



TESIS KI 142502

MULTITARGET TRACKING MENGGUNAKAN MULTIPLE HYPOTHESIS TRACKING DENGAN CLUSTERING TIME WINDOW DATA RADAR

GIGIH PRASETYO CAHYONO
NRP 5113201005

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Handayani Tjandrasa, M.Sc, Ph.D

PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2014

***MULTITARGET TRACKING MENGGUNAKAN
MULTIPLE HYPOTHESIS TRACKING DENGAN
CLUSTERING TIME WINDOW DATA RADAR***

Nama mahasiswa : Gigih Prasetyo Cahyono
NRP : 5113201005
Pembimbing : Prof. Ir. Handayani Tjandrasa,
M.Sc, Ph.D

ABSTRAK

Sistem radar dibagi menjadi dua jenis yaitu sistem radar sipil dan sistem radar militer. Dari dua jenis sistem radar tersebut memiliki kesamaan yaitu telah digunakan untuk pemantauan lalu lintas udara. Pesawat yang dipantau di udara saat ini mengalami jumlah peningkatan yang besar. Sehingga untuk memudahkan pemantauannya diperlukan suatu sistem yang dinamakan *multitarget tracking aircraft*. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan algoritma *multitarget tracking* (MTT) yang valid, yaitu dengan menggunakan kombinasi proses *preprocessing* data radar dengan *clustering time window* (CTW) dan algoritma *Multiple Hypothesis Tracking* (MHT).

Penelitian ini diawali dengan penyiapan data rekaman radar yang direkam langsung. Kemudian data rekaman tersebut disimulasikan dengan algoritma yang telah dirancang. Pengecekan kemampuan algoritma tersebut yaitu membandingkannya dengan MHT tanpa *clustering time window*.

Uji coba dilakukan dengan memakai data rekaman berdurasi kurang lebih 18 menit. Dari hasil uji coba menunjukkan bahwa metode yang diusulkan lebih bagus jika dibandingkan dengan metode MHT tanpa CTW, hal tersebut bisa dilihat dari nilai *correct target* 87.66%, *maintain target* 80.5% dan *inexisting target* 23.65%.

Kata kunci: sistem radar, *aircraft*, *multitarget tracking*, *clustering time window*, *Multiple Hypothesis Tracking*.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

MULTITARGET TRACKING USING MULTIPLE HYPOTHESIS TRACKING WITH CLUSTERING TIME WINDOW RADAR DATA

Student Name : Gigih Prasetyo Cahyono
Student Identity Number : 5113201005
Supervisor : Prof. Ir. Handayani
Tjandrasa, M.Sc, Ph.D

ABSTRACT

The radar system is divided into two types, namely civilian radar systems and military radar systems. The two types of radar systems have similarity that has been used for monitoring air traffic. The aircraft that is monitored in the air is currently experiencing a large increase. Based on this problem to facilitate the monitoring required a system is called multitarget tracking aircraft. This research purposed to get a valid multitarget tracking algorithm (MTT) by using a combination of radar data preprocessing process with a time window clustering (CTW) and multiple hypothesis tracking algorithm (MHT).

This research begins with the preparation of the data recorded radar recording directly. The recording of data simulated with algorithms that have been designed. Finally, checking the performance of the algorithm is compared with multiple hypothesis tracking without clustering time window.

The test is done using data recording lasted approximately eighteen minutes. From the test result show that the proposed method is better than the MHT without CTW method, it can be seen from the correct target is 87.66%, the maintain target is 80.5% and the inexisting target is 23.65%.

Keywords: radar systems, *aircraft*, *multitarget tracking*, *clustering time window*, *Multiple Hypothesis Tracking*.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1. 1 Latar Belakang.....	1
1. 2 Perumusan Masalah	3
1. 3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2. 1 Kajian Pustaka	4
2. 2 Dasar Teori	5
2.2. 1 Data Radar Pesawat.....	5
2.2. 2 Clustering Time Window	7
2.2. 3 Algoritma Reid.....	8
2.2. 4 Penentuan Nilai Probabilitas	12
2.2. 5 Algoritma Kalman Filter	12
2.2. 6 Algoritma Multiple Hypothesis Tracking (MHT).....	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3. 1 Studi Literatur dan Analisa Permasalahan Awal	15
3. 2 Perancangan Algoritma.....	16
3. 2. 1 Data Rekaman Radar.....	18
3. 2. 2 Clustering Time Window	19
3. 2. 3 Proses Konversi Data Input.....	20
3. 2. 4 Multiple Hypothesis Tracking (MHT)	21
3. 3 Implementasi Algoritma	22
3. 4 Uji Coba dan Analisa	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25

4. 1	Lingkungan dan Data Uji Coba	25
4. 2	Pelaksanaan dan Hasil Uji Coba	26
4.2.1	Uji Coba Pengelompokan Data Radar	26
4.2.2	Uji Coba Performa <i>Tracking</i> Menggunakan Pengembangan <i>Multiple Hypothesis Tracking</i>	31
4.2.3	Uji Coba Dua Target Dalam Kondisi Komplek	67
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		74
5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN A		77
LAMPIRAN B		94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tata Acuan Koordinat Sistem Radar	6
Gambar 2.2 Tangkapan Tiga Kali Putaran Radar.....	8
Gambar 2.3 Tipikal Data Asosiasi pada Keadaan Konflik	9
Gambar 2.4 Representasi Hipotesis yang Terbentuk.....	10
Gambar 2.5 Matrik Hipotesis pada Komputer.....	11
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Alur Sistem MTT dengan Clustering Time Window	17
Gambar 3.3 Alur Sistem Clustering Time Window	19
Gambar 3.4 Alur Kerja Algoritma MHT.....	21
Gambar 4.1 Hasil Tracking untuk Mode3 902	33
Gambar 4.2 Hasil Tracking untuk Mode3 2467	35
Gambar 4.4 Hasil Tracking untuk Mode3 903	40
Gambar 4.5 Hasil Tracking untuk Mode3 958	45
Gambar 4.6 Hasil Tracking untuk Mode3 2428	47
Gambar 4.7 Hasil Tracking untuk Mode3 902	49
Gambar 4.8 Hasil Tracking untuk Mode3 2467	51
Gambar 4.9 Hasil Tracking untuk Mode3 903	54
Gambar 4.10 Hasil Tracking untuk Mode3 958	55
Gambar 4.11 Hasil Tracking untuk Mode3 2428	57
Gambar 4.12 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 902	58
Gambar 4.13 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 2467	59
Gambar 4.14 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 903	60
Gambar 4.15 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 958	61
Gambar 4.16 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 2428	63
Gambar 4.17 Hasil Performa Hasil Tracking MHT Tanpa CTW	64
Gambar 4.18 Hasil Performa Hasil Tracking MHT CTW	65
Gambar 4.19 Hasil Lintasan Saling Bersilangan Pada Mode3 1332 dan Mode3 3673.....	68
Gambar 4.20 Hasil Lintasan 3D Saling Bersilangan Pada Mode3 1332 dan Mode3 3673.....	69
Gambar 4.21 Hasil Lintasan Saling Beriringan Pada Mode3 1694 dan Mode3 3673.....	70
Gambar 4.22 Hasil Lintasan 3D Saling Beriringan Pada Mode3 1694 dan Mode3 3673.....	71
Gambar 4.23 Hasil Lintasan Saling Berhadapan Pada Mode3 906 dan Mode3 2467.....	72
Gambar 4.24 Hasil Lintasan 3D Saling Berhadapan Pada Mode3 906 dan Mode3 2467.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rekaman Data Radar	6
Tabel 4.1 Pengelompokan Data Radar dengan CTW pada Scan Pertama	27
Tabel 4.2 Pengelompokan Data Radar dengan CTW pada Scan Kedua	28
Tabel 4.3 Pengelompokan Data Radar dengan CTW pada Scan Ketiga	28
Tabel 4.4 Pengelompokan Data Radar dengan CTW pada Scan Keempat	28
Tabel 4.5 Pengelompokan Data Radar tanpa CTW pada Scan Pertama	29
Tabel 4.6 Pengelompokan Data Radar tanpa CTW pada Scan Kedua	29
Tabel 4.7 Pengelompokan Data Radar tanpa CTW pada Scan Ketiga	30
Tabel 4.8 Pengelompokan Data Radar tanpa CTW pada Scan Keempat	30
Tabel 4.9 Data Ground Truth untuk Mode3 902	32
Tabel 4.10 Data Hasil Tracking untuk Mode3 902	32
Tabel 4.11 Data Ground Truth untuk Mode3 2467	33
Tabel 4.12 Data Hasil Tracking untuk Mode3 2467	34
Tabel 4.13 Data Ground Truth untuk Mode3 903	35
Tabel 4.14 Data Hasil Tracking untuk Mode3 903	38
Tabel 4.15 Data Ground Truth untuk Mode3 958	40
Tabel 4.16 Data Hasil Tracking untuk Mode3 958	41
Tabel 4.17 Data Ground Truth untuk Mode3 2428	46
Tabel 4.18 Data Hasil Tracking untuk Mode3 2428	46
Tabel 4.19 Data Hasil Tracking untuk Mode3 902	48
Tabel 4.20 Data Hasil Tracking untuk Mode3 2467	49
Tabel 4.21 Data Hasil Tracking untuk Mode3 903	51
Tabel 4.22 Data Hasil Tracking untuk Mode3 958	55
Tabel 4.23 Data Hasil Tracking untuk Mode3 2428	56
Tabel 4.24 Urutan Kedatangan Data Rekaman Memiliki <i>Noise</i>	62
Tabel 4.25 Hasil Rata-Rata Setiap 10 Scan untuk Nilai CT, MT dan IT	65
Tabel 4.26 Hasil Rata-Rata Setiap 10 Scan untuk Nilai CT, MT dan IT	66
Tabel 4.27 Perbandingan Rata-Rata Nilai CT, MT, IT Seluruh Hasil Scan	67

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam lalu lintas udara perlu diketahui ada berbagai jenis pesawat dengan jumlah yang tidak sedikit. Untuk memantau lalu lintas tersebut diperlukan suatu sistem yang disebut sistem radar. Selama ini sistem radar yang sudah ada dibagi menjadi dua jenis yaitu sistem radar sipil dan sistem radar militer. Dari kedua jenis sistem radar tersebut telah digunakan untuk pemantauan lalu lintas udara, dalam proses pemantauan tersebut ternyata telah diidentifikasi berbagai jenis pesawat misalnya pesawat sipil, militer, latih dan bahkan ada pesawat tak berawak. Dari banyaknya jenis pesawat tersebut maka diperlukan suatu sistem yang mampu untuk mengidentifikasi setiap lintasan dari pesawat-pesawat tersebut sehingga memudahkan untuk proses pemantauannya. Untuk proses pengidentifikasian tersebut biasa disebut dengan proses *Tracking Aircraft*.

Tracking Aircraft ini juga sudah dilakukan penelitian oleh beberapa peneliti sebelumnya. Proses *tracking aircraft* secara khusus berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya dibedakan menjadi dua jenis, jika dilihat berdasarkan jumlah target pesawat yaitu *single target tracking* (STT) dan *multi-target tracking* (MTT). Untuk STT penelitian yang pernah dilakukan oleh Park, Chunki dkk, pada penelitiannya tersebut diterapkan dengan menggunakan metode *Minimum Spanning Tree* dengan dipadukan dengan metode klustering dan proses pengolahan datanya dilakukan dengan cara *clustering time window* (Chunki Park dkk, 2011). Untuk kategori MTT beberapa peneliti lebih banyak yang mengembangkannya sampai saat ini. Beberapa metode yang sudah dipakai untuk proses MTT ini yaitu *Probabilistic Data Association Filter* (PDAF), *Multiple Hypothesis Tracking* (MHT) dan *Interactive Multiple Model* (IMM). Metode-metode tersebut cukup baik ketika digunakan untuk proses *multi-target tracking*, misalnya penelitian yang dilakukan oleh Jiang, Xue dkk yang mengkombinasikan metode *Joint Maximum Likelihood Probabilistic Data Association* (JML-PDA) sebagai inisialisasi track dengan PDAF sebagai *track maintenance* (Xue Jiang

dkk, 2013). Untuk metode IMM dan MHT pernah dikombinasikan oleh Blackman,S (Blackman, 2004) pada penelitian tersebut IMM dipakai untuk menentukan *track score* (nilai probabilitas) dari setiap hipotesis proses assosiasi dan *maintainance* track pada MHT. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut MTT dengan MHT terlihat cukup baik ketika digunakan untuk proses *tracking aircraft* khususnya untuk sistem data *tracking* yang konflik, selain fleksibel dikombinasikan dengan metode lain tetapi juga sangat bagus dalam tahapan proses MTT yaitu proses *track initiation*, *plot association* dan *track maintainance* (Blackman, 2004). Proses MTT ini sangat penting nantinya untuk membantu *Air Traffic Controller* (ATC) dan pihak pemantau lalu lintas pesawat yang lain, misalnya yaitu dari pihak militer.

Secara garis besar beberapa proses yang dikerjakan pada proses MTT ini yaitu *track association* (TA), *track smoothing* (TS), *track initiation* (TI) dan *track maintainance*(TM) (Richards, Scheer, & Holm, 2010). Istilah-istilah dalam proses MTT tersebut secara umum adalah sebagai berikut TA merupakan suatu proses assosiasi plot dengan suatu track yang sudah terbentuk, TS adalah proses *update* suatu track dengan plot hasil assosiasi yang terakhir kemudian TI merupakan proses pembentukan track baru dengan beberapa plot yang tidak terasosiasi dengan track yang sudah ada. Sedangkan yang terakhir yaitu TM adalah suatu proses *delete* track yang sudah tidak mengalami *update* selama waktu tertentu. Dibandingkan dengan STT, MTT lebih sering dikembangkan untuk penelitiannya karena sistem MTT ini dalam praktek sehari-harinya sering digunakan, khususnya dalam dunia penerbangan yaitu sebagai sistem pemantauan penerbangan. Dalam sistem pemantau penerbangan tersebut jarang ditemui *target* dalam hal ini pesawat yang terpantau berjumlah tunggal, yang lebih sering ditemui yaitu *target* tersebut berjumlah lebih dari satu atau *multi-target*.

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya di atas diperoleh beberapa informasi tentang *preprocessing* data radar dan beberapa metode MTT serta metode STT dengan penjelasan percobaan masing-masing yang menampilkan hasil yang cukup bagus. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Xue Jiang, dkk dan Blackman diketahui ada dua algoritma MTT yang cukup bagus, yaitu JPDA dan MHT. Namun dari dua algoritma tersebut MHT lebih baik ketika menemui

proses *tracking* pada data radar yang konflik (Blackman, 2004), dimana kondisi data seperti itu sering muncul pada proses sistem data pada proses MTT. Berdasarkan informasi tersebut peneliti mencoba melakukan penelitian tentang suatu proses MTT dengan menggabungkan metode *preprocessing* data radar (Chunkei Park dkk, 2011) menggunakan *clustering time window* dengan salah satu metode MTT yaitu MHT.

1. 2 Perumusan Masalah

Berdasarkan beberapa penelitian yang dijelaskan pada latar belakang, maka sangatlah penting untuk bisa mendapatkan suatu algoritma yang sangat optimal untuk proses MTT ini. Maka berdasarkan permasalahan tersebut dapat diperoleh suatu perumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana proses algoritma MTT yaitu MHT yang menggunakan proses *preprocessing clustering time window* pada data radarnya bisa mendapatkan hasil MTT yang *valid* maksudnya dalam hal ini *track* atau lintasan masing-masing *target* atau pesawat bisa menjadi *track* yang sesuai dengan lintasan yang sebenarnya dari target tersebut.

1. 3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan algoritma MTT yang valid artinya *track* atau lintasan masing-masing *target* atau pesawat bisa menjadi *track* yang sesuai dengan lintasan yang sebenarnya dari target tersebut, dengan menggunakan proses *preprocessing* data radar dengan *clustering time window* dan algoritma MHT sebagai *tracker*.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh beberapa pihak misalnya *Air Traffic Controller* (ATC) dan militer untuk proses pemantauan lalu lintas pesawat udara yang optimal meskipun banyaknya pesawat udara yang akan diamati.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Berbagai penelitian yang sudah dilakukan diantaranya yaitu *radar data tracking* yang menggunakan *input* berupa posisi dan ketinggian, tetapi pada penelitian ini masih melakukan STT pada proses *tracking* pesawatnya dengan menggunakan metode *Minimum Spanning Tree Based Clustering Algorithm* dan pada proses *preprocessing* nya menggunakan *clustering* berdasarkan satu putaran radar yaitu selama 12 *second* (Chunki Park dkk, 2011). Pada penelitian berikutnya ada perbedaan parameter *input* yaitu di penelitiannya menggunakan posisi dan kecepatan, pada variabel posisi diperoleh dari perhitungan data yang langsung dari radar berupa *range* dan *azimuth*. Proses *tracking* pesawat yang kedua ini menggunakan metode *Combined Joint Maximum Likelihood Probabilistic Data Association* (CJML-PDA) metode ini merupakan kombinasi antara metode JML-PDA dan JPDA, pada penelitian ini sudah dilakukan ujicoba untuk MTT tetapi simulasi yang telah dilakukan masih pada kondisi lintasan pesawat yang bergerak *horizontal* dan dengan kecepatan yang konstan (Xue Jiang dkk, 2013). Penelitian MTT yang dilakukan oleh Blackman, S adalah mengkombinasikan algoritma IMM untuk penentuan *track score* atau probabilitas setiap hipotesis pada algoritma MTT dengan metode MHT (Blackman, 2004). Metode MHT pada penelitian tersebut dikembangkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Reid yang dikenal dengan algoritma Reid (Reid, 1979) khususnya dalam proses penentuan hipotesisnya.

MHT dikenal sebagai salah satu algoritma MTT yang cukup baik, selain digunakan untuk proses *tracking* udara khususnya simulasi pesawat pernah juga digunakan untuk penelitian *ground tracking* salah satunya pada proses *tracking* robot (Wolf dkk, 2009) pada proses *tracking* dengan metode MHT dan menggunakan proses kluster untuk pengelompokan data setiap langkah lintasan robot yang berdasarkan waktu. Pada proses algoritma MHT juga terdapat langkah proses penentuan hipotesis dimana pada tahapan ini ada proses penentuan nilai *track score* atau nilai probabilitas yang cukup optimal yaitu algoritma Murty (Cox

dkk, 1996) dan (Fortunato dkk, 2007) yang memang sering digunakan di dalam metode MHT. Selain proses tersebut ada salah satu tahapan dalam algoritma MHT yaitu proses prediksi yang cukup bagus ketika menggunakan Kalman Filter (Blackman, 2004).

