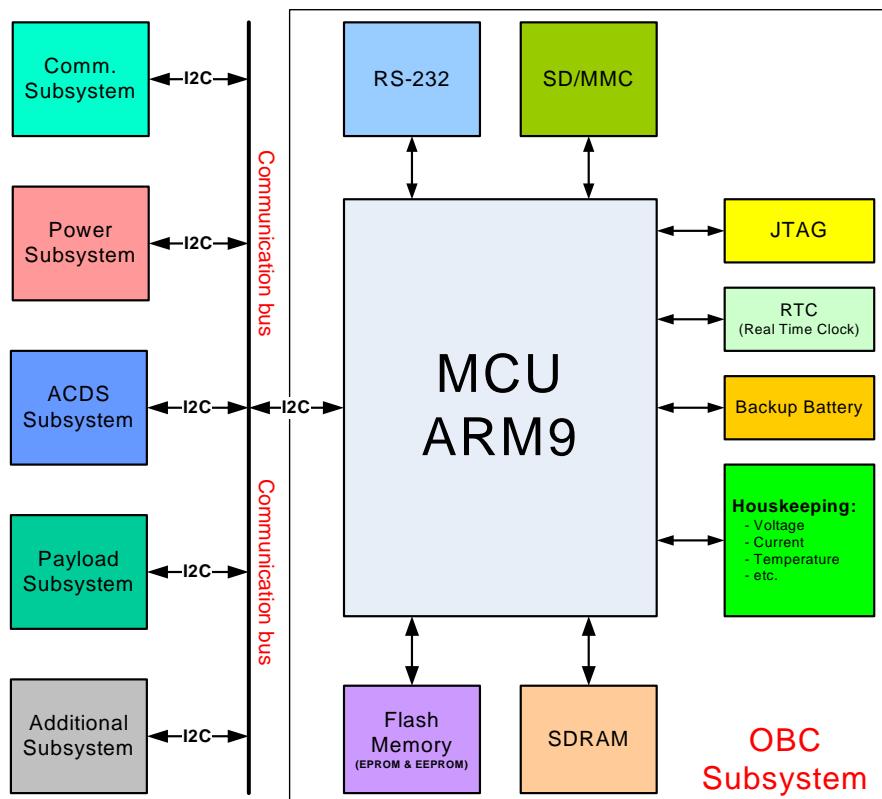
pembangunan maupun pengoperasian dari satelit-nano tersebut. Misi utama ini ditekankan pada kemampuan penanganan komunikasi antara satelit nano di ruang angkasa dengan stasiun bumi [5]. Pembelajaran yang lebih utama adalah adanya manfaat dari kegiatan penelitian ini yang berupa pembangunan jejaring kerjasama penelitian diantara peneliti pada perguruan tinggi di Indonesia. Untuk kepentingan pembelajaran dalam pengendalian dan pengoperasian satelit nano sub-sistem komunikasi ditentukan menggunakan frekuensi radio amatir. Frekuensi ini dipilih agar lebih banyak pihak dapat terlibat dalam memantau dan mengolah data-data kesehatan satelit yang dikirimkan ke stasiun bumi.

## RANCANGAN SISTEM

Untuk menyederhanakan proses pengembangan maka satelit-nano IiNUSAT-1 dirancang secara modular, dimana secara keseluruhan sistem dibagi menjadi beberapa sub-sistem. Adapun sub-sistem yang menyusunnya adalah terdiri dari sub-sistem struktur, computer pengendali (OBC/OBDH), pengendali sistem catu daya elektronik, sub-sistem pengendali attitude, sub-sistem telemetri dan komunikasi, dan muatan satelit. Selain pengembangan seluruh sistem satelit-nano, juga dibangun stasiun-bumi sebagai sub-sistem yang terkait dengan pengendalian, pemantauan dan pengolahan data-data telemetri yang dikirimkan oleh satelit ke bumi. Gambar 1 menunjukkan arsitektur satelit-nano IiNUSAT-1 lengkap dengan hubungan antar sub-sistemnya. Antar sub-sistem dihubungkan dengan beberapa tipe bus baik serial.

Tabel 1. Klasifikasi Satelit Ukuran Kecil

Klasifikasi	Massa	Biaya Pengembangan dan Pembuatan
Satelit Mini	100 – 1000 kg	50-200 Miliar Rupiah
Satelit Mikro	10 – 100 kg	20-50 Milyard Rupiah
Satelit Nano	< 10 kg	< 10 Milyard Rupiah



Gambar 1. Rancangan Sistem IiNUSAT-1.

