

ANALISIS PERANGKAT LUNAK SIMULATOR BINTANG UNTUK PENGUJIAN STAR SENSOR (ANALYSIS SOFTWARE STAR SIMULATOR FOR STAR SENSOR TESTING)

Muh. Sulaiman Nur Ubay^{*)1}, M. Arif Salfudin^{**)2}

^{*)} Peneliti Pusat Teknologi Satelit, LAPAN

^{**) Perekayasa Pusat Teknologi Satelit, LAPAN}

¹e-mail: sulaiman_itb@yahoo.com

ABSTRACT

Star sensor is a sensor that is mostly used in satellite attitude determination because of a high degree of accuracy and speed in generating data satellite attitude. Star sensor technology is continually developing to produce a better performance so as to improve the performance and reliability of Attitude Determination and Control System (ADCS) satellites. This paper outlines the design of a star simulator software for the purpose of facilitating the testing of star sensor in the laboratory without being constrained by location and time. Testing is performed using real time data in the form of a panorama image obtainable from the star sensor. The program is implemented in the data processing unit based on certain stars pattern recognition algorithms. The position of star in this simulation is static in view of verifying the reading consistency of star data. The designed star simulator has been showing a good performance, as in terms of hardware specifications has produced star images according to the needs of that pixel error < 80 milidegree. From the test results it can be seen that the star sensor reading stability simulator generates stable telemetry data with the attitude that the error value $\Delta RA=0$, $\Delta DE=0$, $\Delta AZ=0$.

Keywords: *Satellite Attitude, Star sensor, Star simulator*

ABSTRAK

Sensor bintang merupakan sensor yang banyak digunakan dalam determinasi sikap satelit (*attitude determination*) karena tingkat akurasi yang tinggi dalam menghasilkan data sikap satelit. Teknologi sensor bintang terus dikembangkan untuk menghasilkan kinerja yang lebih baik sehingga secara khusus akan meningkatkan performa dan reliabilitas ADCS (*Attitude Determination and Control System*) satelit. Pada karya tulis ilmiah ini dilakukan analisa terhadap perangkat lunak simulator bintang untuk pengujian sensor bintang dengan tujuan agar pengujian sensor bintang dapat dilakukan tanpa terkendala oleh tempat dan waktu. Posisi bintang yang disimulasikan bersifat statis untuk menguji konsistensi pembacaan data bintang. Simulator bintang yang dibangun menunjukkan kinerja simulator bintang statik sudah cukup baik, dari sisi spesifikasi perangkat keras telah menghasilkan citra bintang sesuai dengan kebutuhan yaitu eror piksel < 80 miliderajat. Dari hasil pengujian sensor bintang dapat dilihat bahwa reading stability simulator menghasilkan data telemetri yang stabil dengan nilai error attitude yaitu $\Delta RA=0$, $\Delta DE=0$, $\Delta AZ=0$.

Kata kunci: *Sikap satelit, Sensor bintang, Simulator bintang*

1 PENDAHULUAN

Salah satu sub sistem satelit adalah *Attitude Determination and*

Control System (ADCS) dan sensor bintang merupakan salah satu komponen ADCS untuk *attitude determination* atau

penentuan sikap satelit. Sensor bintang adalah komponen *attitude determination* yang mempunyai akurasi yang tinggi. (Bak, 1999). Sensor bintang terdiri dari kamera dan komputer *onboard* atau disebut juga dengan *Data Processing Unit* (DPU) yang digunakan untuk melakukan pemrosesan data bintang. Pada prinsipnya, cara kerja sensor bintang adalah melakukan perhitungan posisi bintang dari sekumpulan cahaya yang ditangkap oleh sensor kamera. Jika posisi bintang diketahui dalam referensi inersial, maka dapat diketahui orientasi sikap satelit (Saifudin & Triharjanto, 2010). Proses perhitungan posisi bintang adalah proses mengidentifikasi citra pada sensor dengan katalog bintang. Ada beberapa teknik atau algoritma yang dipakai untuk identifikasi bintang, beberapa algoritma ini seperti algoritma berbasis geometri seperti algoritma piramida (Mortari, et al., 2004), algoritma berbasis kecerdasan buatan seperti algoritma genetika (Paladugu, et al., 2003), serta algoritma *bit match* (Bao, et al., 2005). Pada sensor bintang yang akan diuji dengan simulator ini menggunakan algoritma yang sederhana yaitu dengan menggunakan teknik segitiga. Teknik ini menggunakan prinsip dengan mengukur jarak angular dari tiga buah bintang yang paling terang yang tercakup dalam *Field of View* (FOV). Sensor kemudian melakukan identifikasi bahwa bintang-bintang tersebut cocok dengan pola bintang dalam katalog.