Berdasarkan beberapa penelitian di atas maka pada penelitian ini akan mencoba mengkombinasikan proses *preprocessing clustering time window* pada penelitian Park (Chunki Park dkk, 2011) dan algoritma MTT MHT (Blackman, 2004) untuk proses *tracking*. Berdasarkan penelitian proses MTT ini nantinya diharapkan untuk menghasilkan proses MTT yang lebih *valid*, maksudnya *track* atau lintasan masing-masing *target* atau pesawat bisa menjadi *track* yang sesuai dengan lintasan yang sebenarnya dari target tersebut sehingga dapat digunakan untuk membantu *Air Traffic Controller* (ATC) dan pihak pemantau lalu lintas pesawat yang lain, misalnya yaitu dari pihak militer.

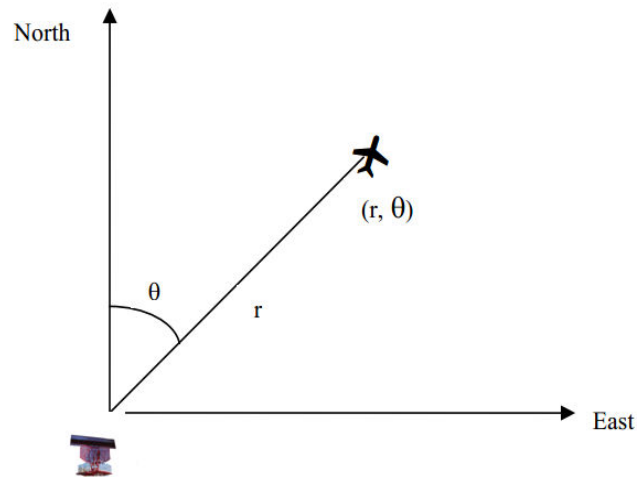
2. 2 Dasar Teori

2.2. 1 Data Radar Pesawat

Radar atau disebut *radio detection and ranging* adalah salah satu alat navigasi. Perlu diketahui bahwa ada dua jenis radar yang ada di negara kita ini, yaitu radar sipil dan radar militer dimana fungsi dari keduanya tentu berbeda. Perlu diketahui juga hampir setiap radar mempunyai dua macam tipe radar yaitu *Secondary Surveillance Radar* (SSR) dan *Primary Surveillance Radar* (PSR), dimana SSR adalah radar yang akan menangkap sinyal-sinyal pesawat yang mengirim ID melalui *transponder* pesawat sedangkan PSR adalah radar yang mampu menangkap sinyal-sinyal pesawat meskipun pesawat tidak mengirimkan ID melalui *transponder* nya.

Bentuk data untuk operasi algoritma *tracking* ada dua macam yaitu yang pertama bentuk operasi koordinat kartesian variabel yang dipakai adalah x , y dan altitude. Bentuk yang kedua adalah operasi koordinat polar yang dihasilkan dari suatu sensor, variabel yang digunakan adalah *elevation*, *range* dan *bearing*. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data hasil dari sensor. Tetapi untuk operasi perhitungannya akan menggunakan operasi koordinat kartesian, sehingga nilai dari *range* dan *bearing* akan dikonversi menjadi nilai x dan y . Secara umum

yang dimaksud dari *range* (r) dan *bearing* (θ), r merupakan jarak antara pusat radar dengan *target* dalam kasus ini adalah pesawat sedangkan θ adalah sudut yang dibentuk antara *target* dengan sumbu *true north* dari radar (Chandra, 2007). Untuk lebih jelasnya bisa diperhatikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tata Acuan Koordinat Sistem Radar

Pada penelitian ini akan menggunakan data rekaman langsung dari radar militer. Data tersebut diolah dan sudah dicocokkan dengan data aslinya yang ada pada sistem radar yang telah diambil untuk proses perekaman tersebut. Contoh dari data hasil rekaman yang sudah diolah tersebut tampak seperti Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Rekaman Data Radar

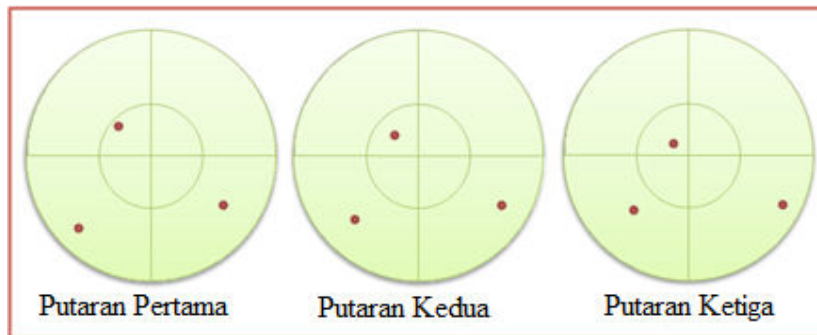
Time	Range	Bearing	Mode3	Altitude
0:13:06	117	220.8352	902	220
0:13:06	21	235.2527	908	191
0:13:07	90	248.6154	903	314
0:13:07	98	277.0989	0	2
0:13:11	163	54.85714	1694	2
0:13:11	144	61.18681	3673	388
0:13:11	46	73.84615	1332	331

0:13:13	56	212.3956	906	242
0:13:16	118	220.8352	902	220
0:13:16	22	234.9011	908	192
0:13:16	91	247.9121	903	319
0:13:17	98	277.0989	958	2
0:13:20	162	54.85714	1694	400
0:13:21	47	73.84615	1332	328
0:13:25	57	213.8022	906	243
0:13:25	120	220.8352	902	222
0:13:25	23	235.6044	908	193
0:13:25	92	248.6154	903	316
0:13:26	97	277.0989	958	79
0:13:29	161	54.85714	1694	402

Berdasarkan Tabel 2.1 pada kolom pertama merupakan waktu kedatangan data kemudian dua kolom berikutnya merupakan nilai *range* dan *bearing* yang menggunakan satuan ukuran *nautical mile* (Nmi). Untuk kolom keempat adalah Mode 3 merupakan suatu identitas dari sebuah pesawat (Chunki Park dkk, 2011), dimana setiap pesawat memiliki Mode 3 yang berbeda-beda. Data yang terakhir yang diperoleh dari hasil rekaman adalah *altitude* atau ketinggian yang diukur dari atas permukaan air laut yang menggunakan satuan ukur yaitu *feet*.

2.2. 2 Clustering Time Window

Proses kluster data berdasarkan waktu mempunyai pengertian bahwa data hasil rekaman akan dikelompokkan atau dikluster berdasarkan waktu satu kali putaran radar, yang berarti data akan diproses untuk *tracking* setelah selesai satu kali putaran radar. Berikut contoh tiga kali tangkapan satu putaran radar seperti pada Gambar 2.2.



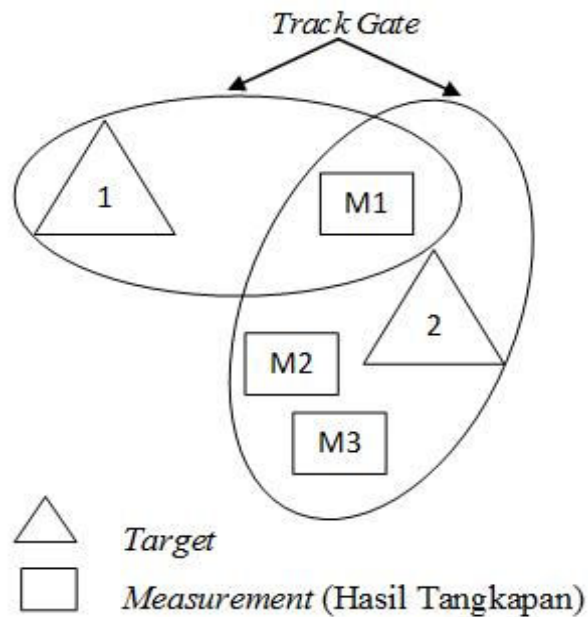
Gambar 2.2 Tangkapan Tiga Kali Putaran Radar

Pada kenyataanya beberapa radar memiliki waktu putaran yang berbeda-beda, tetapi pada umumnya lama putarannya adalah 6 rpm (radian per menit) atau sekitar 10 detik. Selama satu putaran tersebut sudah dapat dipastikan bahwa tidak mungkin ada pesawat yang ditangkap radar lebih dari satu kali atau *double*. Tetapi ada kemungkinan ketika pada tangkapan putaran pertama berhasil didapatkan tetapi pada tangkapan putaran kedua tidak berhasil ditangkap, kejadian seperti itu bisa terjadi karena kemampuan tangkapan dari suatu radar itu sendiri.

2.2. 3 Algoritma Reid

Algoritma ini berasal dari ide propagasi atau penyebaran beberapa hipotesis penugasan pada kasus *target* tunggal dalam kondisi *false alarm* (salah *target*) yang pertama diteliti oleh Singer (Singer dkk, 1971). Kemudian Reid (Reid, 1979) pertama mengembangkan sebuah algoritma yang lebih lengkap, dimana algoritma Reid mendefinisikan sebuah cara sistematis dimana beberapa data asosiasi hipotesis dapat dibentuk dan dievaluasi untuk kasus beberapa target (Blackman, 2004) di dalam kondisi *false alarm*.

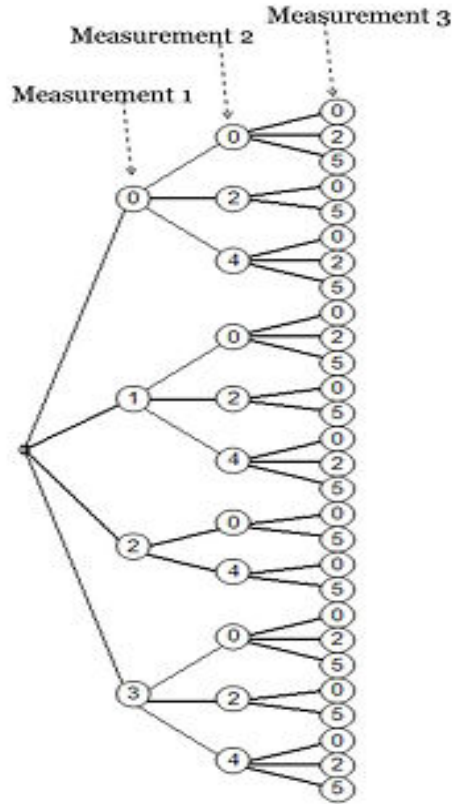
Algoritma Reid berisi tiga komponen utama dalam penentuan hipotesisnya yaitu *track* baru, *false alarm* dan *track* yang sudah terbentuk. Berdasarkan Gambar 2.3 masing-masing komponen tersebut misalnya untuk *track* baru berarti merupakan hasil tangkapan yang baru (*measurement*) yaitu M1, M2 dan M3, kemudian untuk *false alarm* diberikan simbol 0 pada pembentukan hipotesisnya.



Gambar 2.3 Tipikal Data Asosiasi pada Keadaan Konflik

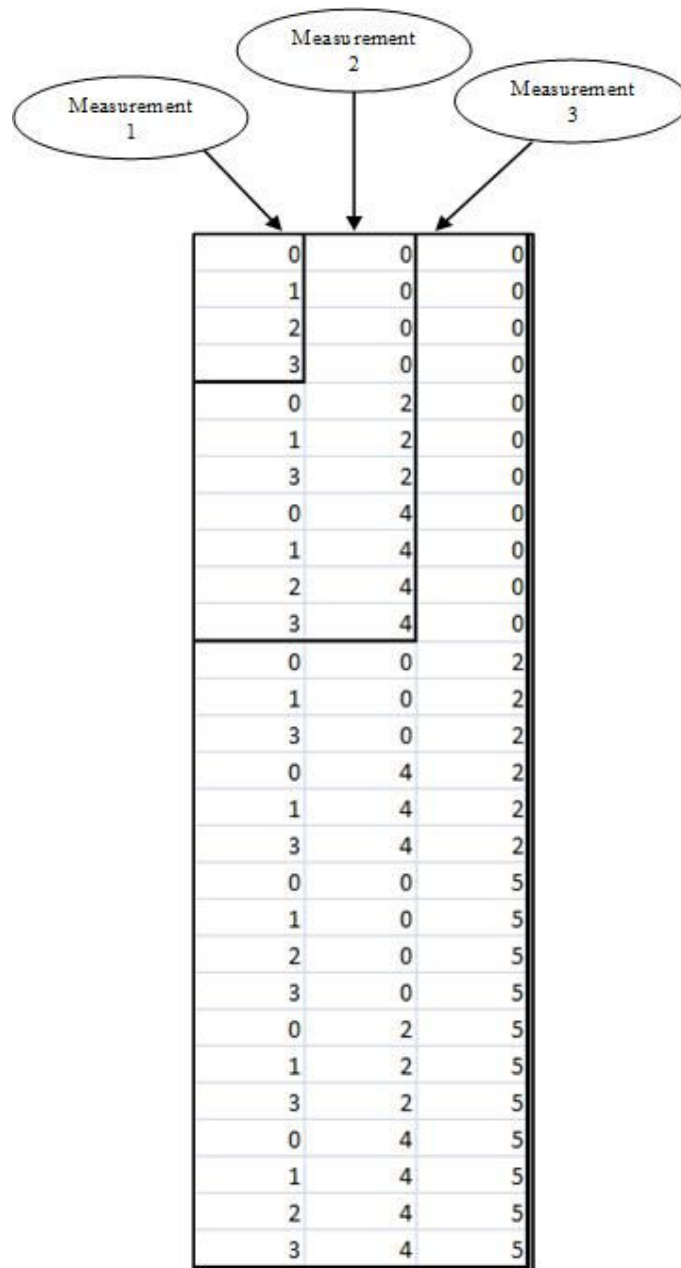
Dan untuk *track* yang sudah ada berdasarkan Gambar 2.3 di atas dituliskan simbol angka 1 dan 2 yang berada di dalam simbol segitiga, sedangkan untuk penulisan M1, M2 dan M3 yang berada pada simbol kotak, dalam pembentukan hipotesis disimbolkan angka secara berturut-turut yaitu 3, 4 dan 5.

Pada Gambar 2.4 merupakan hasil representasi hipotesis (Amditis, dkk) yang terbentuk untuk kasus seperti pada Gambar 2.3. Berdasarkan hasil representasi tersebut untuk *measurement* pertama menghasilkan empat macam cabang yaitu *false alarm* 0 kemudian *target* 1, 2 dan *target* 3 yang terbentuk dari hasil *measurement* pertama. Selanjutnya untuk *measurement* kedua setiap cabang terbentuk maksimal tiga cabang, yaitu *false alarm* 0, *target* 2 dan *target* 4 yang terbentuk dari hasil *measurement* kedua. Dan untuk *measurement* ketiga setiap cabang maksimal memiliki tiga macam *target* yaitu *false alarm* 0, *target* 2 dan *target* 5 yang terbentuk dari hasil *measurement* ketiga. Sebagai catatan pada proses MHT berdasarkan algoritma Reid ini, misalnya pada *measurement* pertama pada *target* 2 untuk proses *measurement* kedua yang seharusnya pada semua anggota setiap cabangnya mendapat *assignment target* 2 tidak akan dilakukan.



Gambar 2.4 Representasi Hipotesis yang Terbentuk

Hal tersebut tidak dilakukan karena di dalam sebuah baris hipotesis tidak diperbolehkan membentuk hipotesis dengan *target* yang sama. Kemudian khusus untuk *target* yang sudah dipastikan menjadi sebuah *target* misalkan dalam contoh ini adalah target 1 dan 2, bisa dijadikan kemungkinan pembentukan hipotesis pada *measurement* berikutnya dengan syarat *target* tersebut berada di dalam *gate* dari *measurement* pada saat itu. Pada kasus gambar 2.3 misalnya terjadi pada target 2, *target* 2 tersebut selalu digunakan untuk membentuk hipotesis pada *measurement* kedua dan ketiga karena berada di dalam *gate* ketika terjadi *measurement* kedua dan ketiga. Pada hasil representasi tersebut terbentuk 28 macam hipotesis (Reid, 1979), dari hasil bentuk hipotesis seperti pohon bilangan tersebut selanjutnya akan dibentuk dua dimensi *array* untuk proses komputerisasi. Bentuk tersebut bisa disebut matrik hipotesis yang mempunyai sebuah baris untuk setiap hipotesisnya dan sebuah kolom untuk proses tangkapan (*measurement*).



Gambar 2.5 Matrik Hipotesis pada Komputer

Pada Gambar 2.5 merupakan bentuk matrik hipotesis yang dihasilkan untuk kasus pada Gambar 2.3 yang digunakan untuk penerapannya pada proses komputerisasi. Pembagian-pembagian pada Gambar 2.5 tersebut adalah berdasarkan pembentukan hipotesis pada setiap *measurement*. Sebagai contoh pembagian pertama adalah 0, 1, 2 dan 3, maksudnya pembagian tersebut

merupakan pembentukan hipotesis hanya pada *measurement* pertama dan hal yang sama juga untuk pembagian *measurement* kedua dan ketiga. Sebanyak 28 hipotesis yang terbentuk tersebut nantinya akan diberikan bobot yang berupa nilai probabilitas pada masing-masing hipotesisnya, tujuannya untuk menentukan hipotesis mana yang paling baik. Kemudian untuk proses estimasi target berikutnya, masing-masing hipotesis akan menggunakan metode Kalman Filter untuk menghitung target tersebut (Reid, 1979).

2.2. 4 Penentuan Nilai Probabilitas

Dari banyaknya nilai probabilitas dari setiap hipotesis yang dihasilkan berdasarkan algoritma Reid memang kurang begitu efektif. Terutama disebabkan terlalu banyaknya kemungkinan hipotesis yang dihasilkan. Maka berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Cox (Cox dkk, 1996) menyebutkan bahwa algoritma Reid akan sangat efisien jika dalam implementasinya menggunakan algoritma Murty. Kenapa Murty (Murty, 1968) efisien untuk Reid karena algoritma tersebut dapat menemukan *m-best* solusi untuk masalah penugasan (*assignment*) (Cox dkk, 1996). Penggunaan pendekatan ini yaitu dengan $m_p(k - 1)$ hipotesis dari hasil tangkapan sebelumnya, jumlah dari hipotesis yang terbentuk pada tangkapan saat sekarang dapat terbatas untuk $m(k)$ ketika m adalah suatu input parameter yang dapat menjadi priori atau mungkin dipilih secara adaptif (Blackman, 2004). Dari algoritma Murty (Orguner, 2010) ini diharapkan akan didapatkan nilai probabilitas yang terbesar yang berarti hipotesis dari pemilik nilai probabilitas tersebut merupakan hipotesis yang terbaik.