Kesederhanaan rancangan satelit-nano IiNUSAT-1 adalah terletak pada rancangan seluruh sub-sistem yang menempatkan otak pengendali pada setiap sub-sistem, sehingga beban komputer *OBC/OBDH* akan dapat diminimalkan. Ada dua keuntungan yang diharapkan akan diperoleh dengan adanya rancangan tersebut. Keuntungan pertama adalah kesederhanaan proses pengembangan sekaligus kecepatan pengembangan seluruh sub-sistem, karena masing-masing sub-sistem seolah menjadi sistem *embedded* yang mandiri. Sambungan dengan seluruh sub-sistem dilakukan dengan menggunakan bus dan protokol komunikasi yang ditetapkan. Dengan demikian *OBC/OBDH* sebagai otak dari satelit-nano ini berfungsi sebagai menerima data dari semua sub-sistem dan memberikan komando kepada sub-sistem sebagai bagian dari pengendalian dan tanggapan atas data yang dikirimkan oleh sub-sistem.

### Rancangan Struktur

Peran utama dari struktur adalah sebagai bagian yang mewadahi dan melindungi semua sub-sistem satelit-nano. Semua sub-sistem diintegrasikan dan ditempatkan di dalam

struktur tersebut. Struktur satelit-nano dirancang akan mampu untuk menahan guncangan saat peluncuran serta melindungi satelit-nano dari lingkungan luar angkasa yang sangat tidak ramah karena adanya konsentrasi material radioaktif yang sangat tinggi. Sub-sistem struktur diserahkan kepada LAPAN untuk merealisirnya.

### Komputer Pengendali Satelit (*OBC/OBDH*)

Sub-sistem *OBC/OBDH* adalah merupakan bagian yang tugas utamanya adalah untuk mengordinasikan operasi seluruh sub-sistem satelit-nano yang ada. Oleh karena itu *OBC/OBDH* mempunyai komponen utama berupa mikro-prosesor atau mikro-kontroler. Dalam rancangan IiNUSAT-01 telah dipikirkan untuk menggunakan menggunakan prosesor *ARM7* atau *ARM9*.

Pemilihan prosesor untuk *OBC/OBDH* didasarkan pada perhitungan beban tugas serta kemudahan dalam proses perancangan maupun implementasi. Dengan memikirkan bahwa perancangan dan implementasi diharapkan tidak terlalu lama, maka diperhatikan pula ketersediaan komponen tersebut di pasaran di Indonesia. Pada tahap awal, komponen yang

dipergunakan dalam membangun sub-sistem *OBC/OBDH* masih belum memperhatikan ketahanannya di lingkungan luar angkasa. Pertimbangannya adalah bahwa sub-sistem akan diuji kinerjanya fungsionalnya di laboratorium sehingga tidak diperlukan komponen dengan spesifikasi khusus. Modul ini akan diuji juga ketahanannya terhadap lingkungan luar angkasa dengan sasaran masih tetap berfungsi sesuai dengan yang ditetapkan dalam rancangan.

### Catu Daya

Konsumsi daya yang dianggarkan untuk IiNUSAT-1 sebesar 25 watt. Dengan kebutuhan daya tersebut, sumber daya utama IiNUSAT-1 akan menggunakan sinar matahari yang diubah menjadi energi listrik melalui perantara sel surya. Prinsip kerja sel surya adalah mengubah tumbukan-tumbukan foton menjadi arus. Sel surya akan bekerja secara efektif apabila mendapatkan sinar matahari secara tegak lurus. Namun pada saat melaksanakan misinya, pada waktu-waktu tertentu satelit akan mengalami keadaan gerhana, dimana akses sinar matahari akan terbatas (tidak ada sama sekali). Oleh karena itu, diperlukan baterai yang mampu menyimpan energi dan dapat diisi ulang saat satelit mengakses matahari serta dapat digunakan sebagai sumber daya untuk satelit pada keadaan gerhana.

IiNUSAT-1 memerlukan pasokan daya sebesar 25 watt. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu dirancang susunan sel surya yang dapat memenuhi batasan-batasan satelit yaitu: geometri, berat dan kompleksitas. Untuk mengurangi masa total satelit sebagai penghematan biaya produksi maka diputuskan *solar array* untuk IiNUSAT-1 dirancang dengan metode *body-mounted*.

Tabel 2. Orde Gangguan Sikap Satelit.