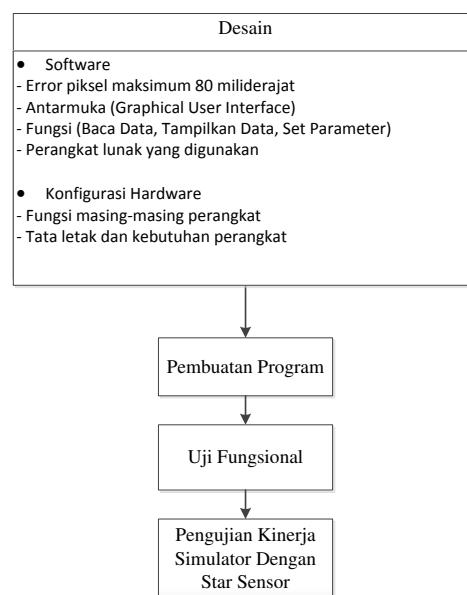
Permasalahan yang mendasari dilakukannya penelitian ini adalah pertama, bagaimana menguji sensor bintang. Pada kondisi nyata, sensor bintang harus diuji pada malam hari dan langsung dihadapkan pada langit malam, hal ini menjadikan waktu pengujian yang terbatas ditambah lagi kondisi cuaca yang belum tentu mendukung. Kedua, jika dilakukan pengujian pada kondisi nyata, FOV bintang yang ditangkap hanya terbatas pada bidang lokasi pengujian dan hal ini

menjadi batasan dalam menguji katalog bintang yang digunakan dalam sensor bintang. Ketiga, adanya resiko pengujian sensor bintang di tempat terbuka jika dilakukan terlalu sering. Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah simulator bintang menampilkan bintang dalam kondisi statik, simulasi bintang digunakan secara spesifik untuk sensor bintang dengan panjang fokal 16 mm, serta data simulasi berasal dari data hasil pengujian.

Pada penulisan makalah ini, akan di bahas mengenai pembuatan perangkat lunak simulator bintang dengan tujuan untuk pengujian sensor bintang. Nilai penting pengujian sensor bintang adalah menguji kinerja sensor bintang dari citra bintang yang sudah diketahui *attitude pointing*-nya (Yang, et al., 2012). Alat simulasi yang akan dibuat akan membantu kegiatan pengujian sensor bintang.

2 METODOLOGI

Metode dalam penelitian pembuatan perangkat lunak simulator bintang ini dilakukan melalui tahapan: Desain (*hardware* dan *software*), pembuatan program, pengujian fungsional, dan pengujian kinerja menggunakan sensor bintang seperti ditunjukkan pada Gambar 2-1.