2.2. 5 Algoritma Kalman Filter

Pada proses penentuan hipotesis diperlukan penentuan estimasi atau prediksi target, untuk menghitungnya akan digunakan algoritma Kalman Filter (Cox dkk, 1996). Kalman Filter yang digunakan yaitu Kalman Filter linier yang sederhana dengan *state vector* = $[x \ y \ \dot{x} \ \dot{y}]'$, dimana x dan y adalah koordinat posisi dari *target*. Kemudian *state transition* diberikan nilai matrik F sebagai berikut:

$$F(k) = \begin{bmatrix} 1 & dt & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & dt \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Vektor *measurement* $z(k) = [x \ y]'$ dan matrik observasi dari H sebagai berikut:

$$H(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Dan untuk matrik *measurement noise* R digunakan matrik sebagai berikut:

$$R(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Pada penelitian ini nanti akan menggunakan algoritma Kalman Filter (Abdelkader, 2009) untuk melakukan proses prediksinya.

2.2. 6 Algoritma Multiple Hypothesis Tracking (MHT)

Pada dasarnya algoritma MHT bisa digunakan untuk objek target yang memiliki lebih dari dua atau tiga dimensi (Reid, 1979). Setiap hipotesis berisi target yang sudah terbentuk dan juga lintasan atau track dari target tersebut. Sistem ini nantinya akan menerima tangkapan secara periodik. Semua hasil tangkapan dinotasikan dengan Z^k pada waktu ke k , dan tangkapan ke l pada waktu ke k dinotasikan Z_l^k . Hasil tangkapan tersebut pada dasarnya berisi suatu posisi baik dua dimensi atau tiga dimensi yaitu (x, y) atau (x, y, z) . Untuk hipotesis ke- i pada tangkapan ke- k dinotasikan Ω_i^k , setiap Ω_i^k berisi target yang telah terbentuk sebelumnya ${}^i T_l^k$ ($l \in 1 \dots n \text{ target}$), *target* estimasi, estimasi kovarian dan asosiasi ψ_i^k , antara tangkapan Z^k dan target hipotesis T_i^k . Setiap hipotesis Ω_i^k diasosiasikan dengan p_i^k yaitu probabilitas dari setiap hipotesisnya.

Setiap k pada hipotesis Ω^{k-1} digunakan untuk menghasilkan hipotesis dari Ω^k yaitu sebuah hipotesis pada waktu ke- k . Setiap hipotesis Ω_j^{k-1} merupakan sebuah hipotesis baru yang dibentuk ${}^j \Omega^k$ yang mempunyai Ω_j^{k-1} merupakan hipotesis *parent*. Pada setiap generasi baru hipotesis ${}^j \Omega^k$ untuk setiap Z_l^k berisi tiga macam variabel yaitu *false alarm*(FA), target baru dan sebuah *target* yang sudah terbentuk sebelumnya. Hasil tangkapan Z_l^k akan menjadi suatu target ${}^i T_l^k$

pada hipotesis Ω_j^{k-1} jika memenuhi validasi yaitu berada di dalam wilayah posisi yang diharapkan. Sebuah target hanya akan terikat dengan satu hasil tangkapan dan tidak mungkin target akan terikat dengan lebih dari satu tangkapan. Target yang tidak mengalami penambahan hasil tangkapan selama n tangkapan akan dihapus.

Probabilitas dari hipotesis baru $^j\Omega_i^k$ yang diberikan dari hipotesis yang sebelumnya Ω_j^{k-1} dan hasil tangkapan Z^k (Antunes dkk, 2011), adalah:

$$^j p_i^k = \frac{1}{c} \times P_D^{N_d} \times (1 - P_d)^{N_t - N_d} \times (P_{FA})^{N_{fa}} \times$$

(2.1)

$$(P_{NT})^{N_{nt}} \times \prod_{(Z_i^k, \iota_{T_i}^k) \in \psi_i^k} P_{Z_i^k, \iota_{T_i}^k} \times p_i^{k-1}$$

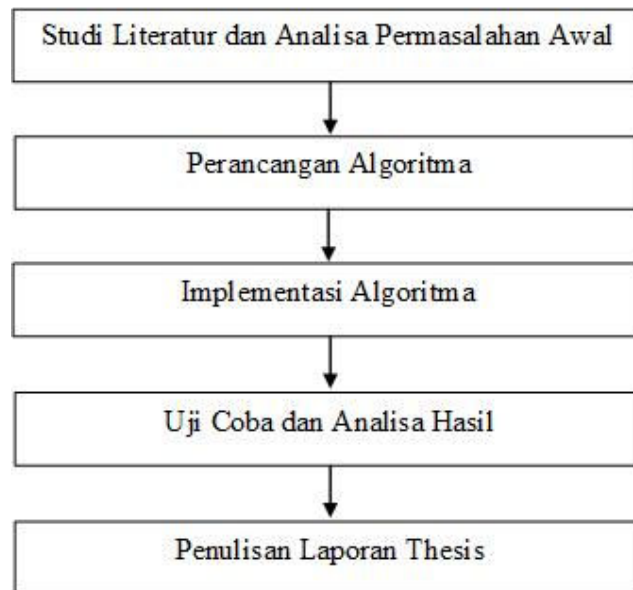
Dimana N_d menyatakan nilai dari hasil tangkapan atau *measurement* dan N_t merupakan jumlah dari *target* pada Ω_j^{k-1} , N_{fa} adalah jumlah *false alarm* dan N_{nt} adalah jumlah target baru. Selanjutnya P_d adalah nilai probabilitas deteksi *target*, P_{FA} merupakan probabilitas tangkapan *false alarm* dan P_{NT} adalah probabilitas deteksi *target* baru. Probabilitas hipotesis *parent* p_j^{k-1} dan $P_{Z_i^k, \iota_{T_i}^k}$ merupakan probabilitas *measurement* Z_i^k yang dideteksi pada *target* $\iota_{T_i}^k$.

Algoritma ini bisa menimbulkan pembentukan kombinasi yang sangat banyak. Untuk mengatasi hal itu digunakan proses *pruning* dari pohon hipotesis. Proses *pruning* tersebut dilakukan dengan cara pembatasan nilai daun atau kedalaman dari pohon hipotesis tersebut (Bar-Shalom dkk, 2009). Tetapi kadang-kadang juga ditemui kejadian bahwa hipotesis ketika mengalami *pruning* terjadi proses yang bisa memakan waktu dan memori yang terlalu tinggi, sehingga kejadian seperti itu tidak akan efektif. Maka sebuah solusi terciptakan dengan menggunakan algoritma Murty untuk menemukan *m-best* penugasan untuk asosiasi setiap daun (Cox dkk, 1996).

BAB 3

METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan membahas dan menjelaskan tentang desain sistem serta metode MTT yang akan digunakan. Pada penelitian MTT ini akan menggunakan kombinasi metode *preprocessing* data yaitu *cluster time window* dengan metode MTT yaitu *Multiple Hypothesis Tracking* (MHT). Dari kombinasi tersebut diharapkan mendapatkan suatu kombinasi algoritma MTT yang bagus sehingga didapatkan hasil *tracking* lintasan setiap pesawat *valid*. Maksudnya setiap lintasan pesawat tersebut berhasil membentuk *track* atau lintasan dengan sempurna dan lengkap, sehingga tidak ada salah satu plot atau titik yang tidak masuk dalam lintasan setiap pesawat tersebut. Pada penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa tahapan, berikut tahapan-tahapan penelitian tersebut seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

3.1 Studi Literatur dan Analisa Permasalahan Awal

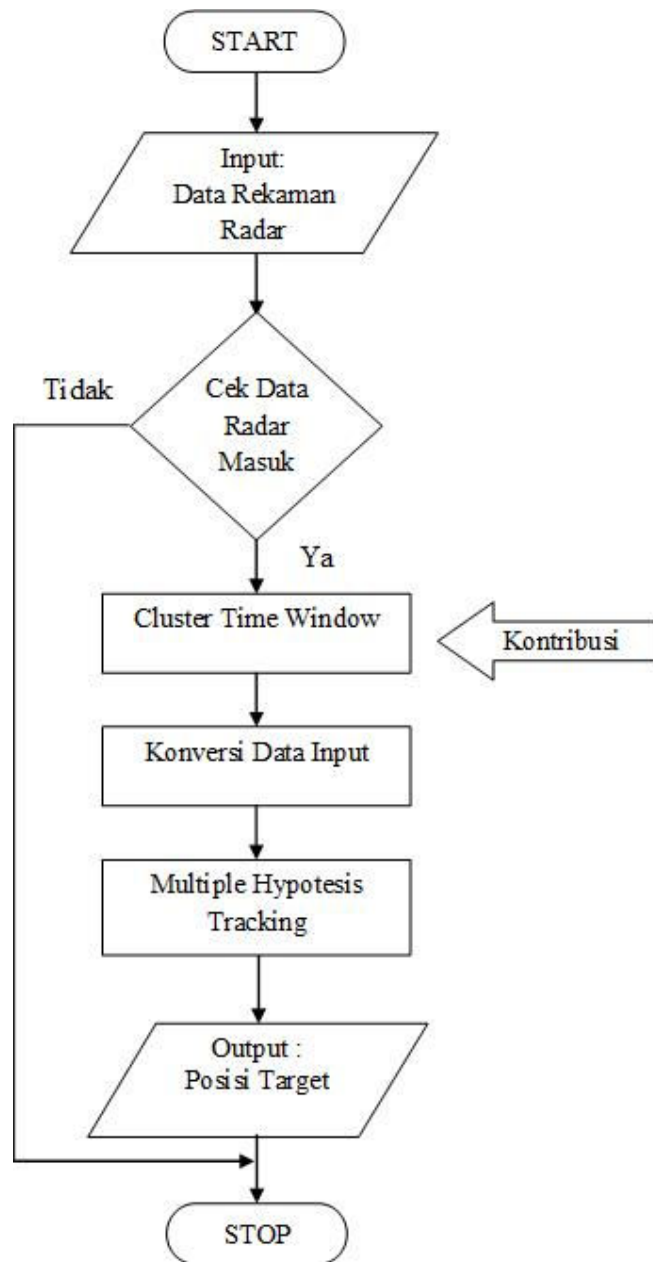
Yang dilakukan pada tahap studi literatur ini adalah mempelajari masalah- masalah penelitian dari segi teori, konsep dan teknis. Berbagai teori dan konsep telah dipelajari berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya dengan membandingkan dari beberapa teknis pelaksanaan penelitian. Secara umum

literatur dalam penelitian ini meliputi: (1) penyediaan data rekaman dari radar, (2) proses pengolahan data berdasarkan *clustering time window*, (3) penerapan pada algoritma MHT.

Analisa permasalahan awal ini memiliki tujuan untuk mengetahui dari beberapa penelitian sebelumnya tentang apa saja yang sudah dilakukan dan untuk menganalisa beberapa permasalahan yang mungkin akan menjadi kontribusi pada penelitian berikutnya. Sehingga diharapkan dari analisa tersebut peneliti dapat menarik kontribusi tersebut menjadi suatu permasalahan yang akan diteliti lebih lanjut. Berdasarkan penelitian sebelumnya MTT yang dilakukan belum pernah mencoba sistem *clustering time window* pada data yang akan diproses, sistem tersebut sudah pernah dipakai oleh Park (Chunki Park dkk, 2011) tetapi pada sistem STT. Sistem *clustering time window* ini bisa meminimalisir peluang salah atau gagal *tracking*, misalkan data setiap kluster diharapkan tidak ada hasil tangkapan *target* atau pesawat yang sama lebih dari satu pesawat atau *double*. Untuk itu diharapkan dengan banyaknya *target* atau pesawat yang akan diproses tidak akan terjadi kehilangan salah satu *plot* atau titik pada setiap *track* atau lintasan dari masing-masing pesawat tersebut. Dan dengan kombinasi algoritma *clustering time window* dengan *Multiple Hypothesis Tracking* (MHT) permasalahan yang akan diteliti bisa diselesaikan.

3. 2 Perancangan Algoritma

Perancangan algoritma merupakan proses yang sangat penting untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Maka dengan pertimbangan tersebut penyusunan langkah secara detil dan teliti sangat diperlukan. Dalam penyusunan setiap prosesnya juga perlu memperhatikan hasil setiap outputnya, sehingga perencanaan untuk setiap langkahnya perlu dilakukan uji secara manual. Suatu sistem MTT memiliki langkah-langkah utama yang harus dijalankan, yaitu *track association*, *track smoothing*, *track initiation* dan *track maintainance*. Secara global desain sistem MTT dengan *clustering time window* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Alur Sistem MTT dengan Clustering Time Window

Berdasarkan Gambar 3.2 sistem ini nantinya terdiri dari tiga tahapan utama yaitu untuk tahap pertama merupakan *clustering time window*. Pada tahap ini data rekaman radar akan dikluster berdasarkan waktu satu kali putaran radar pada data rekaman yang telah direkam langsung dari radar yang telah disiapkan.

Tahap kedua adalah konversi data radar sebelum digunakan oleh algoritma MHT, pada tahap ini data radar masih berupa nilai *range* dan *bearing* untuk memudahkan proses di dalam algoritma MHT maka akan dikonversi ke dalam operasi kartesian yaitu berbentuk nilai x dan y . Untuk tahap yang terakhir yaitu data yang sudah dikonversi tersebut akan digunakan untuk input algoritma MHT. Alur tersebut terus berulang sampai data rekaman yang telah disiapkan habis untuk diproses. Berdasarkan hasil MHT yang berupa beberapa posisi *target* yang telah membentuk *track* atau lintasan tersebut akan dievaluasi dengan data *groundtruth* yang telah disediakan. Penyiapan data *groundtruth* ini adalah dengan menggunakan data rekaman yang sama tetapi proses pencocokan *track* atau lintasan masing-masing *target* dengan menggunakan mode 3 yang merupakan identitas dari masing-masing pesawat. Untuk mengetahui kemampuan algoritma dilakukan dengan membandingkan antara *track* atau lintasan yang dibentuk dengan algoritma yang diusulkan dengan lintasan yang dibentuk berdasarkan algoritma MHT murni tanpa adanya proses *clustering time window*.

3.2.1 Data Rekaman Radar

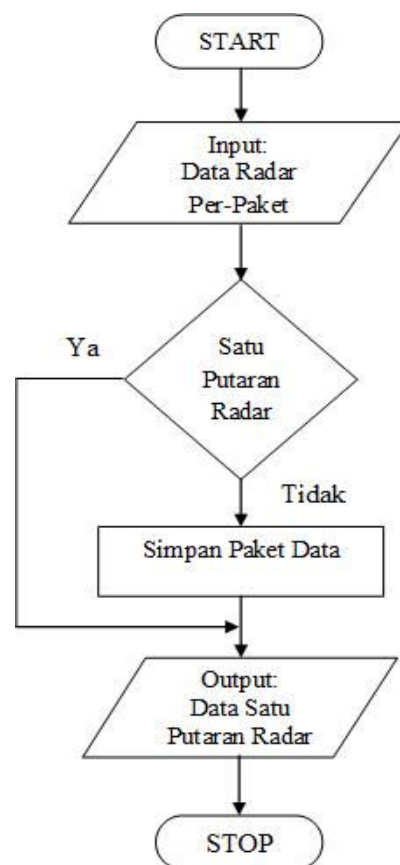
Data rekaman radar yang digunakan adalah data radar dari salah satu radar di Indonesia. Data tersebut telah direkam hanya untuk proses penelitian tentang *tracking* pesawat. Data yang dihasilkan tersebut berupa informasi-informasi yang diperlukan untuk proses penelitian untuk *tracking* dari pesawat. Data-data tersebut meliputi waktu kedatangan data, *range*, *bearing*, *mode 3* dan *altitude*.

Waktu kedatangan data yaitu *time* atau waktu dimana data tersebut berhasil ditangkap oleh radar, *range* merupakan jarak antara pusat radar dengan *target* atau pesawat yang memiliki satuan *nautical mile* (Nmi). Kemudian *bearing* yaitu sudut yang dibentuk antara *target* dengan North-Signal Radar (Chandra, 2007), berikutnya Mode 3 adalah identitas setiap pesawat dimana setiap pesawat memiliki nilai mode 3 yang berbeda-beda. Sedangkan *altitude* adalah ketinggian pesawat diukur dari atas permukaan laut atau *sea level* dan memiliki satuan *feet*. Dari data-data yang diperoleh langsung dari radar tersebut akan dihitung juga

untuk *speed* atau kecepatan dan juga *heading*. Proses perthitungan keduanya akan diproses pada saat konversi data.

3. 2. 2 Clustering Time Window

Proses ini sama dengan proses kluster berdasarkan waktu. Yang dimaksud waktu di sini adalah waktu yang diperlukan selama satu putaran radar. Setelah proses *clustering time window* ini dijalankan beberapa saat, maka akan diperoleh beberapa hasil kluster yang berisi beberapa *target*. Sehingga dengan proses ketepatan kluster ini nantinya akan diperoleh keunikan dari setiap target (Chunki Park dkk, 2011). Dari keunikan inilah nanti diharapkan proses *tracking* bisa lebih dioptimalkan, karena dalam satu kluster yang akan diproses tidak ada istilah dari *double target* atau pesawat yang sama di dalam satu kluster tersebut. Berikut adalah alur sistem sederhana dari *clustering time window*, seperti Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Alur Sistem Clustering Time Window

Berdasarkan Gambar 3.3 di atas masukan data radar perpaket data maksudnya data akan diproses setiap satu paket *target* yang terdiri variabel waktu, *range*, *bearing*, mode 3 dan *altitude*. Aliran paket tersebut akan disimpan selama satu putaran radar penuh dan setelah satu putaran radar selesai maka beberapa paket data yang tersimpan akan digunakan untuk input pada proses konversi data input.

3. 2. 3 Proses Konversi Data Input

Konversi data input ini memiliki tujuan untuk mempermudah penghitungan di dalam metode MHT. Data yang pada awalnya tadi berupa nilai *range* (r) dan *bearing* (θ) dikonversi terlebih dahulu dengan operator kartesian x dan y . Yaitu rumus yang diberikan untuk konversi tersebut adalah:

$$x = r \cos \theta \quad (3.1)$$

$$y = r \sin \theta \quad (3.2)$$

Pada proses ini juga dilakukan proses untuk perhitungan kecepatan (*speed*) dan *heading*. *Heading* pesawat adalah sudut yang dibentuk antara arah hidung pesawat dengan *true north*. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung nilai kecepatan dan *heading* dari setiap pesawat.

$$dx = (x_t - x_{t-1}) \quad (3.3)$$

$$dy = (y_t - y_{t-1}) \quad (3.4)$$

$$jarak = \sqrt{dx^2 + dy^2} \quad (3.5)$$

$$kecepatan = \frac{jarak}{waktu_t - waktu_{t-1}} \quad (3.6)$$

Berdasarkan pada persamaan-persamaan di atas, dx adalah selisih antara nilai x pada waktu ke t dengan nilai x pada waktu sebelumnya $t-1$. Kemudian dy adalah selisih nilai y pada waktu ke t dengan nilai y pada waktu sebelumnya $t-1$. Dari akar kuadrat nilai dx dan dy didapatkan jarak antara kedua titik (x_t, y_t) dengan (x_{t-1}, y_{t-1}) . Selanjutnya kecepatan (*speed*) dapat diperoleh berdasarkan perbandingan nilai jarak dengan selisih dari waktu pada saat t yaitu $waktu_t$ dengan waktu pada saat $t-1$ yaitu $waktu_{t-1}$. Sedangkan untuk memperoleh nilai

dari *heading* masing-masing target, yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut.