Gangguan	Torque (Nm)
<i>Gravity Gradient</i>	$8,8E-09$
<i>Solar Radiation</i>	$5,5E-08$
<i>Aerodynamics</i>	$4,5E-05$
<i>Magnetic</i>	$7,7E-08$
<i>Total (RSS)</i>	$4,5E-05$

### Pengendali (ADCS)

Menurut Sellers [7], untuk orbit yang dipilih orde gangguan sikap satelit pada operasinya dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari perhitungan didapat torsi total yang dialami oleh satelit sebesar  $4,5E-05 \text{ Nm}$ . Angka ini akan dijadikan acuan untuk penentuan hardware ADCS yang dipakai.

### Sistem Komunikasi

Sub-sistem komunikasi menjadi bagian penting dari sebuah sistem satelit-nano, karena sub-sistem ini menjadi sarana penghubung dengan sub-sistem stasiun bumi sehingga memungkinkan untuk mengendalikan satelit-nano. Melalui sarana sambungan antara sub-sistem komunikasi dengan sub-sistem stasiun bumi pula operasi satelit-nano dapat dipantau dan dicatat. Sub-sistem komunikasi ini dalam kegiatan penelitian INSPIRE ditugaskan kepada Universitas Indonesia.

Dalam rancangan satelit-nano IiNUSAT-1, sub-sistem komunikasi akan dimanfaatkan sebagai sarana untuk pengendalian, penyampaian data telemetri, dan pelacakan posisi sekaligus muatan eksperimen untuk komunikasi emergensi. Dalam eksperimen muatan komunikasi emergensi, sub-sistem ini mampu meneruskan pesan pendek (SMS) yang dikirimkan dari satu stasiun bumi ke stasiun bumi lainnya. Prinsip utama adalah menggunakan *store and forward*.

Frekuensi untuk komunikasi antara satelit-nano di ruang angkasa dengan stasiun bumi dipisahkan antara daerah frekuensi untuk up-link dipisahkan jauh dengan daerah frekuensi untuk down-link. Daerah frekuensi yang dipilih adalah daerah frekuensi yang dialokasikan untuk kegiatan komunikasi radio amatir. Dalam IiNUSAT-1 untuk up-link digunakan frekuensi UHF, sedangkan untuk down-linknya digunakan frekuensi VHF. Penentuan frekuensi ini adalah karena mempertimbangkan faktor gangguan dan interferensi aktivitas komunikasi pihak lain.

### Muatan Satelit

Satelit-nano IiNUSAT-1 dirancang untuk kepentingan pembelajaran, baik dalam proses perancangan, pengembangan, dan operasional. Sehingga muatan utama lebih ditekankan kepada sub-sistem komunikasi. Dengan kata

lain, muatan dalam satelit-nano IiNUSAT-1 adalah komunikasi. Lebih spesifik lagi, muatan sub-sistem komunikasi yang dipakai untuk eksperimen adalah sistem komunikasi pesan pendek dengan prinsip *store and forward*. Sistem komunikasi tersebut adalah untuk kepentingan komunikasi emergensi, misalnya saat terjadi bencana alam gempa bumi, kebakaran atau banjir dimana pada saat tersebut sistem komunikasi regular tidak berfungsi..

### Stasiun Bumi

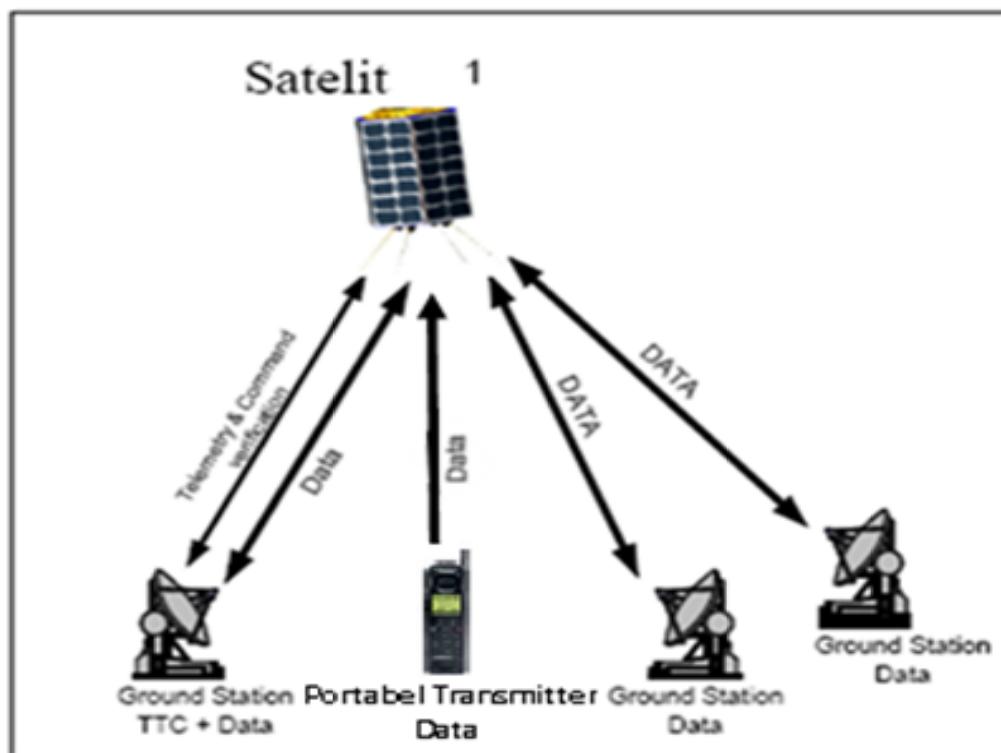
Ada tiga jenis *ground segment* dalam pengoperasian IiNUSAT-1 ini, yaitu: stasiun bumi kontrol (GS-C), stasiun bumi partisipan (GS) dan suatu portable transmitter. GS-C adalah stasiun bumi yang bisa melakukan semua akses kepada satelit yaitu menerima data telemetry, pengiriman komando kepada satelit, pengiriman data dan menerima data. GS adalah stasiun bumi yang bisa melakukan akses kepada satelit hanya untuk mengirimkan data maupun menerima data dari satelit baik secara realtime maupun secara store and forward. Sementara portabel transmitter hanya untuk mengirimkan data.