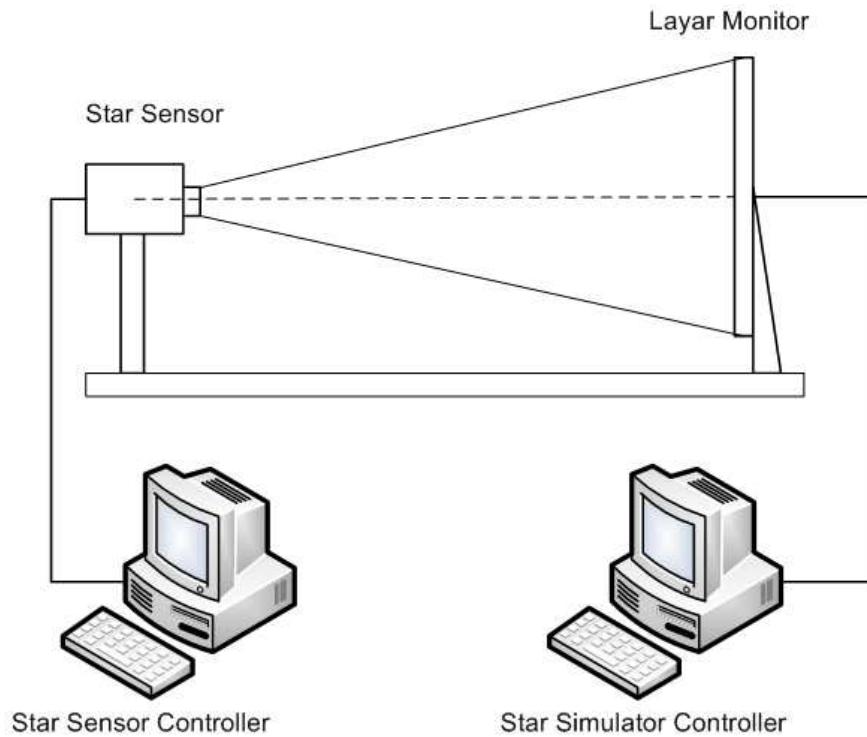


Gambar 2-1: Metodologi rancang bangun perangkat lunak simulator bintang

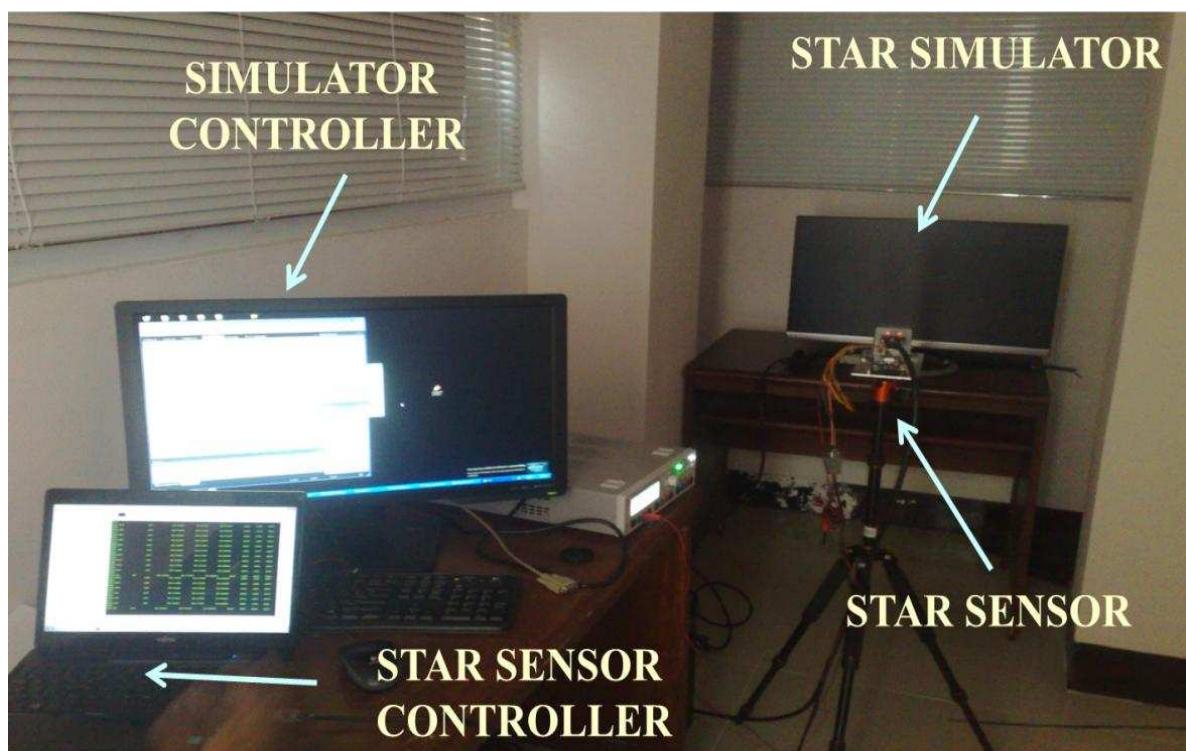
2.1 Pembuatan Desain

Kebutuhan desain yaitu simulator bisa digunakan kapan pun (siang/malam). Fungsi simulator bintang adalah sebagai alat pengujian sensor bintang. Secara garis besar konsep desain terdiri atas desain

perangkat keras (*hardware*) dan desain perangkat lunak (*software*). Untuk perancangan dan konfigurasi *hardware*, ditunjukkan pada Gambar 2-2. Sedangkan untuk konfigurasi *hardware* aktualnya ditunjukkan pada Gambar 2-3.