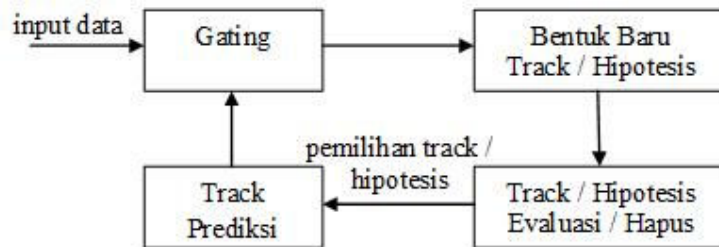
$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{dy}{dx}\right) - 90 \quad (3.7)$$

$$heading = \begin{cases} -\alpha, & \text{untuk } \alpha < 0 \\ 360 - \alpha, & \text{untuk } \alpha \geq 0 \end{cases} \quad (3.8)$$

Berdasarkan persamaan 3.7 dan 3.8 nilai *heading* diperoleh dengan menghitung dengan $\tan^{-1}\left(\frac{dy}{dx}\right)$ yang dikurangi dengan 90, kemudian didapat nilai dari α . Selanjutnya nilai *heading* akan didapatkan minus α jika nilai α kurang dari 0, sebaliknya jika nilai α lebih dari 0 nilai *heading* adalah selisih 360 dengan α . Sehingga dari beberapa variabel yang terdiri x , y , *speed* dan *heading*, akan menjadi atribut untuk menjadi sebuah data *target* yang akan menjadi input untuk algoritma MHT.

3.2.4 Multiple Hypothesis Tracking (MHT)

Metode ini cukup baik digunakan untuk kasus MTT (Reid, 1979). MHT yang digunakan berdasarkan algoritma Reid (Blackman, 2004) yang untuk meningkatkan efisiensi dikombinasikan dengan algoritma Murty (Cox dkk, 1996). Berikan alur sistem algoritma MHT seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Alur Kerja Algoritma MHT

Berdasarkan Gambar 3.4 dapat diperhatikan bahwa input data yang berupa empat macam variabel parameter yaitu x , y , *heading* dan *altitude* yang dihasilkan pada proses konversi data akan diproses di dalam algoritma MHT. Pertama memasuki proses *Gating*, pada proses ini *target* akan mengalami validasi data berdasarkan data *track* sebelumnya. Biasanya akan berbentuk wilayah atau *region*, dimana

target sementara yang masuk pada wilayah tersebut akan menjadi calon *track*. Setelah mengalami proses *Gating* maka *target* yang lolos proses validasi akan mengalami proses pembentukan hipotesis seperti dijelaskan pada Gambar 2.4 dan akan dipilih hipotesis terbaik yang akan dibentuk menjadi *track* baru dengan menggunakan algoritma Murty dengan *library* yang dikembangkan oleh Orguner (Orguner, 2010). Untuk evaluasinya akan dilakukan dengan cara misalkan *track* atau hipotesis yang tidak mengalami penambahan anggota dari *track* yang bersangkutan selama n kali *update* maka *track* atau hipotesis tersebut akan dihapus. Kemudian untuk proses prediksi *track* akan menggunakan Kalman Filter standar yang akan menggunakan *library* (Abdelkader, 2009), proses ini berfungsi untuk menentukan estimasi atau prediksi posisi dari target yang diinginkan kemudian dari target hasil estimasi tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan probabilitas ketika proses pembentukan hipotesis. Target estimasi ini digunakan untuk menghitung nilai probabilitas dengan melibatkan data calon target hasil tangkapan yang baru masuk dengan target estimasi hasil prediksi dari kalman filter dengan menggunakan target yang sudah terbentuk dari proses *tracking* sebelumnya, hasil nilai probabilitas tersebut akan digunakan sebagai bobot untuk menentukan hipotesis terbaik dengan menggunakan algoritma Murty. Pada implementasi untuk algoritma MHT menggunakan *library* yang dibuat oleh Antunes (Antunes D. , 2011).

3.3 Implementasi Algoritma

Tahapan implementasi algoritma merupakan tahap implementasi dari algoritma yang telah dirancang di dalam suatu bahasa pemrograman. Tahapan ini akan menghasilkan suatu program yang diusulkan dan pembuatan user interface program sebagai sarana interaksi dengan pengguna sehingga bisa memudahkan untuk proses pemakaiannya. Implementasi dengan menggunakan dua macam software yaitu NetBeans IDE 8.0.1 dan Matlab R2013a. NetBeans IDE 8.0.1 digunakan untuk implementasi sistem *tracking*, yang menghasilkan output berupa data-data lintasan setiap target. Selanjutnya dari data-data lintasan setiap target tersebut ditampilkan menggunakan Matlab R2013a untuk memudahkan proses analisisnya.

3. 4 Uji Coba dan Analisa

Setelah proses implementasi algoritma selesai, maka tahap berikutnya yaitu dengan melakukan uji coba terhadap sistem *tracking* yang telah dibuat untuk melihat hasil dari implementasi algoritma dan beserta analisa terhadap hasil uji coba yang telah dilakukan tersebut. Uji coba dimaksudkan untuk mengetahui apakah penelitian yang dilakukan telah dapat memenuhi tujuan penelitian yang telah direncanakan sebelumnya. Sedangkan analisa ditujukan untuk mengetahui kelemahan apa yang dimiliki oleh sistem yang telah dibuat ini. Dimana seperti yang disebutkan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil *multitarget tracking* (MTT) yang valid, maksudnya lintasan masing-masing *target* atau pesawat bisa menjadi *track* yang sesuai dengan lintasan yang sebenarnya dari *target* tersebut dengan menggunakan *preprocessing* CTW dan MHT. CTW ditujukan untuk melakukan proses pengelompokan data berdasarkan satu putaran radar dan MHT ditujukan untuk melakukan proses MTT untuk menemukan lintasan masing-masing pesawat.

Uji coba dilakukan dengan membandingkan sistem yang menggunakan metode sebelumnya yaitu MHT yang tidak menggunakan CTW dengan MHT yang menggunakan CTW. Kemudian dari dua sistem tersebut akan dibuat tiga buah skenario utama untuk menguji sekaligus menganalisa hasilnya. Pertama, skenario uji untuk melakukan pengelompokan data radar pada masing-masing sistem baik yang menggunakan CTW atau tidak menggunakan CTW. Kedua, skenario uji untuk melihat performa dari masing-masing sistem *tracking* yang telah diimplementasikan, yaitu pengembangan MHT dengan CTW dan pengembangan MHT tanpa CTW. Penilaian performa dilakukan dengan melihat tingkat validitas masing-masing lintasan pesawat yaitu dengan menghitung jumlah *track* yang hilang jika dibandingkan dengan lintasan *ground truth* masing-masing pesawat. Ketiga, skenario uji untuk melihat dua *target* dalam kondisi lintasan yang cukup kompleks, yaitu melintas saling bersilangan, melintas saling beriringan dan melintas saling berhadapan. Uji dilakukan dengan data rekaman langsung dari radar yang berdurasi ± 18 menit.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab hasil dan pembahasan ini akan diuraikan cara peneliti untuk melakukan implementasi dan pengujian sistem *tracking* yang telah diusulkan yaitu menggunakan praproses data dengan *clustering time window* (CTW) yang merupakan cara melakukan proses data berdasarkan satu putaran radar dan menggunakan sistem *tracking* dari metode pengembangan Multiple Hypothesis Tracking (MHT). Analisa yang dilakukan yaitu sesuai dengan tujuan dari penelitian ini yang ingin mendapatkan hasil *tracking* yang valid dari setiap pesawat, dengan membandingkan antara *track* yang dibentuk data aktual (*ground truth*) dengan yang dibentuk berdasarkan kombinasi CTW dan pengembangan MHT. Lingkungan dan data uji coba akan dijelaskan pada sub bab 4.1. Pelaksanaan dan hasil uji coba dijelaskan pada sub bab 4.2. Kemudian untuk pembahasan akan dibagi beberapa subbab sesuai dengan uji coba yang dilakukan.

4.1 Lingkungan dan Data Uji Coba

Pada penelitian ini penulis menggunakan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak untuk menunjang proses implementasinya. Perangkat keras yang digunakan untuk implementasi dan pengujian adalah sebuah laptop dengan spesifikasi processor Intel Core i5-3210M CPU@2.50 GHz, RAM 4 Gb. Selain perangkat keras juga menggunakan perangkat lunak untuk implementasi dan pengujiannya yaitu peneliti menggunakan sistem operasi Windows 7 32 bit, NetBeans IDE 8.0.1 dan Matlab R2013a.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data rekaman berdurasi ± 18 menit. Data tersebut adalah milik salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertahanan militer. Data yang digunakan ini berupa data yang terdiri *time arrival*, *range*, *bearing*, *mode3* dan *altitude*. Mode3 adalah identitas sebuah pesawat, dengan menggunakan identitas tersebut setiap plot atau titik akan bisa dihubungkan menjadi sebuah lintasan atau *track* yang bisa digunakan sebagai lintasan aktual (*ground truth*).

4. 2 Pelaksanaan dan Hasil Uji Coba

Pada tahap uji coba ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dikerjakan. Tahap uji coba ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:

- 1 Uji coba dilakukan dengan menganalisa proses pengelompokan terhadap data radar yang tidak menggunakan CTW dan data yang menggunakan CTW. Pengujian ini dilakukan untuk menganalisa kemungkinan apakah nanti data-data yang dikelompokkan tersebut apakah bisa salah *tracking* atau tidak.
- 2 Uji coba performa dilakukan dengan membandingkan metode pengembangan MHT tanpa CTW dengan metode pengembangan MHT dengan CTW. Pengujian ini dilakukan untuk melihat kemampuan masing-masing metode dalam melakukan proses *tracking aircraft*, yaitu dengan membandingkan *tracking* dari data aktual (*ground truth*) yang menggunakan identitas masing-masing pesawat dengan *tracking* yang menggunakan algoritma yang diajukan. Untuk mengetahui seberapa besar kemampuan dari kedua sistem ini akan menggunakan tiga macam nilai yang bisa digunakan untuk mengukur, yaitu nilai *correct target*, *maintain target* dan *inexisting target*.
- 3 Uji coba untuk menganalisa dua *target* atau pesawat dalam kondisi yang cukup kompleks dalam proses *tracking*, yaitu dalam keadaan dua pesawat melintas bersilangan, melintas beriringan dan melintas saling berhadapan. Dalam keadaan yang kompleks tersebut bisa saja terjadi plot setiap pesawat bisa saja saling tertukar sehingga mengakibatkan salah *tracking*.

4.2.1 Uji Coba Pengelompokan Data Radar

Pada sub bab ini dilakukan uji coba untuk pengelompokan data radar. Pengelompokan data yang dilakukan dalam pengujian ini ada dua macam yaitu menggunakan CTW dan tanpa menggunakan CTW. Pengelompokan dengan CTW yaitu pengelompokan data radar dengan menggunakan sistem satu kali putaran radar, sedangkan tanpa CTW pada penelitian ini yaitu pengelompokan data radar menggunakan time atau waktu yang tidak konstan.

4.2.1.1 Pengelompokan Data Radar Menggunakan *Clustering Time Window*

Metode ini merupakan metode yang peneliti ajukan dalam penelitian ini. CTW merupakan suatu metode pengelompokan data berdasarkan satu putaran radar. Dalam melakukan satu putaran radar tersebut memerlukan waktu ± 10 detik. CTW ini dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa satu kelompok data radar yang akan digunakan untuk proses *tracking* tidak mengalami *double target* atau pesawat. Misalkan pada contoh data pada Tabel 2.1, untuk data dengan Mode3 902 dalam kelompok satu proses CTW tersebut tidak ada data Mode3 902 yang lain. Hal ini sangat berfungsi ketika digunakan untuk proses *tracking* terutama ketika menggunakan metode pengembangan MHT. Karena dalam metode MHT tersebut dalam satu proses *tracking* hanya bisa menambah plot masing-masing *track* hanya satu buah plot dalam satu *state* ketika melakukan *update*. Dengan kondisi seperti itu bisa dianalisa bahwa ketika suatu proses pengelompokan data tersebut berisi Mode3 dalam hal ini 902 dengan jumlah lebih dari satu dalam kelompok data tersebut, maka bisa dipastikan satu plot Mode3 902 yang lain bisa membentuk *track* atau lintasan baru atau bisa juga ada kemungkinan plot tersebut akan bergabung dengan *track* yang lain. Jika sebuah *track* mengalami kondisi tersebut maka lintasan dari pesawat tersebut menjadi tidak valid, karena pasti lintasan dari pesawat tersebut bisa putus. Sehingga ada informasi dari *track* tersebut yang akan hilang. Berikut ini disajikan hasil implementasi beberapa proses CTW yang ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 1 Pengelompokan Data Radar dengan CTW pada Scan Pertama

Range	Bearing	Mode3	Altitude
46	73.84615	1332	331
90	248.6154	903	314
21	235.2527	908	191
98	277.0989	0	2
163	54.85714	1694	2
117	220.8352	902	220
144	61.18681	3673	388
56	212.3956	906	242

Tabel 4.2 Pengelompokan Data Radar dengan CTW pada Scan Kedua

Range	Bearing	Mode3	Altitude
118	220.8352	902	220
22	234.9011	908	192
91	247.9121	903	319
162	54.85714	1694	400
47	73.84615	1332	328
98	277.0989	958	2

Tabel 4.3 Pengelompokan Data Radar dengan CTW pada Scan Ketiga

Range	Bearing	Mode3	Altitude
23	235.6044	908	193
240	182.1538	2144	370
120	220.8352	902	222
255	174.0659	144	770
142	61.18681	3673	390
161	54.85714	1694	402
92	248.6154	903	316
48	73.84615	1332	329
57	213.8022	906	243
97	277.0989	958	79

Tabel 4.4 Pengelompokan Data Radar dengan CTW pada Scan Keempat

Range	Bearing	Mode3	Altitude
97	277.0989	958	76
58	213.8022	906	240
93	247.9121	903	321
255	173.3626	144	256
121	220.8352	902	223
49	73.84615	1332	329
239	182.1538	2144	371
141	61.18681	3673	388
24	234.9011	908	198

Dari keempat *scan* tangkapan data radar tersebut bisa diamati, jika setiap tangkapan satu putaran radar sudah berhasil tidak ada data dengan Mode3 yang lebih dari satu dalam setiap *scan* CTW. Hal tersebut akan sangat membantu dalam

proses *tracking* dengan metode MHT yang digunakan, karena bisa meminimalisir kesalahan proses *tracking*.

4.2.1.2 Pengelompokan Data Radar Tanpa Menggunakan *Clustering Time Window*

Metode ini adalah metode sebelumnya dimana pengelompokan data tidak menggunakan satu putaran radar. Pada proses ini data dikelompokkan secara tidak teratur, jadi kalau bisa diamati data bisa saja tepat satu putaran atau bahkan tidak tepat satu putaran sama sekali. Hal tersebut bisa terlihat pada plot-plot yang tertangkap pada masing-masing *scan* atau hasil tangkapan. Pada implementasi metode ini memang lebih banyak hasil pengelompokan yang setiap kelompok data radarnya berisi Mode3 yang sama atau lebih dari satu. Untuk hasil beberapa *scan* atau tangkapan dapat terlihat pada tabel-tabel berikut:

Tabel 4.5 Pengelompokan Data Radar tanpa CTW pada Scan Pertama

Range	Bearing	Mode3	Altitude
46	73.84615	1332	331
90	248.6154	903	314
118	220.8352	902	220
162	54.85714	1694	400
21	235.2527	908	191
98	277.0989	0	2
163	54.85714	1694	2
0	0	0	0
117	220.8352	902	220
144	61.18681	3673	388
56	212.3956	906	242

Tabel 4.6 Pengelompokan Data Radar tanpa CTW pada Scan Kedua

Range	Bearing	Mode3	Altitude
91	247.9121	903	319
22	234.9011	908	192
98	277.0989	958	2
0	0	0	0
255	174.0659	144	770
48	73.84615	1332	329
240	182.1538	2144	370

Tabel 4.7 Pengelompokan Data Radar tanpa CTW pada Scan Ketiga

Range	Bearing	Mode3	Altitude
142	61.18681	3673	390
120	220.8352	902	222
121	220.8352	902	223
23	235.6044	908	193
97	277.0989	958	79
0	0	0	0
49	73.84615	1332	329
57	213.8022	906	243
92	248.6154	903	316

Tabel 4.8 Pengelompokan Data Radar tanpa CTW pada Scan Keempat

Range	Bearing	Mode3	Altitude
141	61.18681	3673	388
25	235.2527	908	199
255	173.3626	144	256
50	73.84615	1332	331
58	213.8022	906	240
24	234.9011	908	198
0	0	0	0
93	247.9121	903	321
97	277.0989	958	76
122	220.8352	902	220

Berdasarkan keempat hasil *scan* tersebut hanya *scan* kedua yang dalam kondisi semua anggota kelompoknya unik. Artinya tidak ada plot yang memiliki Mode3 yang sama dalam satu kelompok tangkapan tersebut. Dari sini bisa dianalisa ketika menggunakan algoritma MHT dengan anggota kelompok dalam setiap *scan* atau tangkapannya memiliki plot dengan Mode3 yang tidak unik atau lebih dari satu kemungkinan untuk salah *tracking* akan semakin besar. Untuk kondisi tersebut bisa diamati pada kasus *scan* pertama, ketiga dan keempat.