Dalam melakukan misinya, IiNUSAT melakukan koneksi dengan stasiun bumi/perangkat portabel sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Ringkasannya sebagai berikut:

1. GS-C dapat mengirim sinyal komando ke satelit untuk *on/off broadcast*.
2. Hanya satu GS-C yang dapat mengirim sinyal komando per hari (penjadualan).
3. Tiap GS dapat mengirim *sms* untuk *broadcast* ke GS lain.
4. Tiap GS secara simultan bisa mengirim *smsdata (TDMA)*.
5. Tiap GS dapat menerima sinyal *sms* dari GS lain dan data telemetri satelit.

Data yang dikirim adalah berupa *sms* data dengan jumlah data yang direncanakan adalah 500 karakter. Tiap karakter menggunakan 8 bit ditambah dengan 1 bit start dan 1 bit stop. Perkiraan awal total bit per paket adalah 5200 bit. Dengan kecepatan transmisi data 1200 *bps*, satu paket data dapat dikirimkan secara realtime dengan membutuhkan waktu kurang lebih 9 detik.



Gambar 2. Arsitektur Komunikasi Satelit-Nano IiNUSAT-1.

Data telemetri yang diambil satelit adalah berupa data-data *housekeeping* satelit, dan data *attitude* satelit. Data-data *telemetry* ini diambil satelit di orbitnya dan akan dipancarkan bergantian dengan data *sms*. Baik data telemetri maupun data *sms* dapat diterima oleh *GS-C* dan *GS*. Data *real-time* dikirimkan untuk kondisi ketika dua *GS* berada dalam satu *coverage* sedangkan *store and forward* untuk dua *GS* yang tidak berada dalam satu *coverage*. Pengiriman *sms* data (*uplink*) dilakukan ketika stasiun bumi (atau suatu *portable equipment*) berada dalam *coverage* satelit.

## ORGANISASI KEGIATAN PENELITIAN

Satelit-*nano* IiNUSAT-1 dikembangkan oleh beberapa perguruan tinggi di Indonesia secara gotong-royong dalam wadah kegiatan

*Indonesian Nano Satellite Platform Initiatives for Research and Education (INSPIRE)*. Adapun perguruan tinggi yang terlibat dalam pengembangan adalah Universitas Gadjah Mada, Universitas Indonesia, Institut Teknologi Bandung, Institute Teknologi Sepuluh November, dan Politeknik Elektronika Negeri Sepuluh Nopember. Selain ke lima perguruan tinggi tersebut, kegiatan *INSPIRE* didukung pula oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).

Header	Code	Info	End of line	Check Sum
80 Bit	50 Bit	N*10 Bit	20 Bit	50 Bit

*N* adalah jumlah karakter yang dikirimkan.

Gambar 3. Protokol Data yang Dikirim.

Tabel 3. Program Kerja Penelitian Satelit-*Nano INSPIRE*.