Gambar 2-2: Rancangan konfigurasi *hardware* (Yang, et al., 2012)



Gambar 2-3: Konfigurasi *hardware* aktual

Konfigurasi lebih ideal adalah menambahkan *collimator* di depan sensor bintang yang berfungsi untuk menyearahkan cahaya sehingga FOV sensor bintang tidak melebihi batas layar monitor (Rufino, et al., 2013).

Fungsi dari masing-masing entitas yang merupakan hasil rancangan dalam Gambar 2-2 adalah sebagai berikut (Yang, et al., 2012):

- Sensor bintang menggunakan kamera CDD dan *Data Processing Unit* (DPU) menggunakan mikrokontroller Hitachi dengan katalog *onboard* untuk pengenalan bintang. Spesifikasi sensor bintang ditunjukkan pada Tabel 2-2. Pengaturan FOV dilakukan dengan melihat moda video dari kamera dengan menggunakan antarmuka *Cameralink* dan pengaturan jarak dilakukan secara manual dengan menggeser posisi sensor bintang.
- Sebuah monitor LED resolusi tinggi digunakan sebagai simulator bintang. Salah satu aspek spesifikasi yang dipilih adalah monitor LED dipilih yang mempunyai rasio kontras yang tinggi. Spesifikasi monitor LED yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2-3.
- Sensor bintang *controller* adalah komputer dengan perangkat lunak yang berfungsi untuk mengambil data telemetri dan seting parameter pada sensor bintang.
- *Star simulator controller* adalah komputer dengan perangkat lunak yang berfungsi untuk membaca data bintang, menampilkan simulasi bintang, dan *setting parameter simulator*.
- Ruangan gelap juga digunakan dalam konfigurasi sebagai simulasi kondisi pada waktu malam hari.

Karena konfigurasi simulator tidak menggunakan kolimator, maka pengaturan FOV dilakukan secara *try and error* dengan mengatur fokus lensa dan jarak tripod ke monitor LED. Konfigurasi yang tepat diperoleh dengan melihat moda video dari kamera sensor bintang pada sensor bintang *controller*.

Untuk desain perangkat lunak simulator bintang, menggunakan perangkat lunak berbasis *Graphical User Interface* (GUI). Data bintang menggunakan data hasil pengujian sensor bintang satelit LAPAN-A2 berupa daftar 30 piksel yang paling terang seperti ditunjukkan pada Tabel 2-1.

Tabel 2-1: DAFTAR 30 PIKSEL YANG PALING TERANG

y	x	m
858	938	4095
441	223	3479
967	621	2216
968	450	1835
612	579	993
560	609	898
50	1055	889
668	555	688
430	478	591
599	218	572
855	939	548
220	524	525
1025	797	472
973	229	450
623	439	441
480	282	434
779	136	423
604	1164	400
790	526	394
450	487	389
471	1057	388
889	432	377
219	857	374
198	1105	372
16	780	371
126	677	371
66	947	370
166	638	368
36	846	367
51	750	367

dengan,

y : koordinat y pada sensor

x : koordinat x pada sensor

m: nilai kecerahan piksel

Tabel 2-2: FORMAT DATA INPUT SIMULATOR BINTANG

y: posisi y bintang (baris pada sensor)	x: posisi x bintang (kolom pada sensor)	m: magnituda bintang
1	1	0
...
1040	1392	4095

Tabel 2-3: SPESIFIKASI SENSOR BINTANG

Sensor	CCD
Dimensi	1392 x 1040 piksel
Panjang fokal	16 mm
FOV	23° x 31°

Tabel 2-4: SPESIFIKASI LAYAR MONITOR LED^{*}

Panel Size	27", 16:9 format
Resolusi (H x V)	1080 x 1920
Piksel Pitch	0.311 mm
Brightness	250 cd/mm ²
Rasio Kontras	80000000:1

^{*}http://www.asus.com/Monitors_Projectors/MX279H/specifications/

2.2 Pembuatan Program

Program dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic.NET dan OpenGL sebagai *Application Programming Interface* (API) untuk menampilkan grafis 2D citra bintang.