4.2.2 Uji Coba Performa *Tracking* Menggunakan Pengembangan *Multiple Hypothesis Tracking*

Pada sub bab ini akan dibahas tentang hasil uji coba setelah data radar sudah mengalami dan tanpa mengalami CTW. Data-data yang sudah dikelompokkan akan mengalami proses *tracking* menggunakan metode MTT yaitu MHT. Pengujian performa dilakukan dengan cara membandingkan plot atau titik yang membentuk lintasan hasil tracking masing-masing pesawat dengan plot yang membentuk lintasan hasil pencocokan identitas masing-masing pesawat dalam hal ini identitas yang digunakan adalah menggunakan Mode3. Untuk lebih memperkuat hasil uji coba juga akan disajikan hasil perhitungan tiga variabel penting untuk mengetahui performa dari sistem *tracking*, yaitu *correct target* (CT), *maintain target* (MT) dan *inexisting target* (IT). CT merupakan variabel nilai untuk mengetahui seberapa besar kemampuan sistem untuk mendeteksi suatu plot yang diprediksi sebagai *target* kemudian pada proses *output tracking* berhasil benar-benar menjadi *target* dari salah satu pesawat. Kemudian, MT merupakan variabel nilai untuk mengetahui seberapa besar kemampuan sistem untuk mendeteksi suatu plot yang baru masuk atau tertangkap berhasil tersambung dengan plot sebelumnya yang sudah menjadi *track* pada salah satu *target* atau secara sederhana bisa dikatakan untuk menghitung berapa jumlah plot yang berhasil tersambung dengan *track* pasangannya. IT merupakan variabel nilai untuk mengetahui seberapa besar kemampuan sistem untuk mendeteksi suatu plot dimana diprediksi akan menjadi sebuah *target* tetapi pada kenyataan pada hasil *output tracking* tidak menjadi sebuah *target*. Karena hasil *scan* dari durasi data rekaman ± 18 menit sekitar seratus lebih hasil *scan*, maka supaya lebih optimal hasil evaluasi ketiga variabel tersebut akan diambil rata-rata setiap 10 hasil *scan*.

Proses pengujian performa di atas akan diujikan pada kedua sistem yang sudah diimplementasikan, yaitu sistem MHT tanpa CTW dan sistem MHT dengan CTW. Dari hasil-hasil pengujian tersebut nanti bisa diamati apakah MHT dengan CTW bisa lebih bagus atau tidak dibandingkan penelitian sebelumnya yang menerapkan MHT tanpa CTW.

4.2.2.1 Uji Coba Performa *Tracking* Tanpa Clustering Time Window dengan Menggunakan Pengembangan Multiple Hypothesis Tracking

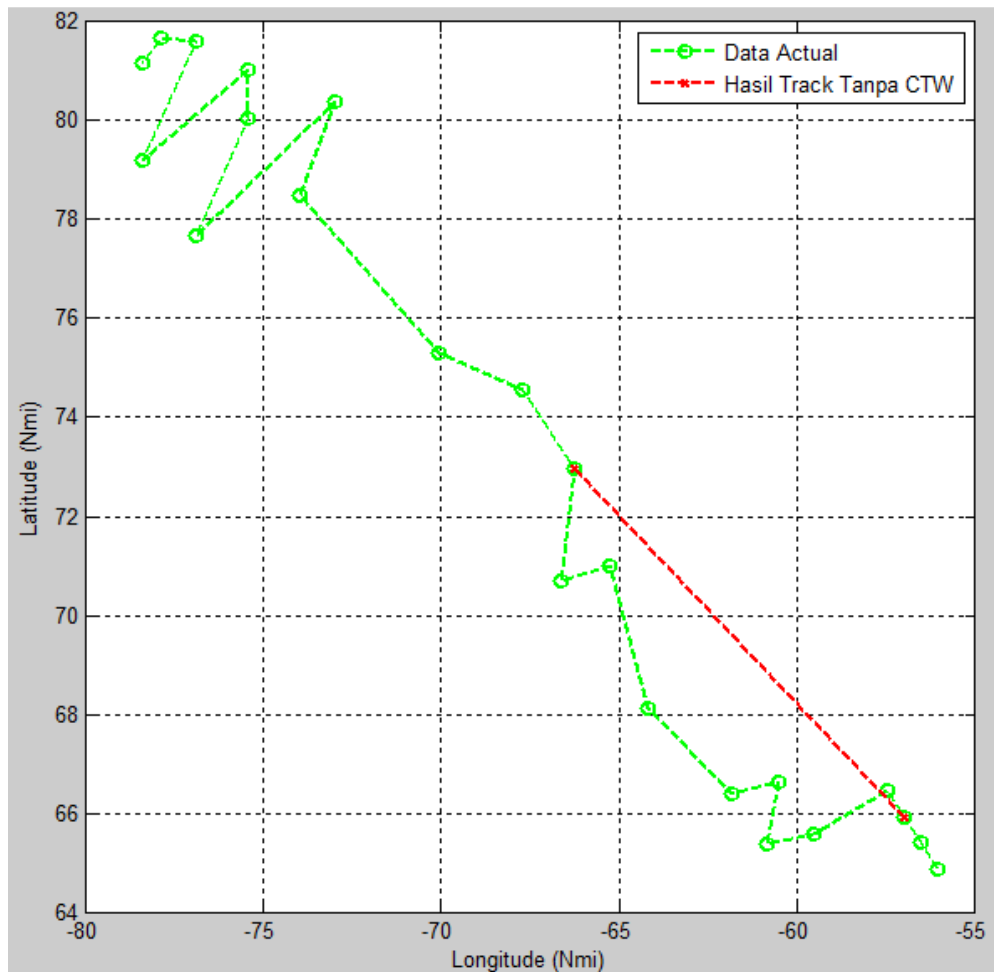
Pada sub bab ini akan menampilkan beberapa uji coba hasil *tracking* dari beberapa pesawat. Dengan menggunakan metode pada penelitian sebelumnya yaitu MHT tanpa menggunakan CTW. Beberapa hasil *tracking* dari beberapa pesawat adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Data Ground Truth untuk Mode3 902

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
902	-54.6461	63.22964	0	220
902	-55.1132	63.77006	0	220
902	-56.0473	64.85091	0	222
902	-56.5143	65.39133	0	223
902	-56.9814	65.93176	0	220
902	-57.4485	66.47218	220.8621	221
902	-59.5431	65.57074	225.8621	222
902	-60.8301	65.3578	230.8621	219
902	-60.5034	66.62833	235.8621	216
902	-61.8033	66.40353	240.8621	215
902	-64.1691	68.10242	245.8621	205
902	-65.262	70.98831	246.1178	200
902	-66.6183	70.70175	247.3378	198
902	-66.2657	72.97389	240.2648	3
902	-67.7062	74.56028	238.3235	191
902	-70.0762	75.29219	234.4587	178
902	-73.9659	78.49974	231.357	770
902	-72.9883	80.37704	227.2831	1
902	-76.8755	77.67581	227.5639	147
902	-75.4354	80.05934	224.9397	140
902	-75.4293	81.04368	225.6389	137
902	-78.3828	79.19887	228.8593	134
902	-76.9049	81.61894	230.1015	131
902	-77.8974	81.66227	228.6918	128
902	-78.3972	81.18263	230.3609	126

Tabel 4.10 Data Hasil Tracking untuk Mode3 902

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
902	-56.9814	65.93176	0	220
902	-66.2657	72.97389	240.2648	3



Gambar 4.1 Hasil Tracking untuk Mode3 902

Pada data untuk kasus pesawat dengan Mode3 902 hasil uji coba menunjukkan bahwa proses *tracking* kurang begitu efektif karena hanya bisa mendeteksi lintasan pesawat sebanyak 2 posisi. Dapat juga diamati berdasarkan Gambar 4.1 data aktual (*ground truth*) tidak dengan tepat dilakukan proses *track* karena hanya mendeteksi 2 buah titik.

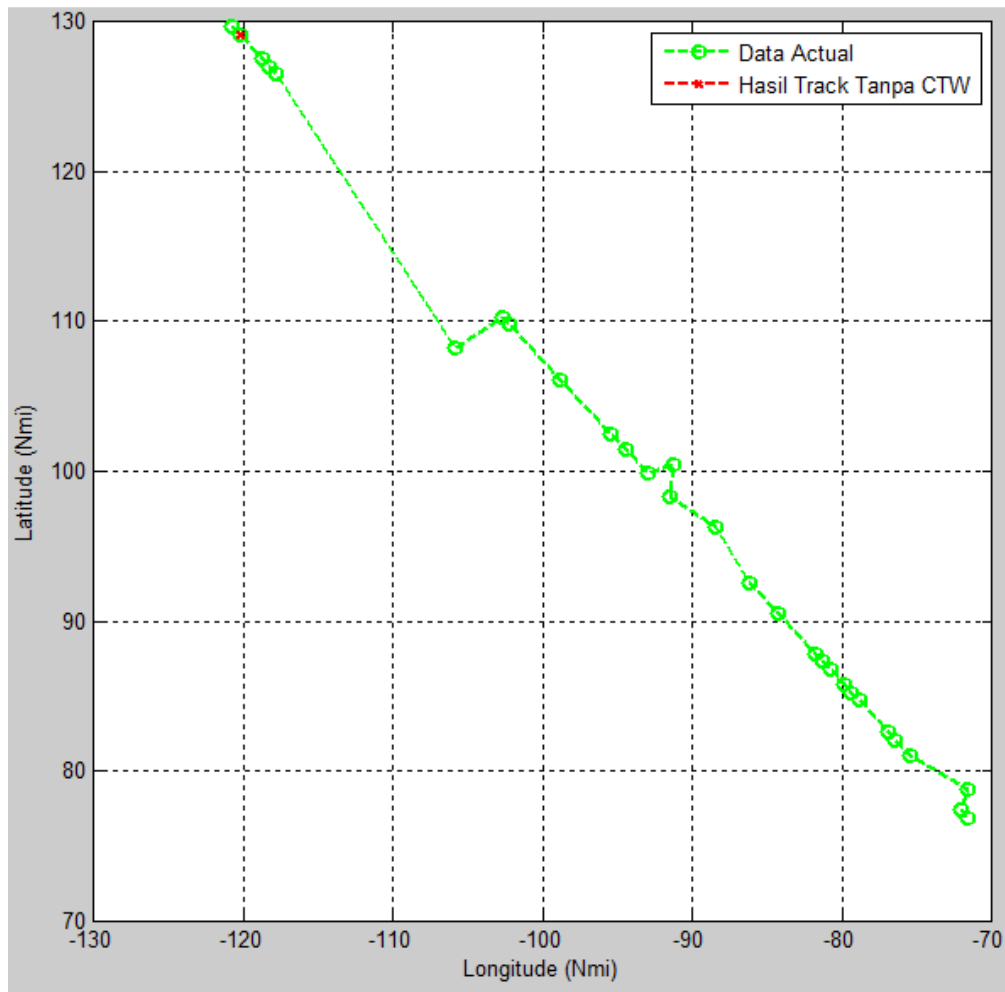
Tabel 4.11 Data Ground Truth untuk Mode3 2467

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
2467	-123.748	129.7293	0	2
2467	-121.66	130.7156	0	512
2467	-120.687	129.6699	0	512
2467	-120.2	129.147	0	348
2467	-118.74	127.5784	0	351

2467	-118.254	127.0556	60.19335	348
2467	-117.767	126.5327	55.19335	349
2467	-105.858	108.2809	0	512
2467	-102.681	110.324	0	512
2467	-102.195	109.8011	0	514
2467	-98.788	106.1411	0	349
2467	-95.3815	102.481	61.74432	351
2467	-94.4083	101.4353	56.74432	349
2467	-92.9483	99.86672	51.80374	349
2467	-91.2353	100.4713	51.57424	2
2467	-91.4884	98.29814	50.48732	349
2467	-88.4663	96.2286	46.89283	584
2467	-86.1354	92.54665	46.24294	351
2467	-84.1888	90.4552	45.74524	350
2467	-81.7556	87.84089	45.01467	351
2467	-81.269	87.31803	44.79233	348
2467	-80.7823	86.79516	43.09651	350
2467	-79.809	85.74944	41.7266	348
2467	-79.3224	85.22658	41.70518	350
2467	-78.8358	84.70371	40.99173	348
2467	-76.8892	82.61226	30.99173	348
2467	-76.4026	82.0894	25.99173	350
2467	-75.4293	81.04368	20.99173	351
2467	-71.5477	78.79065	10.99173	0
2467	-72.0228	77.38364	5.991726	349
2467	-71.5362	76.86078	0.991726	350

Tabel 4.12 Data Hasil Tracking untuk Mode3 2467

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
2467	-120.2	129.147	0	348



Gambar 4.2 Hasil Tracking untuk Mode3 2467

Pada data untuk kasus pesawat dengan Mode3 2467 hasil uji coba menunjukkan bahwa proses *tracking* tidak begitu efektif karena hanya bisa mendeteksi lintasan pesawat sebanyak 1 posisi.

Tabel 4.13 Data Ground Truth untuk Mode3 903

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
903	-59.8599	23.44029	0	314
903	-60.2295	24.44186	0	319
903	-61.1901	23.96119	0	316
903	-61.5532	24.97905	0	321
903	-63.1854	24.74253	0	322
903	-64.1526	24.21736	257.8353	327
903	-65.1164	23.67214	261.5905	324

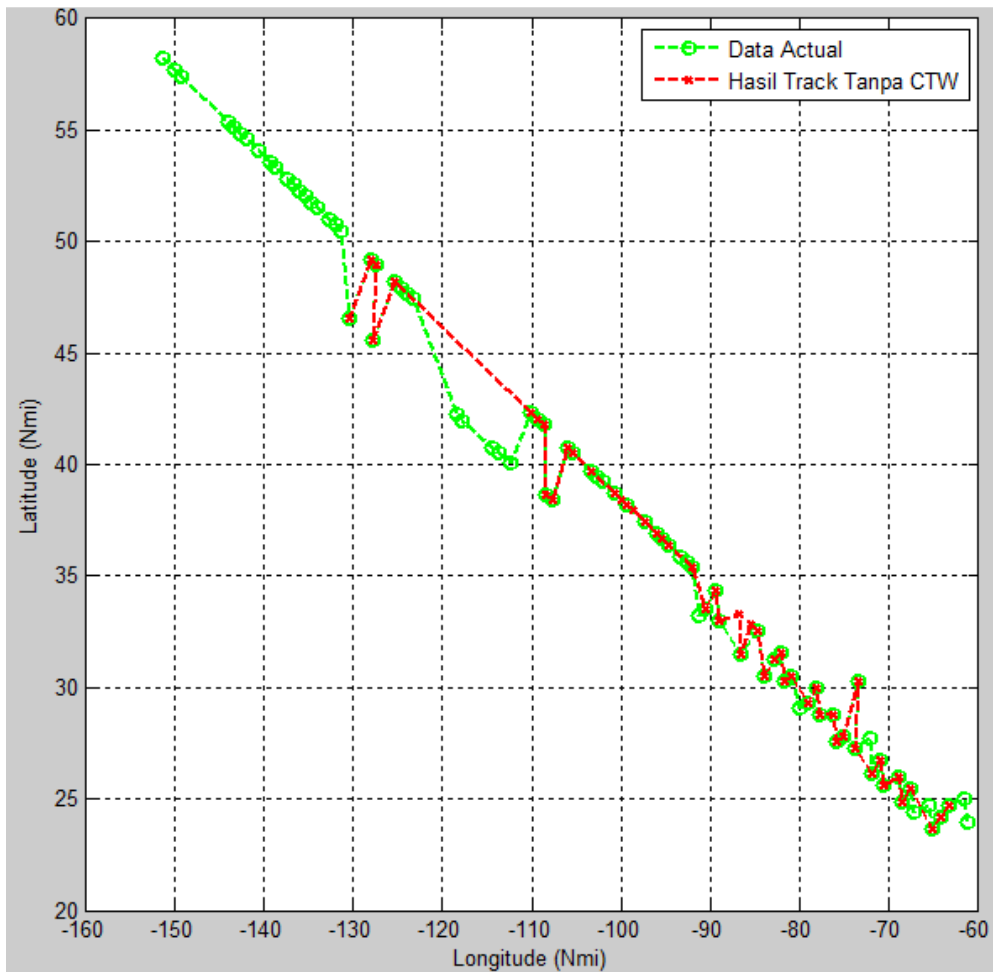
903	-65.4891	24.72189	261.5095	329
903	-67.1303	24.40427	266.5095	331
903	-67.4939	25.47868	265.9592	333
903	-68.4729	24.89235	267.1858	335
903	-68.8304	25.98321	265.2561	337
903	-70.4868	25.62448	263.4942	338
903	-70.8352	26.74	261.9259	343
903	-71.8294	26.11257	259.0342	340
903	-72.0031	27.68697	257.6588	344
903	-73.6771	27.29738	257.0445	345
903	-73.2824	30.26404	252.0445	349
903	-75.0167	27.7937	250.9082	348
903	-75.8572	27.57682	248.0844	348
903	-76.1813	28.75812	247.1389	353
903	-77.6959	28.78633	245.6954	355
903	-78.0034	29.99422	246.1951	359
903	-79.0355	29.28265	244.7016	356
903	-79.885	29.04108	247.6661	358
903	-80.859	30.52397	246.6554	363
903	-81.7147	30.27528	251.6554	360
903	-82.0036	31.53238	251.7552	365
903	-82.8638	31.28076	250.7509	365
903	-83.9128	30.50533	251.7303	367
903	-84.6704	32.55783	251.2799	370
903	-86.598	31.48151	251.7959	368
903	-89.0824	33.00502	247.3963	375
903	-89.3372	34.35235	246.9272	376
903	-90.422	33.50133	248.5607	378
903	-91.2972	33.1898	250.1872	379
903	-92.004	35.3778	246.968	383
903	-92.6707	35.63416	248.0991	380
903	-93.3374	35.89052	249.7942	381
903	-94.6708	36.40324	247.1621	383
903	-95.3375	36.6596	248.304	380
903	-96.0042	36.91596	246.136	381
903	-97.3376	37.42868	246.1154	383
903	-99.3377	38.19776	242.6086	381
903	-100.671	38.71049	244.2669	381
903	-102.004	39.22321	245.5713	383
903	-102.671	39.47957	245.5497	382
903	-103.338	39.73593	246.9036	380
903	-105.338	40.50501	248.9875	380

903	-106.005	40.76137	248.9879	382
903	-107.646	38.38688	251.4067	381
903	-108.319	38.62679	253.8122	383
903	-108.671	41.78682	253.6768	381
903	-109.338	42.04318	253.549	383
903	-110.005	42.29954	253.5297	382
903	-112.356	40.0663	243.5297	383
903	-113.701	40.54614	238.5297	381
903	-114.374	40.78606	233.5297	380
903	-117.738	41.98565	223.5297	1
903	-118.411	42.22556	218.5297	383
903	-123.339	47.42676	208.5297	380
903	-124.005	47.68312	213.5297	380
903	-124.672	47.93948	218.5297	380
903	-125.339	48.19584	223.5297	380
903	-127.83	45.58442	228.5297	0
903	-127.339	48.96492	226.2719	380
903	-128.006	49.22128	225.7307	383
903	-130.521	46.54409	225.5176	383
903	-131.339	50.50309	215.5176	382
903	-132.006	50.75945	210.5176	382
903	-132.672	51.01581	205.5176	382
903	-134.006	51.52853	200.5176	381
903	-134.673	51.78489	195.5176	381
903	-135.339	52.04125	190.5176	380
903	-136.006	52.29761	185.5176	380
903	-136.673	52.55397	180.5176	380
903	-137.339	52.81033	185.5176	383
903	-138.673	53.32305	190.5176	380
903	-139.339	53.57942	195.5176	3
903	-140.673	54.09214	200.5176	381
903	-142.006	54.60486	205.5176	382
903	-142.673	54.86122	210.5176	380
903	-143.34	55.11758	215.5176	382
903	-144.006	55.37394	220.5176	381
903	-149.34	57.42483	225.5176	2
903	-150.007	57.68119	230.5176	0
903	-151.34	58.19391	235.5176	383