Program	:	<i>INSPIRE</i>
Nama Satelit	:	<i>Indonesian Inter University Satellite - 1</i>
<i>Program Specification</i>	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Satelit Pertama yang dibuat oleh kolaborasi Mahasiswa Indonesia (Universitas di Indonesia)</li> <li>2 Merupakan kombinasi antara:<i>Project + Edukasi + Research</i></li> </ol>
<i>Quick Wins 2010</i>	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dokumen <i>Mission Design</i></li> <li>2. Dokumen <i>Preliminary Design Review + Mock Up Iinusat</i></li> </ol>
<i>Constraint Waktu 2010</i>	:	September s/d Desember 2010
Pelaku	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tim Inti/Koordinator Program</li> <li>2. Dosen /Koordinator PT</li> <li>3. <i>Engineer/Mentor/Konsultan</i></li> <li>4. <i>Student Research (4)</i></li> </ol>
<i>Output s/d 2014</i>	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Satelit System (spacecraft+Ground Segment Network),</i></li> <li>2. <i>S1/Master/Doctor</i> dalam bidang Satelit (21 Orang )</li> <li>3. <i>Networking</i></li> </ol>
<i>Schedule</i>	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>2010 -&gt;<i>Missin Design, Preliminary Design</i></li> <li>2011 -&gt;<i>Critically Design, Procurement &amp; Manufacture and Test Sub System</i></li> <li>2012 -&gt;<i>Integration and Pre Launch</i></li> <li>2013 -&gt;<i>Launch</i></li> </ol>

Gotong-royong dalam pengembangan satelit-nano IiNUSAT-1 [5] diterapkan dalam bentuk pembagian tanggung jawab pengembangan, mulai dari perancangan, implementasi, integrasi, pengujian sampai tahap operasional. Dengan cara pengembangan satelit-nano yang demikian itu akan diperoleh manfaat yang besar. Pertama, adalah bahwa cara pengembangan satelit-nano dengan prinsip gotong-royong ini akan dapat memperpendek siklus pengembangan satelit yang menurut Larson dan Wertz [1] biasanya memerlukan waktu 5 (lima) tahun sampai 7 (tujuh) tahun dapat diperpendek menjadi tinggal 4 (empat) tahun. Keuntungan kedua adalah terbentuknya jaringan kerjasama penelitian dalam bidang satelit-nano diantara personil dan institusi perguruan tinggi di Indonesia serta lembaga penelitian LAPAN. Dengan adanya pembagian tanggung jawab untuk membangun satu sub-sistem saja, maka setiap institusi akan mendapatkan beban yang ringan. Kemudian untuk merancang dan membangun satu sistem satelit-nano yang utuh, diperlukan proses diskusi dan kerjasama, dimana proses ini akan membuat terjadinya pembelajaran bagi institusi lainnya. Dengan demikian, dalam waktu yang lebih singkat, setiap institusi yang tergabung dalam *INSPIRE* akan dapat menguasai teknologi seluruh sub-sistem satelit-nano. Sedangkan keuntungan yang ketiga adalah bahwa terbentuk pusat-pusat penelitian dan pengembangan satelit-nano yang tersebar di banyak institusi, sehingga akan membuat semakin cepatnya penguasaan kompetensi iptek di bidang luar angkasa. Dengan demikian maka nantinya akan dapat dibangun program-program pendidikan untuk iptek bidang luar angkasa (*Space Science and Technology*).

Pendekatan organisasi pengembangan satelit-nano dengan menerapkan prinsip gotong-royong seperti yang dilakukan untuk IiNUSAT-1 adalah merupakan yang pertama di dunia. Pelaksanaan pengembangan satelit-nano di perguruan tinggi yang mirip dengan yang dilakukan untuk pengembangan IiNUSAT-1 adalah pada *NCUBE-1* [6] yang dilakukan oleh Norwegian Universitas Sains dan Teknologi Norwegia. Akan tetapi dalam pengembangan *NCUBE-1* kelompok-kelompok yang mengerjakan sub-sistem masih dalam lingkup satu universitas. Pada akhir dengan cara gotong-royong dalam pengembangan satelit-nano akan didapatkan manfaat yang paling

berharga, yaitu tercapainya kemandirian teknologi di bidang satelit.

## PENGEMBANGAN IiNUSAT-1

Menurut Larson [1] pada umumnya pengembangan satelit akan melalui beberapa tahap sebelum Pengembangan satelit-nano IiNUSAT-1 dilakukan dengan cara yang tidak biasa dilakukan di Negara manapun di dunia. Cara pengembangannya adalah dengan memberdayakan seluruh potensi yang ada di perguruan tinggi di Indonesia yang tergabung dalam *INSPIRE*. Setiap perguruan tinggi yang menjadi anggota *INSPIRE* mendapatkan tugas untuk mengembangkan satu sub-sistem yang merupakan bagian dari seluruh sistem satelit-nano. Diagram pembagian tugas pengembangan IiNUSAT-1 dapat dilihat pada Gambar 2.