2.3 Uji Fungsional

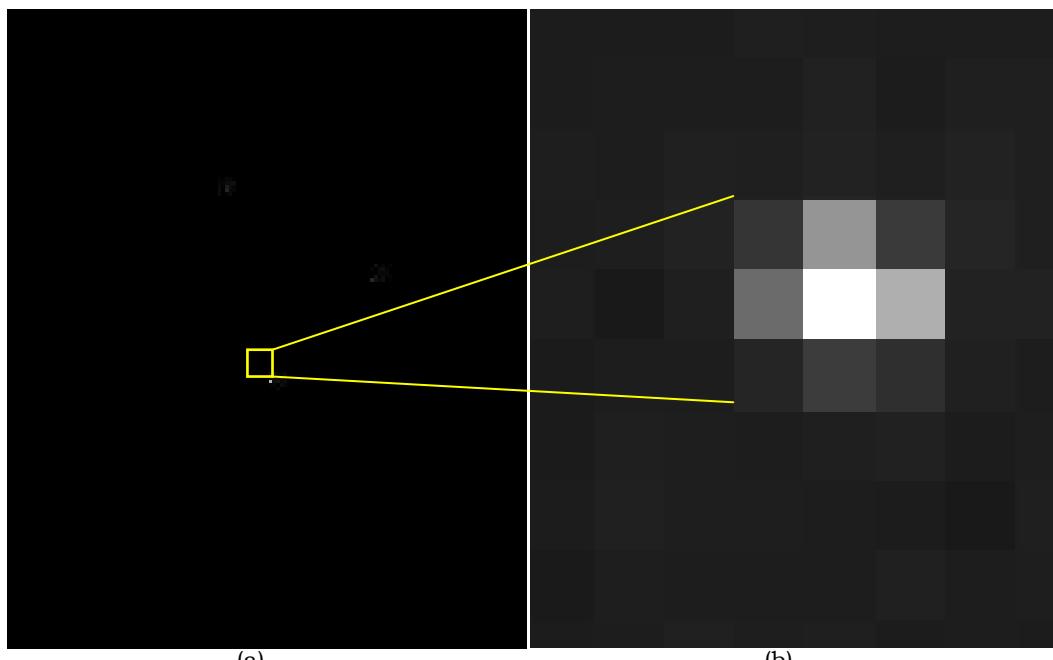
Pada proses uji fungsional, simulator menampilkan citra bintang seperti yang ditampilkan pada Tabel 2-1. Untuk menguji akurasi posisi caranya adalah dengan membandingkan data posisi bintang yang diperoleh dari telemetri sensor bintang dengan data *input*.

2.4 Pengujian Kinerja Simulator Dengan Sensor Bintang

Pada tahap ini, simulator diuji kinerjanya dengan mengambil data telemetri dari sensor bintang dan melakukan analisis terhadap data *attitude RA, DE, dan AZ*.

3 HASIL DAN ANALISIS

Citra piksel yang dihasilkan pada layar monitor LED memberikan tampilan yang representatif seperti ditunjukkan pada Gambar 3-1. Terlihat bahwa resolusi 1 piksel pada monitor LED terbaca oleh kamera sensor bintang menjadi 9 piksel dengan piksel paling terang terdapat di tengah. Hal ini menandakan meskipun piksel *pitch* dari monitor tidak cukup kecil (piksel *pitch* monitor dan kamera), yaitu 0,31 mm dibandingkan dengan ukuran piksel sensor CCD pada sensor bintang, yaitu 6,45 μ m namun resolusi piksel yang dihasilkan sudah memenuhi kebutuhan, yaitu *error* piksel sebesar 3 piksel \times 20×10^{-3} derajat = 60 miliderajat. Fokus kamera sensor bintang juga sudah optimal (berdasarkan analisis koreksi perbedaan piksel *pitch* monitor dan kamera).