Tabel 4.14 Data Hasil Tracking untuk Mode3 903

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
903	-63.1854	24.74253	0	322
903	-64.1526	24.21736	257.8353	327
903	-65.1164	23.67214	261.5905	324
903	-67.4939	25.47868	265.9592	333
903	-68.4729	24.89235	267.1858	335
903	-68.8304	25.98321	265.2561	337
903	-70.4868	25.62448	263.4942	338
903	-70.8352	26.74	261.9259	343
903	-71.8294	26.11257	259.0342	340
903	-73.6771	27.29738	257.0445	345
903	-73.2824	30.26404	252.0445	349
903	-75.0167	27.7937	250.9082	348
903	-75.8572	27.57682	248.0844	348
903	-76.1813	28.75812	247.1389	353
903	-77.6959	28.78633	245.6954	355
903	-78.0034	29.99422	246.1951	359
903	-79.0355	29.28265	244.7016	356
903	-80.859	30.52397	246.6554	363
903	-81.7147	30.27528	251.6554	360
903	-82.0036	31.53238	251.7552	365
903	-82.8638	31.28076	250.7509	365
903	-83.9128	30.50533	251.7303	367
903	-84.6704	32.55783	251.2799	370
903	-85.3371	32.81419	251.2952	0
903	-86.598	31.48151	251.7959	368
903	-86.598	31.48151	251.7959	368
903	-86.6704	33.32691	246.7959	1
903	-86.6704	33.32691	246.7959	1
903	-86.6704	33.32691	246.7959	1
903	-89.0824	33.00502	247.3963	375
903	-89.3372	34.35235	246.9272	376
903	-89.3372	34.35235	246.9272	376
903	-90.422	33.50133	248.5607	378
903	-90.422	33.50133	248.5607	378
903	-92.004	35.3778	246.968	383
903	-92.004	35.3778	246.968	383
903	-94.6708	36.40324	247.1621	383
903	-95.3375	36.6596	248.304	380
903	-96.0042	36.91596	246.136	381

903	-96.0042	36.91596	246.136	381
903	-96.0042	36.91596	246.136	381
903	-97.3376	37.42868	246.1154	383
903	-97.3376	37.42868	246.1154	383
903	-98.671	37.9414	242.7309	380
903	-99.3377	38.19776	242.6086	381
903	-99.3377	38.19776	242.6086	381
903	-100.004	38.45413	244.3614	3
903	-100.671	38.71049	244.2669	381
903	-100.671	38.71049	244.2669	381
903	-103.338	39.73593	246.9036	380
903	-103.338	39.73593	246.9036	380
903	-103.338	39.73593	246.9036	380
903	-105.338	40.50501	248.9875	380
903	-105.338	40.50501	248.9875	380
903	-106.005	40.76137	248.9879	382
903	-106.005	40.76137	248.9879	382
903	-107.646	38.38688	251.4067	381
903	-108.319	38.62679	253.8122	383
903	-108.319	38.62679	253.8122	383
903	-108.671	41.78682	253.6768	381
903	-109.338	42.04318	253.549	383
903	-110.005	42.29954	253.5297	382
903	-110.005	42.29954	253.5297	382
903	-110.005	42.29954	253.5297	382
903	-125.339	48.19584	223.5297	380
903	-125.339	48.19584	223.5297	380
903	-127.83	45.58442	228.5297	0
903	-127.83	45.58442	228.5297	0
903	-127.339	48.96492	226.2719	380
903	-127.339	48.96492	226.2719	380
903	-128.006	49.22128	225.7307	383
903	-128.006	49.22128	225.7307	383
903	-128.006	49.22128	225.7307	383
903	-128.006	49.22128	225.7307	383
903	-130.521	46.54409	225.5176	383
903	-130.521	46.54409	225.5176	383
903	-130.521	46.54409	225.5176	383
903	-130.521	46.54409	225.5176	383
903	-130.521	46.54409	225.5176	383
903	-130.521	46.54409	225.5176	383



Gambar 4.3 Hasil Tracking untuk Mode3 903

Pada data untuk kasus pesawat dengan Mode3 903 hasil uji coba menunjukkan bahwa proses *tracking* sudah lebih bagus daripada lintasan yang telah terbentuk dari mode3 902 dan 2467 karena sudah bisa mendeteksi lintasan pesawat cukup banyak jika dibandingkan dengan data aktualnya.

Tabel 4.15 Data Ground Truth untuk Mode3 958

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
958	-43.457	3.156082	91.48133	97
958	-43.457	3.156082	96.48133	97
958	-43.457	3.156082	101.4813	98
958	-42.6555	4.152662	106.4813	98
958	-42.6555	4.152662	101.9105	99
958	-42.6555	4.152662	106.9105	97

958	-42.6555	4.152662	111.9105	99
958	-42.5407	5.198501	111.4813	97
958	-41.8317	5.11186	116.4813	99
958	-41.8317	5.11186	121.4813	97
958	-41.8317	5.11186	116.9105	99
958	-41.8317	5.11186	121.9105	97
958	-40.8265	7.037437	126.4813	98
958	-40.9869	6.033146	131.4813	97
958	-40.9869	6.033146	136.4813	98
958	-40.8265	7.037437	126.9105	96
958	-40.8265	7.037437	131.9105	97
958	-40.1226	6.916102	126.9105	97
958	-40.1226	6.916102	140.9361	98
958	-39.9407	7.89891	142.4004	99
958	-39.9407	7.89891	121.9105	99
958	-39.9407	7.89891	142.6283	96
958	-39.0377	8.721243	140.6707	97

Tabel 4.16 Data Hasil Tracking untuk Mode3 958

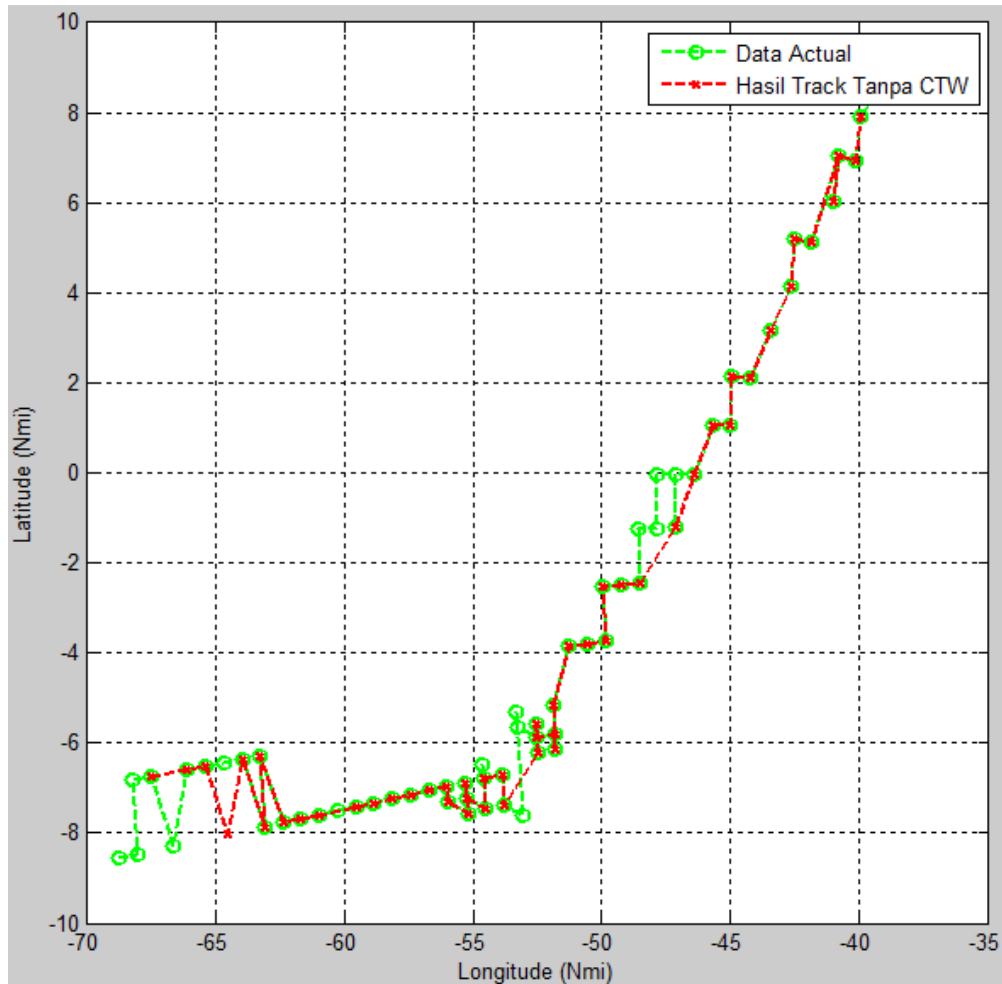
Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
958	-67.5225	-6.73051	107.0961	76
958	-67.5225	-6.73051	112.0961	78
958	-66.101	-6.58881	0	76
958	-66.101	-6.58881	0	76
958	-66.101	-6.58881	0	77
958	-66.101	-6.58881	0	77
958	-65.3902	-6.51796	0	78
958	-65.3902	-6.51796	145.173	79
958	-65.3902	-6.51796	145.173	79
958	-64.5017	-8.03287	135.173	77
958	-63.9687	-6.37627	130.173	78
958	-63.9687	-6.37627	125.173	79
958	-63.0841	-7.85632	120.173	76
958	-63.2579	-6.30542	115.173	77
958	-62.3753	-7.76805	110.173	78
958	-61.6665	-7.67977	100.173	76
958	-61.6665	-7.67977	100.173	76
958	-61.6665	-7.67977	95.17297	77
958	-60.9577	-7.5915	85.17297	79
958	-61.6665	-7.67977	90.17297	78

958	-60.9577	-7.5915	80.17297	76
958	-60.9577	-7.5915	80.17297	76
958	-60.9577	-7.5915	80.17297	76
958	-59.5401	-7.41495	74.57351	78
958	-59.5401	-7.41495	78.25355	79
958	-58.8312	-7.32668	83.25355	76
958	-58.8312	-7.32668	83.25355	76
958	-58.1224	-7.23841	93.25355	78
958	-58.1224	-7.23841	93.25355	78
958	-58.1224	-7.23841	93.25355	78
958	-58.1224	-7.23841	103.2535	76
958	-57.4136	-7.15013	108.2535	78
958	-57.4136	-7.15013	113.2535	79
958	-56.7048	-7.06186	118.2535	76
958	-56.7048	-7.06186	126.9105	76
958	-55.996	-6.97359	123.2535	78
958	-55.996	-6.97359	123.2535	78
958	-55.9522	-7.31713	128.2535	79
958	-55.1985	-7.5634	121.9105	76
958	-55.2872	-6.88531	118.2535	81
958	-55.2439	-7.22451	113.2535	82
958	-55.2439	-7.22451	113.2535	82
958	-54.4908	-7.46643	108.2535	83
958	-54.4908	-7.46643	108.2535	83
958	-54.5784	-6.79704	103.2535	86
958	-54.5784	-6.79704	103.2535	86
958	-53.8696	-6.70877	98.25354	84
958	-53.7832	-7.36947	93.25354	86
958	-53.7832	-7.36947	93.25354	86
958	-53.7832	-7.36947	93.25354	86
958	-52.4911	-6.21017	103.2535	89
958	-52.5633	-5.56539	98.25354	94
958	-52.5633	-5.56539	98.25354	94
958	-52.5282	-5.88789	101.9105	93
958	-51.8183	-5.80833	108.2535	95
958	-51.7817	-6.12625	113.2535	93
958	-51.7817	-6.12625	113.2535	93
958	-51.8857	-5.17186	118.2535	99
958	-51.8857	-5.17186	118.2535	99
958	-51.2848	-3.84325	123.2535	97
958	-51.2848	-3.84325	123.2535	97
958	-51.2848	-3.84325	128.2535	96

958	-51.2848	-3.84325	128.2535	96
958	-51.2848	-3.84325	126.4568	97
958	-50.5725	-3.78988	127.0206	99
958	-50.5725	-3.78988	127.0206	99
958	-50.5725	-3.78988	127.1702	98
958	-49.8602	-3.7365	122.1702	96
958	-49.8602	-3.7365	122.1702	96
958	-49.8602	-3.7365	117.1702	98
958	-49.9369	-2.51145	112.1702	96
958	-49.9369	-2.51145	112.1702	96
958	-49.2235	-2.47557	107.1702	98
958	-49.2235	-2.47557	107.1702	98
958	-49.2235	-2.47557	107.1702	98
958	-49.2235	-2.47557	107.1702	98
958	-48.5101	-2.43969	97.17019	96
958	-48.5101	-2.43969	92.17019	99
958	-48.5101	-2.43969	92.17019	99
958	-48.5101	-2.43969	92.17019	99
958	-47.1273	-1.21146	102.1702	97
958	-47.1273	-1.21146	102.1702	97
958	-47.1273	-1.21146	102.1702	97
958	-47.1273	-1.21146	102.1702	97
958	-46.4285	-0.05344	107.1702	96
958	-46.4285	-0.05344	107.1702	96
958	-46.4285	-0.05344	112.1702	96
958	-46.4285	-0.05344	112.1702	96
958	-46.4285	-0.05344	112.1702	96
958	-45.7018	1.069574	122.1702	99
958	-45.7018	1.069574	122.1702	99
958	-45.7018	1.069574	126.0434	98
958	-45.7018	1.069574	126.0434	98
958	-44.9877	1.052862	126.264	98
958	-44.9877	1.052862	126.264	98
958	-44.9877	1.052862	126.264	98
958	-44.9877	1.052862	126.264	98
958	-44.9877	1.052862	126.264	98
958	-44.9483	2.156861	116.4813	96
958	-44.2348	2.122625	111.4813	96
958	-44.2348	2.122625	111.4813	96
958	-44.2348	2.122625	106.4813	99
958	-44.2348	2.122625	106.4813	99
958	-44.2348	2.122625	101.4813	99

958	-43.457	3.156082	96.48133	98
958	-43.457	3.156082	96.48133	98
958	-43.457	3.156082	96.48133	98
958	-43.457	3.156082	91.48133	97
958	-43.457	3.156082	91.48133	97
958	-43.457	3.156082	91.48133	97
958	-43.457	3.156082	96.48133	97
958	-43.457	3.156082	96.48133	97
958	-43.457	3.156082	101.4813	98
958	-42.6555	4.152662	106.4813	98
958	-42.6555	4.152662	106.4813	98
958	-42.6555	4.152662	106.4813	98
958	-42.6555	4.152662	101.9105	99
958	-42.6555	4.152662	101.9105	99
958	-42.6555	4.152662	106.9105	97
958	-42.6555	4.152662	106.9105	97
958	-42.6555	4.152662	106.9105	97
958	-42.6555	4.152662	106.9105	97
958	-42.5407	5.198501	111.4813	97
958	-42.5407	5.198501	111.4813	97
958	-42.5407	5.198501	111.4813	97
958	-41.8317	5.11186	116.4813	99
958	-41.8317	5.11186	116.4813	99
958	-41.8317	5.11186	116.4813	99
958	-41.8317	5.11186	121.4813	97
958	-41.8317	5.11186	121.4813	97
958	-41.8317	5.11186	116.9105	99
958	-41.8317	5.11186	116.9105	99
958	-41.8317	5.11186	121.9105	97
958	-41.8317	5.11186	121.9105	97
958	-40.8265	7.037437	126.4813	98
958	-40.8265	7.037437	126.4813	98
958	-40.8265	7.037437	126.4813	98
958	-40.9869	6.033146	136.4813	98
958	-40.9869	6.033146	136.4813	98
958	-40.9869	6.033146	136.4813	98
958	-40.9869	6.033146	136.4813	98
958	-40.8265	7.037437	131.9105	97
958	-40.8265	7.037437	131.9105	97
958	-40.1226	6.916102	126.9105	97
958	-40.1226	6.916102	126.9105	97

958	-40.1226	6.916102	126.9105	97
958	-39.9407	7.89891	142.4004	99
958	-39.9407	7.89891	142.4004	99
958	-39.9407	7.89891	142.4004	99
958	-39.9407	7.89891	142.6283	96
958	-39.9407	7.89891	142.6283	96



Gambar 4.4 Hasil Tracking untuk Mode3 958

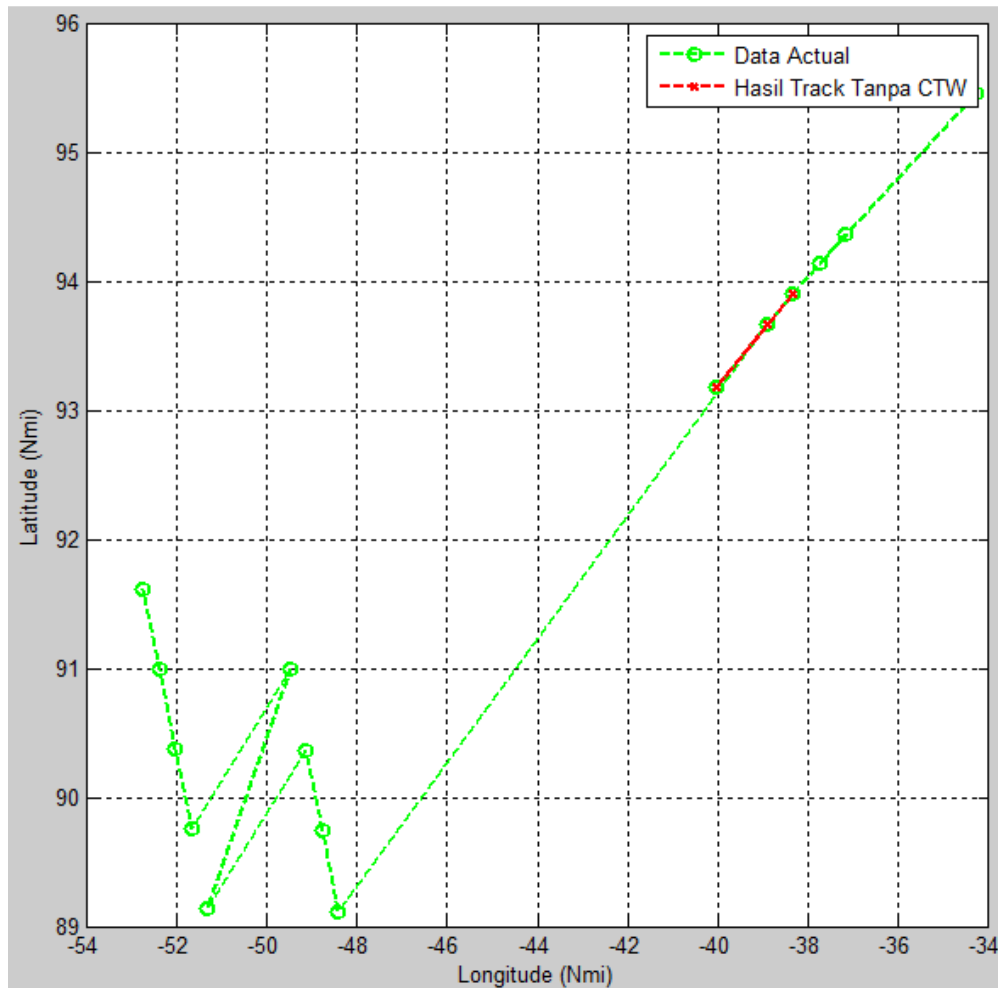
Pada data untuk kasus pesawat dengan Mode3 958 hasil uji coba menunjukkan bahwa proses *tracking* sudah bagus karena sudah bisa mendeteksi lintasan pesawat cukup banyak jika dibandingkan dengan data aktualnya.