Pembagian tugas pengembangan ini bermaksud untuk membangun jejaring kerjasama penelitian. Sehingga seluruh perguruan tinggi yang terlibat dapat bersinergi membangun kompetensi secara bersama. Dengan demikian dalam melakukan perancangan satelit-nano mulai tahap *Mission Design*, tahap *Preliminary Design*, sampai *Critical Design Review* dilakukan dengan cara bersama-sama dalam bentuk lokakarya yang melibatkan pakar di luar tim. Selain pakar yang diundang untuk memberikan paparan terkait dengan aktivitas pengembangan satelit-nano, dihadirkan juga mahasiswa dari perguruan tinggi terkait. Pemikirannya adalah bahwa penerus kegiatan penelitian di masa mendatang adalah mahasiswa. Sehingga perlu dikenalkan dan dilibatkan dalam penelitian agar dapat mengikuti sejak awal dan nantinya kompetensi mereka akan cukup untuk meneruskan penelitian lebih lanjut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan tiap-tiap modul telah dilakukan secara terpisah oleh masing-masing tim yang telah ditentukan secara bersama. Dengan demikian maka pengujian pada tahap ini dilakukan secara modular, tiap-tiap modul diuji secara terpisah.

Hasil pengujian terhadap modul *OBC/OBDH* telah dilakukan untuk mengetahui 3 hal, yaitu pertama untuk menguji modul

tersebut sudah berfungsi. Kedua menguji sensor yang dipasang pada *OBC* dan *OBDH* dapat berfungsi dengan benar. Ketiga adalah untuk menguji komunikasi data dapat berjalan dan berfungsi dengan baik.

Modul *OBC/OBDH* yang dihasilkan adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Pengujian komunikasi dilakukan dengan membawa modul ke angkasa dengan menggunakan balon. Adapun modul komunikasi yang digunakan adalah Xbee, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

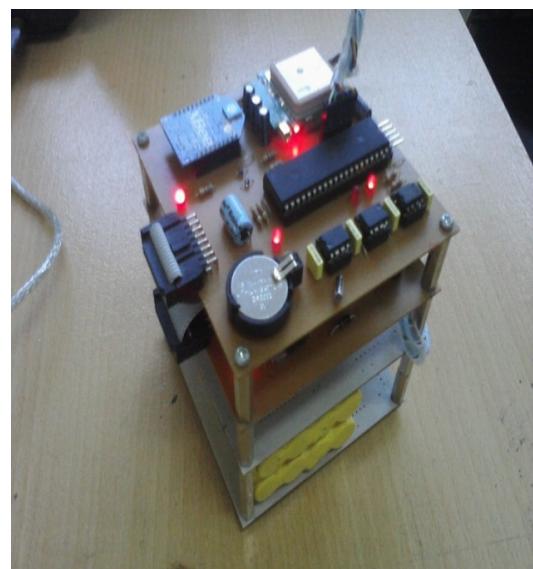
Sedangkan Gambar 6 menunjukkan hasil pencatatan data dalam komunikasi tersebut. Dalam tampilan tersebut tampak bahwa ada catatan waktu yang meliputi tanggal, jam, menit, detik, dan data suhu serta posisi yang dikirimkan dari perangkat *GPS* yang ditempatkan sebagai *dummy-payload* pada modul *OBC/OBDH*.

Pengujian terhadap modul *OBC/OBDH* yang telah dilakukan dengan melakukan dengan komunikasi dengan komputer yang difungsikan sebagai *emulator ground-station*, menunjukkan bahwa komunikasi data telah dapat berjalan dengan baik. Hasil rekaman pada emulator ground-station menunjukkan bahwa data-data sudah bisa diterima dengan benar. Selanjutnya dengan mencermati nilai-nilai pada besaran data yang berhasil ditangkap, tampak bahwa sensor suhu yang terpasang telah menangkap data dengan baik. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa modul *OBC/OBDH* telah dapat bekerja dengan baik dan benar, sehingga sudah siap untuk diintegrasikan dengan modul-mudul lainnya.