Gambar 3-1: (a) Resolusi 1piksel pada layar simulator dan (b) Piksel yang dibaca oleh sensor bintang

Untuk simulasi kecerahan bintang (*magnitude*), dapat dilihat pada Gambar 3-2 dan Gambar 3-3. Tanpa menggunakan skala kecerahan, semua bintang tampak seragam atau mempunyai kecerahan yang sama (Gambar 3-2). Setelah dilakukan skala kecerahan, terlihat bintang dengan nilai *magnitude* rendah akan tampak terang sedangkan bintang dengan nilai *magnitude* tinggi akan tampak redup sehingga lebih menggambarkan kecerahan bintang pada kondisi sebenarnya, yaitu kondisi bintang di langit (Gambar 3-3).

Pengujian dengan sensor bintang menggunakan algoritma segitiga menghasilkan tiga buah bintang yang berhasil diidentifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3-4. Proses identifikasi dengan katalog bintang (Saifudin & Triharjanto, 2010) menghasilkan bintang 1, 2, dan 3 diidentifikasi sebagai bintang dengan ID 56, 96, dan 327 di katalog. Hasil pembacaan *attitude* dari data telemetri sensor bintang yang berasal dari citra simulator menghasilkan data yang cukup stabil, yaitu nilai Δ RA, Δ DE dan Δ AZ sama dengan nol seperti ditunjukkan pada Tabel 3-1.

Tabel 3-1: DATA HASIL PENGUJIAN

Image no.	RA [deg]	DE [deg]	AZ [deg]
2067	38.99708	25.93487	26.92603
2072	38.99708	25.93487	26.92603
2077	38.99708	25.93487	26.92603
2082	38.99708	25.93487	26.92603
2087	38.99708	25.93487	26.92603
2092	38.99708	25.93487	26.92603
2093	38.99708	25.93487	26.92603
2093	38.99708	25.93487	26.92603
2093	38.99708	25.93487	26.92603
2095	38.99708	25.93487	26.92603
2100	38.99708	25.93487	26.92603
2105	38.99708	25.93487	26.92603
2110	38.99708	25.93487	26.92603
2115	38.99708	25.93487	26.92603
2120	38.99708	25.93487	26.92603
2125	38.99708	25.93487	26.92603
2130	38.99708	25.93487	26.92603
2135	38.99708	25.93487	26.92603
2140	38.99708	25.93487	26.92603
2145	38.99708	25.93487	26.92603
2146	38.99708	25.93487	26.92603
2146	38.99708	25.93487	26.92603
2146	38.99708	25.93487	26.92603
2147	38.99708	25.93487	26.92603
2152	38.99708	25.93487	26.92603
2157	38.99708	25.93487	26.92603
2162	38.99708	25.93487	26.92603
2167	38.99708	25.93487	26.92603
2172	38.99708	25.93487	26.92603
2178	38.99708	25.93487	26.92603



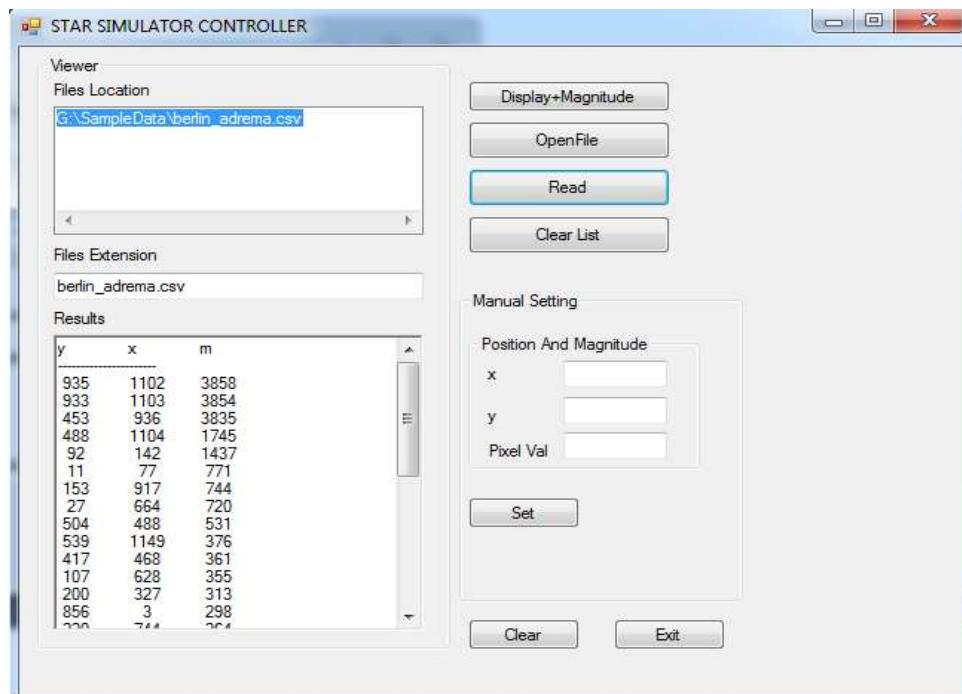
Gambar 3-2: Peta bintang dengan kondisi tanpa filter *magnitude*