Tabel 4.17 Data Ground Truth untuk Mode3 2428

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
2428	-37.7432	94.14461	0	514
2428	-35.4208	95.04274	0	68
2428	-34.2515	95.47035	0	73
2428	-37.7432	94.14461	0	75
2428	-37.1646	94.37449	110.7179	76
2428	-38.3202	93.9112	105.7179	77
2428	-40.0428	93.18976	100.7179	83
2428	-38.8959	93.67424	95.71786	84
2428	-40.0428	93.18976	90.71786	84
2428	-38.8959	93.67424	85.71786	90
2428	-48.4403	89.11395	0	258
2428	-48.7814	89.74152	0	256
2428	-48.7814	89.74152	0	102
2428	-49.1225	90.36908	0	101
2428	-49.1225	90.36908	0	100
2428	-51.326	89.13602	244.05	102
2428	-49.4636	90.99664	239.05	100
2428	-51.6825	89.75502	244.05	102
2428	-52.0389	90.37402	249.05	103
2428	-52.0389	90.37402	254.05	103
2428	-52.3953	90.99302	259.05	103
2428	-52.3953	90.99302	259.6393	103
2428	-52.7518	91.61202	254.6393	103
2428	-52.7518	91.61202	249.6393	103
2428	-52.7518	91.61202	252.0665	103

Tabel 4.18 Data Hasil Tracking untuk Mode3 2428

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
2428	-38.32	93.9112	105.718	77
2428	-40.043	93.1898	100.718	83
2428	-40.043	93.1898	100.718	83
2428	-38.896	93.6742	95.7179	84
2428	-38.896	93.6742	95.7179	84
2428	-40.043	93.1898	90.7179	84
2428	-38.896	93.6742	85.7179	90
2428	-38.896	93.6742	85.7179	90



Gambar 4.5 Hasil Tracking untuk Mode3 2428

Pada data untuk kasus pesawat dengan Mode3 2428 hasil uji coba menunjukkan bahwa proses *tracking* tidak bagus karena hanya bisa mendeteksi 3 plot saja berdasarkan data aktualnya.

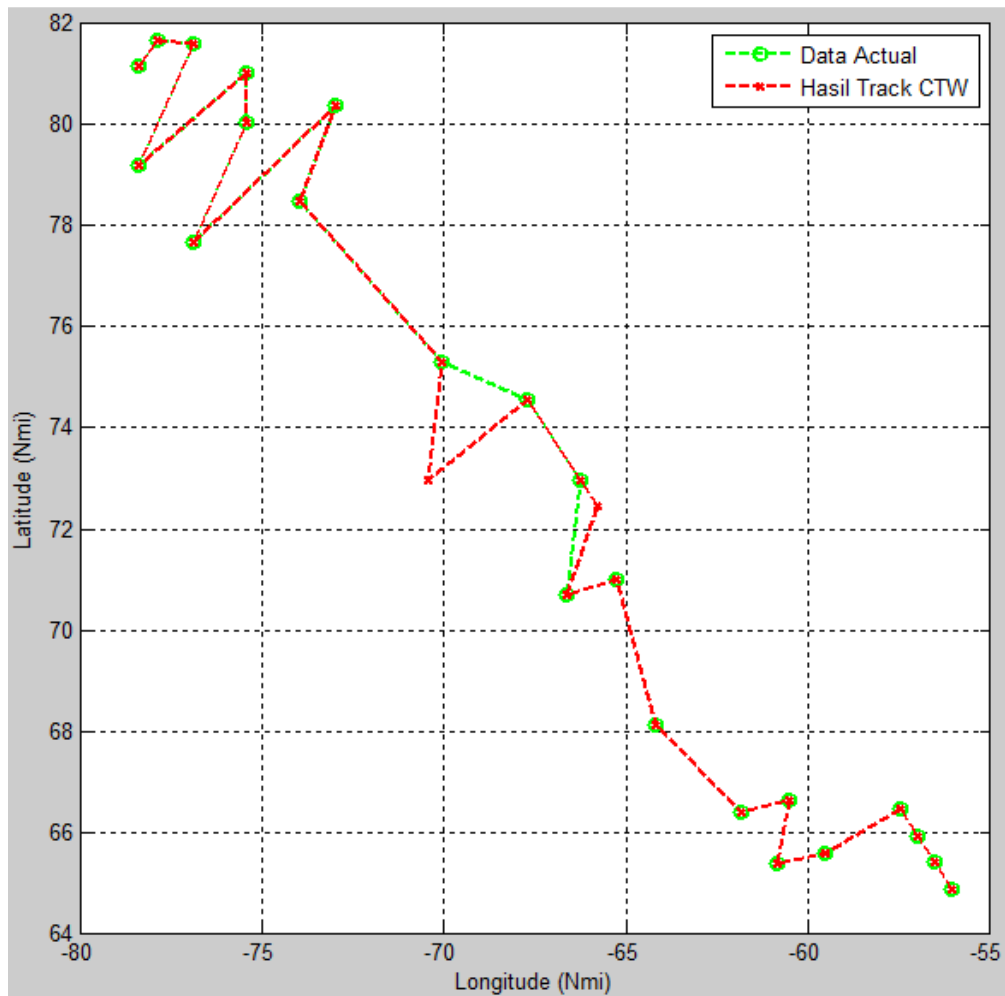
4.2.2.2 Uji Coba Performa *Tracking* Menggunakan Clustering Time Window dengan Pengembangan Multiple Hypothesis Tracking

Pada sub bab ini akan dibahas beberapa hasil uji coba *tracking* dengan MHT dengan CTW dari beberapa pesawat seperti data yang telah ditampilkan pada hasil uji coba *tracking* MHT tanpa CTW. Data *ground truth* sama dengan

data yang digunakan pada ui coba MHT tanpa CTW. Beberapa hasil uji coba tersebut dapat ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 4.19 Data Hasil Tracking untuk Mode3 902

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
902	-56.0473	64.85091	0	222
902	-56.5143	65.39133	0	223
902	-56.9814	65.93176	0	220
902	-57.4485	66.47218	220.8621	221
902	-59.5431	65.57074	225.8621	222
902	-60.8301	65.3578	230.8621	219
902	-60.5034	66.62833	235.8621	216
902	-61.8033	66.40353	240.8621	215
902	-61.8033	66.40353	240.8621	205
902	-64.1691	68.10242	245.8621	200
902	-65.262	70.98831	246.1178	200
902	-66.6183	70.70175	247.3378	200
902	-65.7855	72.44509	244.3629	200
902	-66.2657	72.97389	240.2648	200
902	-66.2657	72.97389	240.2648	200
902	-67.7062	74.56028	238.3235	200
902	-70.4582	72.96161	236.1439	200
902	-70.0762	75.29219	234.4587	200
902	-73.9659	78.49974	231.357	200
902	-72.9883	80.37704	227.2831	200
902	-76.8755	77.67581	227.5639	200
902	-75.4354	80.05934	224.9397	200
902	-75.4293	81.04368	225.6389	200
902	-78.3828	79.19887	228.8593	200
902	-76.9049	81.61894	230.1015	200
902	-77.8974	81.66227	228.6918	200
902	-78.3972	81.18263	230.3609	200



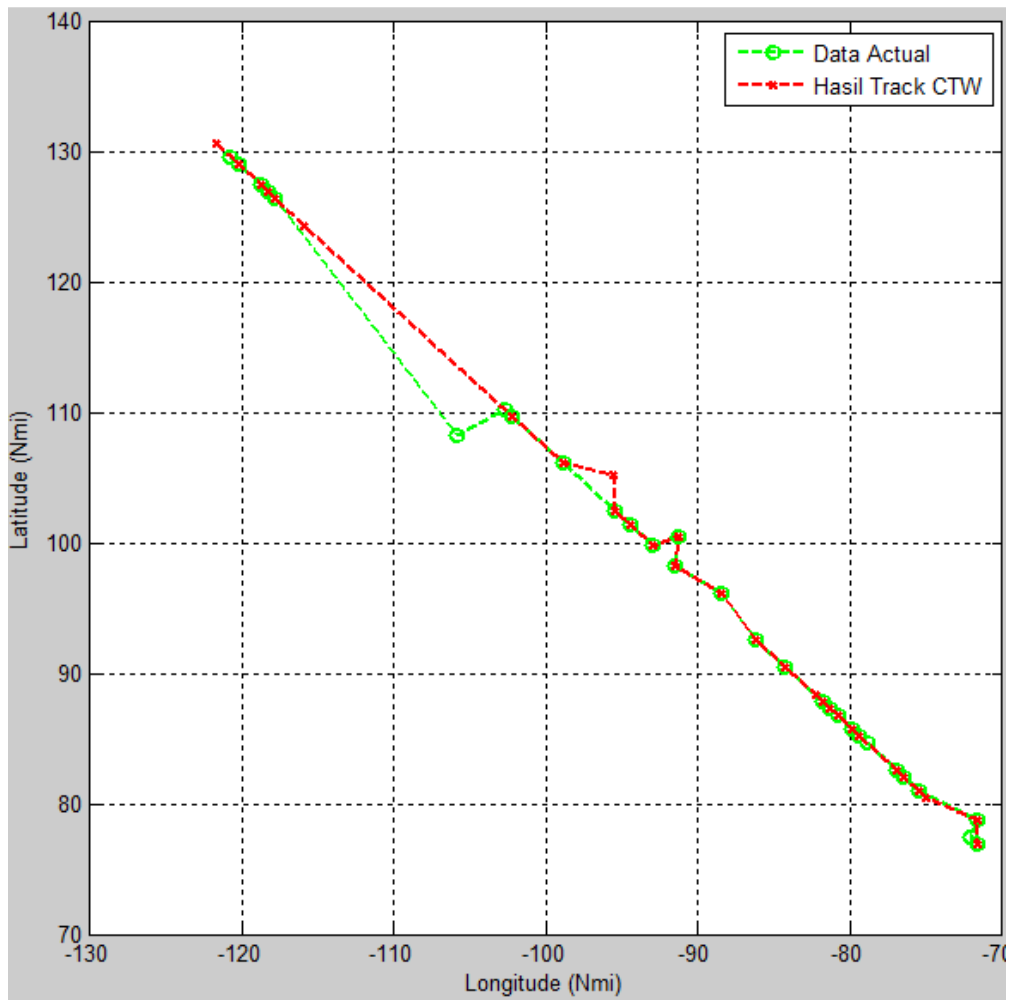
Gambar 4.6 Hasil Tracking untuk Mode3 902

Pada data uji untuk kasus Mode3 902 berdasarkan Gambar 4.6 terlihat bahwa hasil *tracking* dapat dengan tepat melakukan proses *tracking* pada semua data aktual (*ground truth*). Sehingga pada kasus pada lintasan pesawat dengan Mode3 902 sangat efektif.

Tabel 4.20 Data Hasil Tracking untuk Mode3 2467

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
2467	-121.66	130.7156	0	512
2467	-120.2	129.147	0	348
2467	-120.2	129.147	0	351
2467	-118.74	127.5784	0	348
2467	-118.254	127.0556	60.19335	349
2467	-117.767	126.5327	55.19335	512

2467	-115.82	124.4413	51.56256	512
2467	-102.195	109.8011	0	514
2467	-102.195	109.8011	0	349
2467	-98.788	106.1411	0	351
2467	-95.557	105.2305	0	349
2467	-95.557	105.2305	0	349
2467	-95.3815	102.481	61.74432	349
2467	-94.4083	101.4353	56.74432	349
2467	-94.4083	101.4353	56.74432	584
2467	-92.9483	99.86672	51.80374	351
2467	-91.2353	100.4713	51.57424	350
2467	-91.4884	98.29814	50.48732	351
2467	-88.4663	96.2286	46.89283	348
2467	-88.4663	96.2286	46.89283	350
2467	-86.1354	92.54665	46.24294	348
2467	-86.1354	92.54665	46.24294	350
2467	-84.1888	90.4552	45.74524	348
2467	-84.1888	90.4552	45.74524	348
2467	-82.2422	88.36375	45.33562	350
2467	-81.7556	87.84089	45.01467	351
2467	-81.269	87.31803	44.79233	351
2467	-80.7823	86.79516	43.09651	349
2467	-79.809	85.74944	41.7266	350
2467	-79.3224	85.22658	41.70518	350
2467	-76.8892	82.61226	30.99173	350
2467	-76.4026	82.0894	25.99173	350
2467	-75.4293	81.04368	20.99173	350
2467	-74.9426	80.52081	15.99173	350
2467	-74.9426	80.52081	15.99173	350
2467	-71.5477	78.79065	10.99173	350
2467	-71.5477	78.79065	10.99173	350
2467	-71.5362	76.86078	0.991726	350



Gambar 4.7 Hasil Tracking untuk Mode3 2467

Pada data uji untuk kasus Mode3 2467 berdasarkan Gambar 4.7 terlihat bahwa hasil *tracking* dapat dengan tepat melakukan proses *tracking* pada hampir semua data aktual (*ground truth*). Sehingga pada kasus pada lintasan pesawat dengan Mode3 2467 sudah cukup efektif.

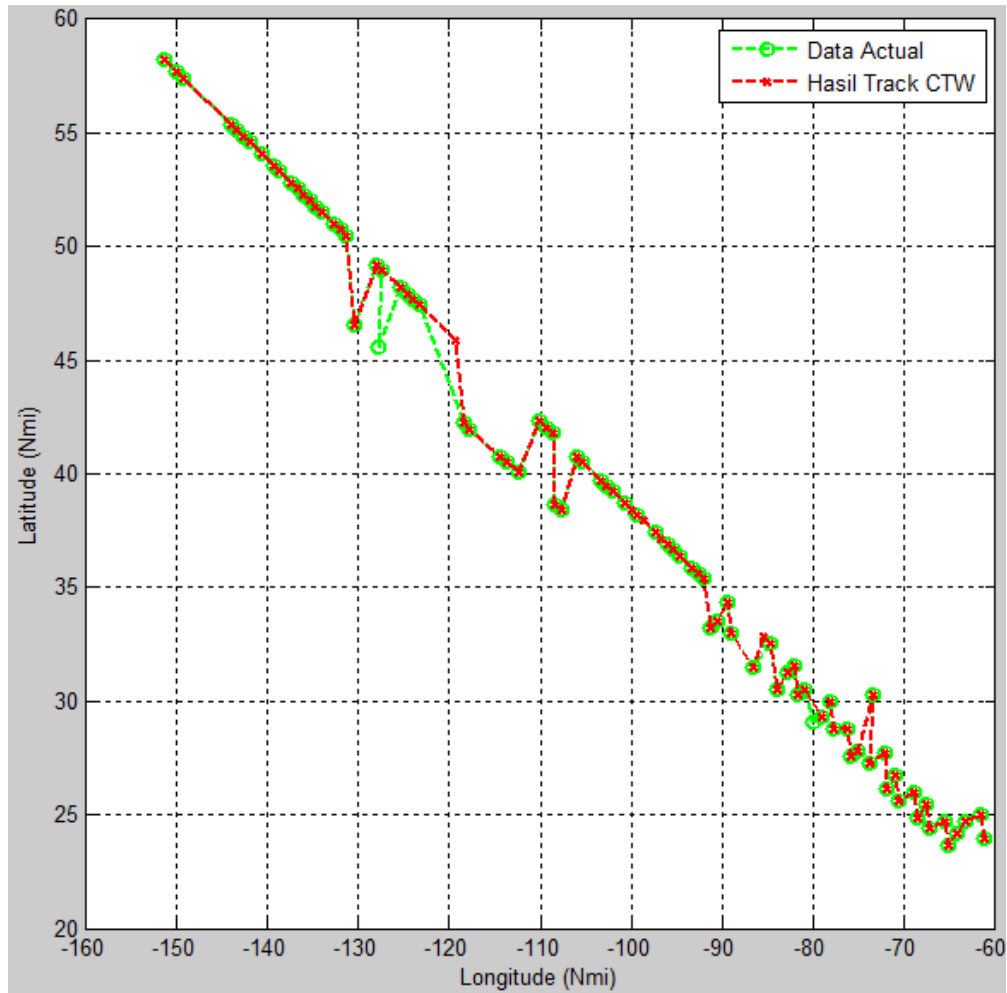
Tabel 4.21 Data Hasil Tracking untuk Mode3 903

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
903	-61.1901	23.96119	0	316
903	-61.5532	24.97905	0	321
903	-63.1854	24.74253	0	322
903	-64.1526	24.21736	257.8353	327
903	-65.1164	23.67214	261.5905	324

903	-65.4891	24.72189	261.5095	329
903	-67.1303	24.40427	266.5095	331
903	-67.4939	25.47868	265.9592	333
903	-68.4729	24.89235	267.1858	335
903	-68.8304	25.98321	265.2561	337
903	-70.4868	25.62448	263.4942	338
903	-70.8352	26.74	261.9259	343
903	-71.8294	26.11257	259.0342	340
903	-72.0031	27.68697	257.6588	344
903	-73.6771	27.29738	257.0445	345
903	-73.2824	30.26404	252.0445	349
903	-75.0167	27.7937	250.9082	348
903	-75.8572	27.57682	248.0844	348
903	-76.1813	28.75812	247.1389	353
903	-77.6959	28.78633	245.6954	355
903	-78.0034	29.99422	246.1951	359
903	-79.0355	29.28265	244.7016	356
903	-79.0355	29.28265	244.7016	358
903	-80.859	30.52397	246.6554	363
903	-81.7147	30.27528	251.6554	360
903	-82.0036	31.53238	251.7552	365
903	-82.8638	31.28076	250.7509	365
903	-83.9128	30.50533	251.7303	367
903	-84.6704	32.55783	251.2799	370
903	-85.3371	32.81419	251.2952	368
903	-86.598	31.48151	251.7959	375
903	-86.598	31.48151	251.7959	376
903	-89.0824	33.00502	247.3963	378
903	-89.3372	34.35235	246.9272	379
903	-90.422	33.50133	248.5607	383
903	-91.2972	33.1898	250.1872	380
903	-92.004	35.3778	246.968	381
903	-92.6707	35.63416	248.0991	383
903	-93.3374	35.89052	249.7942	380
903	-94.6708	36.40324	247.1621	381
903	-95.3375	36.6596	248.304	383
903	-96.0042	36.91596	246.136	381
903	-96.6709	37.17232	246.6573	381
903	-97.3376	37.42868	246.1154	383
903	-98.671	37.9414	242.7309	382
903	-99.3377	38.19776	242.6086	380
903	-100.004	38.45413	244.3614	380