## PENGEMBANGAN MENDATANG

Dengan telah berhasilnya dikembangkan satelit-nano IiNUSAT-1, maka pengalaman mengendalikan operasi satelit-nano, serta memahami lingkungan luar angkasa dimana satelit beroperasi, akan dapat digunakan untuk merancang muatan satelit baik untuk kepentingan penelitian, pengujian maupun untuk kepentingan praktis. Salah satu muatan satelit yang dapat diterapkan adalah peralatan untuk pemantauan pergerakan kapal nelayan. Peralatan lain adalah pemantau daerah perbatasan, pemantauan untuk mitigasi bencana alam seperti bahaya banjir, banjir lahar dingin, ataupun kebakaran hutan. Jenis muatan lain

adalah sebagai sarana pemantau suhu permukaan bumi, suhu angkasa diatas bumi nusantara. Dengan demikian satelit-nano yang dibangun setelah IiNUSAT-1 mengakasa akan dapat dimanfaatkan untuk bidang-bidang pertahanan, komunikasi, mitigasi bencana, pemantauan daerah perbatasan serta untuk bidang pertanian, perikanan dan kelautan.



Gambar 4. Modul *OBC/OBDH*.



Gambar 5. Modul Komunikasi.

```

COM15

07/16/11 16:15:27 30.0_Celc GPRMC,090337.553,A,0744.8792,S,11021.3274,E,1.92,224.93,160711,,,A*78
07/16/11 16:15:28 30.0_Celc GPGGA,090338.553,0744.8743,S,11021.3266,E,1,04,7.0,177.2,M,4.4,M,,0000*7E
07/16/11 16:15:28 30.0_Celc GPRMC,090338.553,A,0744.8743,S,11021.3266,E,0.35,200.49,160711,,,A*75
07/16/11 16:15:29 30.0_Celc GPGGA,090339.553,0744.8715,S,11021.3286,E,1,04,7.0,177.3,M,4.4,M,,0000*73
07/16/11 16:15:29 30.0_Celc GPGSV,3,1,11,24,64,046,22,11,47,021,18,07,45,341,32,08,17,336,27*78
07/16/11 16:15:30 30.0_Celc GPGSV,3,3,11,32,19,109,,16,05,090,,30,03,332,*41
07/16/11 16:15:30 30.5_Celc GPGGA,090340.553,0744.8718,S,11021.3269,E,1,04,7.0,177.5,M,4.4,M,,0000*77
07/16/11 16:15:30 30.0_Celc GPRMC,090340.553,A,0744.8718,S,11021.3269,E,2.51,204.64,160711,,,A*70
07/16/11 16:15:31 30.5_Celc GPGGA,090341.553,0744.8758,S,11021.3223,E,1,04,7.0,180.7,M,4.4,M,,0000*76
07/16/11 16:15:31 30.0_Celc GPRMC,090341.553,A,0744.8758,S,11021.3223,E,4.43,220.57,160711,,,A*78
07/16/11 16:15:32 30.5_Celc GPGGA,090342.553,0744.8780,S,11021.3207,E,1,04,7.0,179.2,M,4.4,M,,0000*75
07/16/11 16:15:32 30.5_Celc GPRMC,090342.553,A,0744.8780,S,11021.3207,E,5.65,215.79,160711,,,A*77
07/16/11 16:15:33 30.5_Celc GPGGA,090343.553,0744.8766,S,11021.3208,E,1,04,7.0,182.1,M,4.4,M,,0000*74
07/16/11 16:15:33 30.5_Celc GPRMC,090343.553,A,0744.8766,S,11021.3208,E,5.10,198.70,160711,,,A*7C
07/16/11 16:15:34 30.5_Celc GPGGA,090344.553,0744.8749,S,11021.3214,E,1,04,7.0,185.3,M,4.4,M,,0000*76
07/16/11 16:15:34 30.5_Celc GPGSV,3,1,11,24,64,046,22,11,47,021,17,07,45,341,32,08,17,336,27*77
07/16/11 16:15:35 30.5_Celc GPGSV,3,3,11,32,19,109,,16,05,090,,30,03,332,*41
07/16/11 16:15:35 30.5_Celc GPGGA,090345.553,0744.8739,S,11021.3223,E,1,03,12.3,186.8,M,4.4,M,,0000*4C
07/16/11 16:15:35 30.5_Celc GPRMC,090345.553,A,0744.8739,S,11021.3223,E,2.89,172.89,160711,,,A*7C
07/16/11 16:15:36 30.5_Celc GPGGA,090346.553,0744.8731,S,11021.3234,E,1,03,12.3,187.6,M,4.4,M,,0000*4B
07/16/11 16:15:36 30.5_Celc GPRMC,090346.553,A,0744.8731,S,11021.3234,E,2.50,160.67,160711,,,A*76
07/16/11 16:15:37 30.5_Celc GPGGA,090347.553,0744.8708,S,11021.3254,E,1,03,12.3,188.6,M,4.4,M,,0000*4C

```

Autoscroll      No line ending      9600 baud

Gambar 6. Hasil Perekaman Komunikasi Data Modul *OBC/OBDH* dengan *Emulator Ground-Station*.