Gambar 3-3: Peta bintang dengan kondisi filter *magnitude*



Gambar 3-4: Identifikasi bintang dari simulator menggunakan tiga buah bintang



Gambar 3-5: Software simulator sensor bintang

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Kinerja simulator bintang statik sudah cukup baik, dari sisi spesifikasi perangkat keras telah menghasilkan citra bintang sesuai dengan kebutuhan yaitu *error* piksel < 80 miliderajat. Skala kecerahan (*magnitude*) bintang juga telah dapat disimulasikan dengan cukup baik mendekati kecerahan bintang sebenarnya. Kondisi ruangan yang gelap juga mendukung lingkungan pengujian. Dari hasil pengujian sensor bintang dapat dilihat bahwa *reading stability* simulator menghasilkan data telemetri yang stabil dengan nilai *error attitude* yaitu $\Delta RA=0$, $\Delta DE=0$, $\Delta AZ=0$. Dari hasil pengujian yang diperoleh tersebut, maka simulator bintang tersebut dapat digunakan untuk pengujian sensor bintang berikutnya. Kekurangan dari simulator tersebut adalah tidak adanya *collimator* dan *adjustable stand* yang berfungsi untuk mengatur FOV sensor bintang dengan layar monitor karena hanya menggunakan tripod. Untuk perbaikan ke depan dari sisi perangkat lunak, pembuatan simulator bintang disempurnakan dengan menggunakan simulasi dinamis dan data simulasi menggunakan data dari katalog bintang.

DAFTAR RUJUKAN

- Bak, T., 1999. *Spacecraft Attitude Determination*, Denmark: Aalborg: Denmark University, Department of Control Engineering.
- Bao, H. L., Ying, C. Z., Hua, L. Y. & Shi, W. X., 2005. *An Autonomous Star Pattern Recognition Algorithm Using Bit Match*. Guangzhou, IEEE, pp. 4815-4823.
- Brucolieri, C., Mortari, D., Samaan, M. A. & Junkins, J. J., August 3-7, 2003. *Toward Ground-Based Autonomous Telescope Attitude Estimation Using Real-Time Star Pattern Recognition*. Big Sky, MT, AAS/AIAA, pp. 603-608.
- Larseen, M. F., August 2004. *Analysis Techniques for Determining Upper Atmosphere Motions from Sounding Rocket Chemical Tracer Releases*. Clemson, SC: Department of Physics.
- Mortari, D., Samaan, M. A., Brucolieri, C. & Junkins, J. L., 2004. *The Pyramid Star Identification Technique*, NAVIGATION, 51(3), pp. 171-184.
- Paladugu, L., Williams, B. G. & Schoen, M. P., 2003. *Star Pattern*

- Recognition for Attitude Determination using Genetic Algorithm, Utah, s.n.*
- Rufino, G. et al., 2013. *Real-Time Hardware-in-the-Loop Test of Star Tracker Algorithms, International Journal of Aerospace Engineering, Volume 2013.*
- Saifudin, M. A. & Triharjanto, R. H., 2010. *Algoritma Pengenalan Pola Bintang untuk Deteksi Posisi Bintang pada Star Sensor Satelit Lapan, Jurnal Teknologi Dirgantara, 8(1), pp. 36-42.*
- Yang, J., Zhang, T., Song, J. & Song, L., 2012. *Laboratory Test System Design for Star Sensor Performance Evaluation, Journal of Computers, 7(4), pp. 1056-1063.*