Selain pengembangan penelitian bidang-bidang tersebut di atas yang dapat direalisasikan dalam bentuk muatan satelit-nano, baik sebagai muatan eksperimen maupun muatan operasional. Adapun proses pengembangan muatan-muatan tersebut diharapkan dilakukan dengan melibatkan banyak mahasiswa dan perguruan tinggi di Indonesia dengan cara dilombakan. Dengan cara ini maka waktu pengembangan akan jauh lebih singkat dari pada apabila dikerjakan hanya olehsatru institusi. Keuntungan lain dari model pengembangan teknologi satelit-nano dengan dilombakan adalah bahwa seluruh potensi dan kompetensi dapat dibangun secara serempak dan diberdayakan dengan singkat dan biaya yang lebih murah. Selanjutnya, dengan semakin banyaknya perguruan tinggi serta sumberdaya manusia yang menguasai dan memiliki kompetensi dalam bidang satelit-nano, maka Indonesia akan semakin mandiri dalam bidang tersebut. Dengan semakin banyaknya perguruan tinggi yang turut serta melakukan penelitian bidang satelit-nano, maka dapat dibangun stasiun bumi di setiap perguruan tinggi tersebut, sehingga di setiap daerah akan ada stasiun bumi. Selain itu, diharapkan akan dapat dibangun satelit-nano

sendiri sehingga secara nasional akan dapat dibangun konstelasi satelit. Dengan demikian, maka pengamatan permukaan bumi Indonesia melalui satelit-nano secara berkelanjutan.

## SIMPULANDAN SARAN

Purwarupa yang sudah berhasil dibuat memberikan hasil bahwa kecepatan transfer komunikasi data 115.2 kbps. Kecepatan tersebut dapat digunakan untuk mencatat dari semua parameter dalam waktu satu detik.

Dengan telah selesainya tahap pengembangan satelit-nano IIINUSAT-1 pada tahap *Preliminary Design Review*, telah menunjukkan adanya kompetensi di perguruan tinggi di Indonesia untuk melakukan penelitian dan pembangunan satelit-nano. Pengembangan satelit-nano secara gotong-royong adalah sangat spesifik karena dilakukan dengan memberdayakan jejaring kompetensi di antara perguruan tinggi di Indonesia. Dengan demikian maka akan dapat merencanakan dan membangun satelit-nano serta meningkatkan kompetensi sumberdaya manusia dalam bidang sains dan teknologi ruang angkasa secara lebih cepat.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penghargaan dan ucapan terimakasih kami ucapkan kepada DP2M yang telah memberikan dukungan dan dana untuk Kegiatan Penelitian *INSPIRE* tahun 2010. Demikian pula dukungan

dan kerjasama teman-teman dalam satu tim. Secara khusus kami ucapkan terimakasih kepada Bp. Dr. Dedi Wicaksono dan Mas Dwi Hartanto penggagas awal kegiatan penelitian tentang satelit-*nano* ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] LarsonWJ, and WertzJR,*Space Mission Analysis and Design: Third edition*, Microcosm, Inc:Torrance, California, 1999.
- [2] PutraAE, PrabowoGS, PutraRE, TriyanaK, PriyambodoTK, AsvialM, SlametW, dan FitrianingsihE, *Proposal Pengembangan Indonesian Inter University Satellite-01:Hibah Bersaing Perguruan Tinggi 2008, FMIPA-UGM*: Yogyakarta, 2008.
- [3] WicaksonoD, PrimaatiA, dan HartantoD, *Proposal Indonesian Nano Satellites Platform Initiative for Research and Education (INSPIRE)*, TU Delft: Delft, 2009.
- [4] Kuswadi S, Pitowarno E, Hartanto D, Prabowo GS, Poetro RE, Putra AE,*Proposal Pengembangan Indonesian Inter University Satellite – 01, PENS*:Surabaya, 2010
- [5] PriyambodoTK, KuswadiS, Agfianto EP, Endra P, Ridanto EP, Asvial, Gamantyo, Arifin N, Gunawan, *Laporan Penelitian INSPIRE: Preliminary Design Review*, DP2M DIKTI, Jakarta, 2010.
- [6] EideE, dan IlstadJ, NCUBE-1, The First Norwegian Cubesat Student Satellite, *Proceesings of the 16<sup>th</sup> ESA Symposium on European Rocket and Balloon Programmes and Related Research*, St. Gallen, Switzerland, pp.85–88, 2003.
- [7] SellersJ, *Understanding Space: an Introduction to Astronautics*,McGraw-Hill Companies, Inc.: New York, 2000.