903	-100.671	38.71049	244.2669	382
903	-102.004	39.22321	245.5713	381
903	-102.671	39.47957	245.5497	383
903	-103.338	39.73593	246.9036	381
903	-105.338	40.50501	248.9875	383
903	-106.005	40.76137	248.9879	382
903	-107.646	38.38688	251.4067	383
903	-108.319	38.62679	253.8122	381
903	-108.671	41.78682	253.6768	380
903	-109.338	42.04318	253.549	380
903	-110.005	42.29954	253.5297	383
903	-110.005	42.29954	253.5297	380
903	-112.356	40.0663	243.5297	380
903	-113.701	40.54614	238.5297	380
903	-114.374	40.78606	233.5297	380
903	-114.374	40.78606	233.5297	380
903	-117.738	41.98565	223.5297	380
903	-118.411	42.22556	218.5297	383
903	-118.411	42.22556	218.5297	383
903	-119.339	45.88859	213.5297	382
903	-119.339	45.88859	213.5297	382
903	-123.339	47.42676	208.5297	382
903	-124.005	47.68312	213.5297	381
903	-124.672	47.93948	218.5297	381
903	-125.339	48.19584	223.5297	380
903	-127.339	48.96492	226.2719	380
903	-128.006	49.22128	225.7307	380
903	-128.006	49.22128	225.7307	383
903	-130.521	46.54409	225.5176	380
903	-131.339	50.50309	215.5176	380
903	-132.006	50.75945	210.5176	381
903	-132.672	51.01581	205.5176	382
903	-134.006	51.52853	200.5176	380
903	-134.673	51.78489	195.5176	382
903	-135.339	52.04125	190.5176	381
903	-136.006	52.29761	185.5176	381
903	-136.673	52.55397	180.5176	381
903	-137.339	52.81033	185.5176	383
903	-138.673	53.32305	190.5176	383
903	-139.339	53.57942	195.5176	383
903	-140.673	54.09214	200.5176	383
903	-142.006	54.60486	205.5176	383

903	-142.673	54.86122	210.5176	383
903	-143.34	55.11758	215.5176	383
903	-144.006	55.37394	220.5176	383
903	-149.34	57.42483	225.5176	383
903	-150.007	57.68119	230.5176	383
903	-151.34	58.19391	235.5176	383

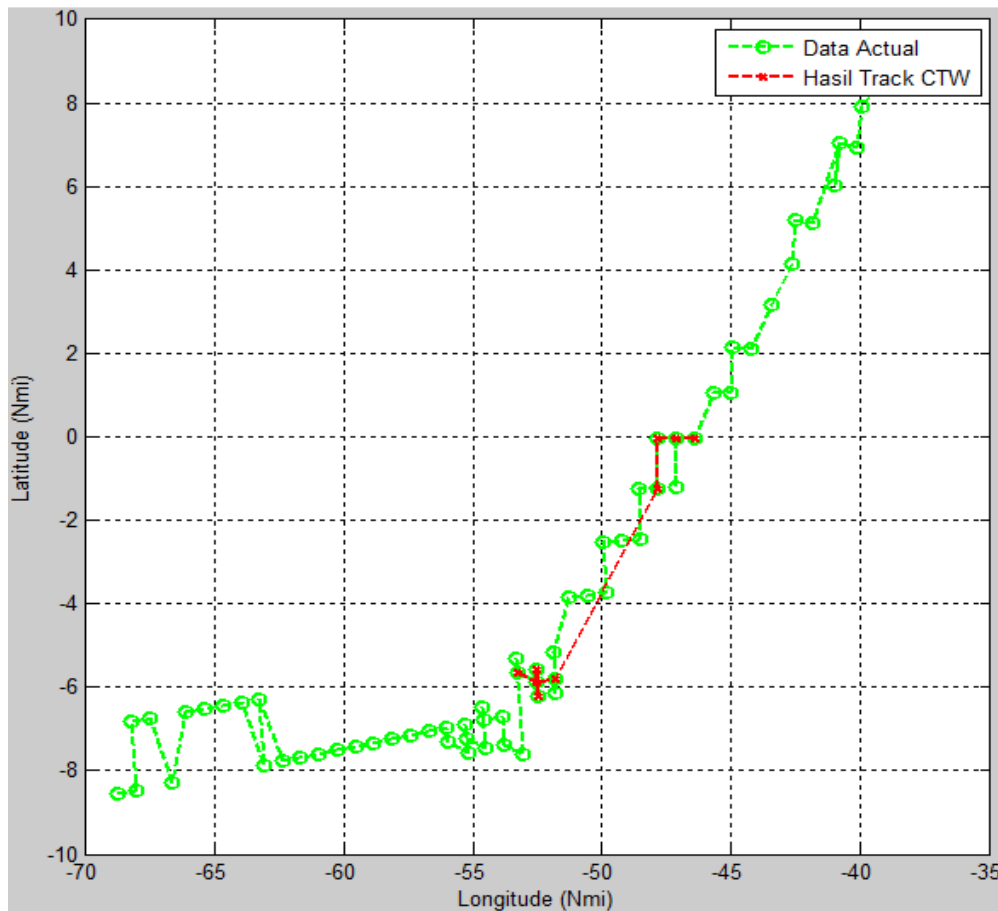


Gambar 4.8 Hasil Tracking untuk Mode3 903

Pada data uji untuk kasus Mode3 903 berdasarkan Gambar 4.8 terlihat bahwa hasil *tracking* dapat dengan tepat melakukan proses *tracking* juga pada hampir semua data aktual (*ground truth*). Sehingga pada kasus pada lintasan pesawat dengan Mode3 903 sudah cukup efektif.

Tabel 4.22 Data Hasil Tracking untuk Mode3 958

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
958	-53.2736	-5.6406	111.9105	76
958	-52.5282	-5.88789	106.9105	77
958	-52.4911	-6.21017	103.2535	78
958	-52.5633	-5.56539	98.25354	79
958	-52.5282	-5.88789	101.9105	76
958	-51.8183	-5.80833	108.2535	77
958	-47.8413	-1.22982	46.91048	79
958	-47.8571	-0.05508	46.91048	76
958	-47.1428	-0.05426	56.91048	1
958	-46.4285	-0.05344	61.91048	78



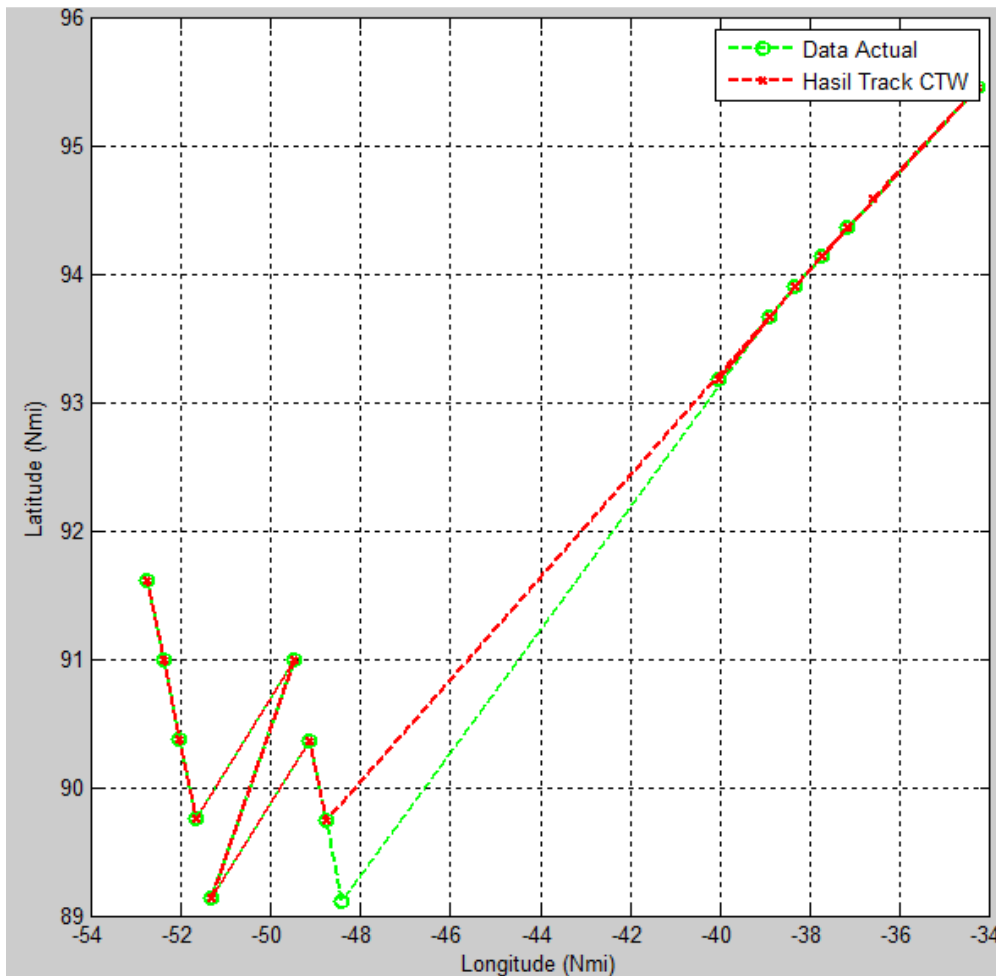
Gambar 4.9 Hasil Tracking untuk Mode3 958

Pada data uji untuk kasus Mode3 958 berdasarkan Gambar 4.9 terlihat bahwa hasil *tracking* tidak begitu bagus karena hanya beberapa data saja yang

berhasil mengalami proses *tracking* berdasarkan data aktual (*ground truth*). Sehingga pada kasus pada lintasan pesawat dengan Mode3 958 kurang begitu bagus.

Tabel 4.23 Data Hasil Tracking untuk Mode3 2428

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)	Heading	Altitude
2428	-36.585	94.6008	0	73
2428	-34.252	95.4704	0	75
2428	-37.743	94.1446	0	76
2428	-37.165	94.3745	110.718	77
2428	-38.32	93.9112	105.718	83
2428	-40.043	93.1898	100.718	84
2428	-38.896	93.6742	95.7179	84
2428	-40.043	93.1898	90.7179	90
2428	-38.896	93.6742	85.7179	258
2428	-38.896	93.6742	85.7179	256
2428	-48.781	89.7415	0	102
2428	-49.123	90.3691	0	101
2428	-49.123	90.3691	0	100
2428	-51.326	89.136	244.05	102
2428	-49.464	90.9966	239.05	100
2428	-51.682	89.755	244.05	102
2428	-52.039	90.374	249.05	103
2428	-52.039	90.374	254.05	103
2428	-52.395	90.993	259.05	103
2428	-52.395	90.993	259.639	103
2428	-52.752	91.612	254.639	103
2428	-52.752	91.612	249.639	103
2428	-52.752	91.612	252.067	103



Gambar 4.10 Hasil Tracking untuk Mode3 2428

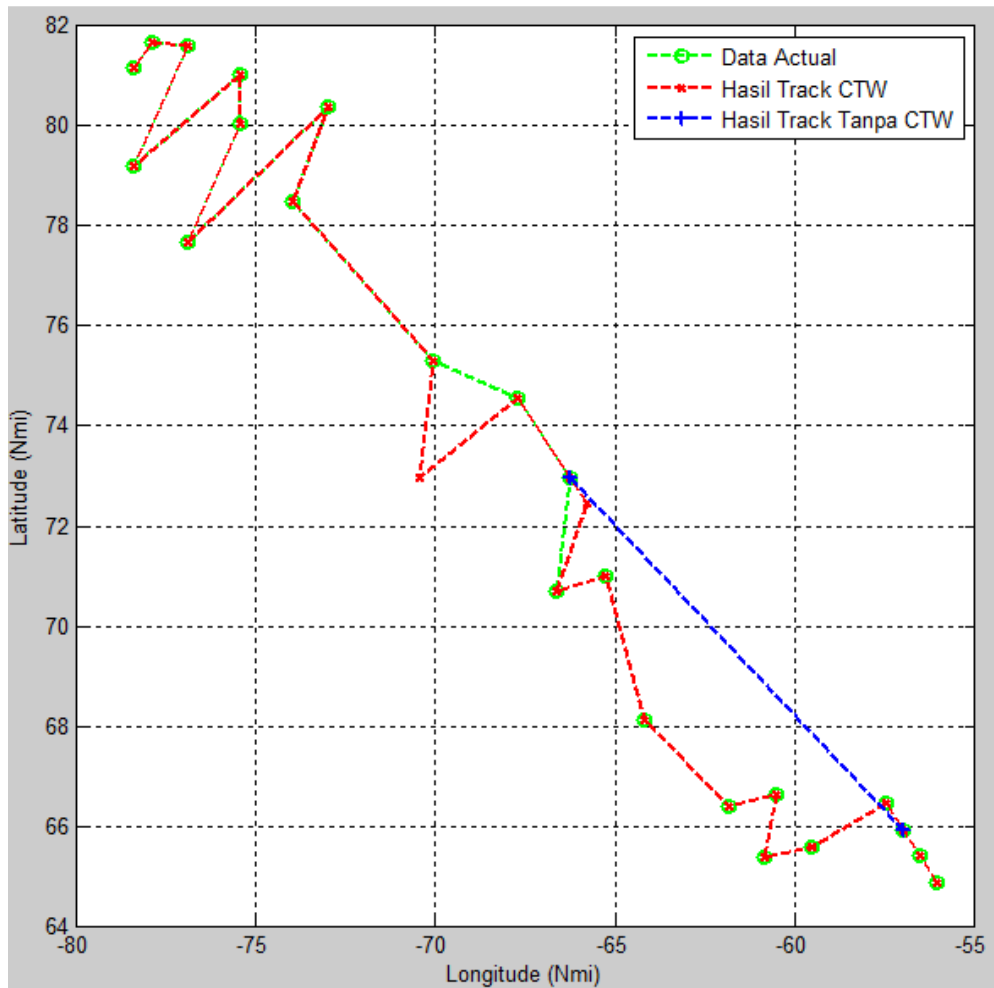
Pada data uji untuk kasus Mode3 2428 berdasarkan Gambar 4.10 terlihat bahwa hasil *tracking* dapat dengan tepat melakukan proses *tracking* juga pada hampir semua data aktual (*ground truth*). Sehingga pada kasus pada lintasan pesawat dengan Mode3 2428 sudah cukup efektif.

4.2.2.3 Perbandingan Hasil Uji Coba dan Analisa Multiple Hypothesis

Tracking antara Tanpa Clustering Time Window dan Menggunakan Clustering Time Window

Pada sub bab ini akan menjelaskan perbandingan hasil uji coba antara MHT tanpa CTW dengan MHT-CTW dan sekaligus menganalisa kekurangan dari metode yang diajukan. Berikut beberapa tampilan gambar sesuai data-data pesawat yang sudah dituliskan pada penjelasan di atas, dengan menggabungkan

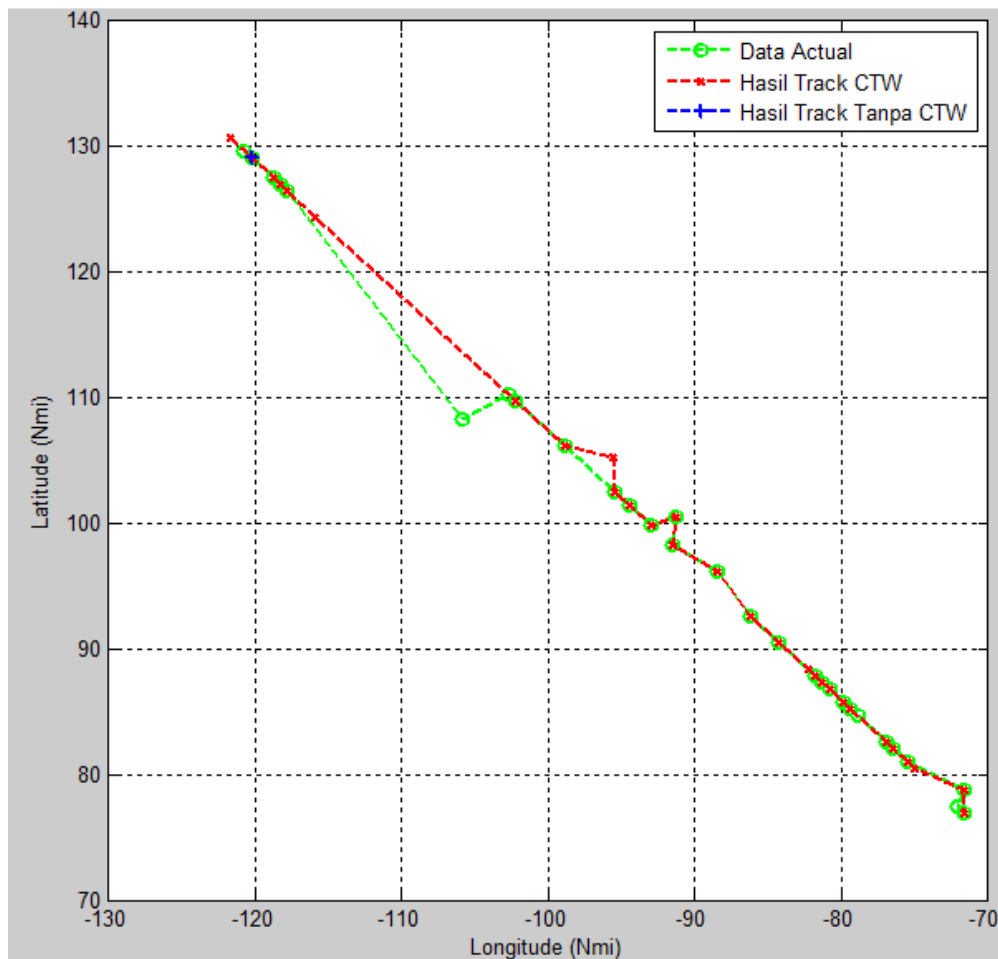
antara data actual, data hasil MHT tanpa CTW dan data MHT dengan CTW. Perbandingan kelima data tersebut ditampilkan pada gambar-gambar di bawah ini:



Gambar 4.11 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 902

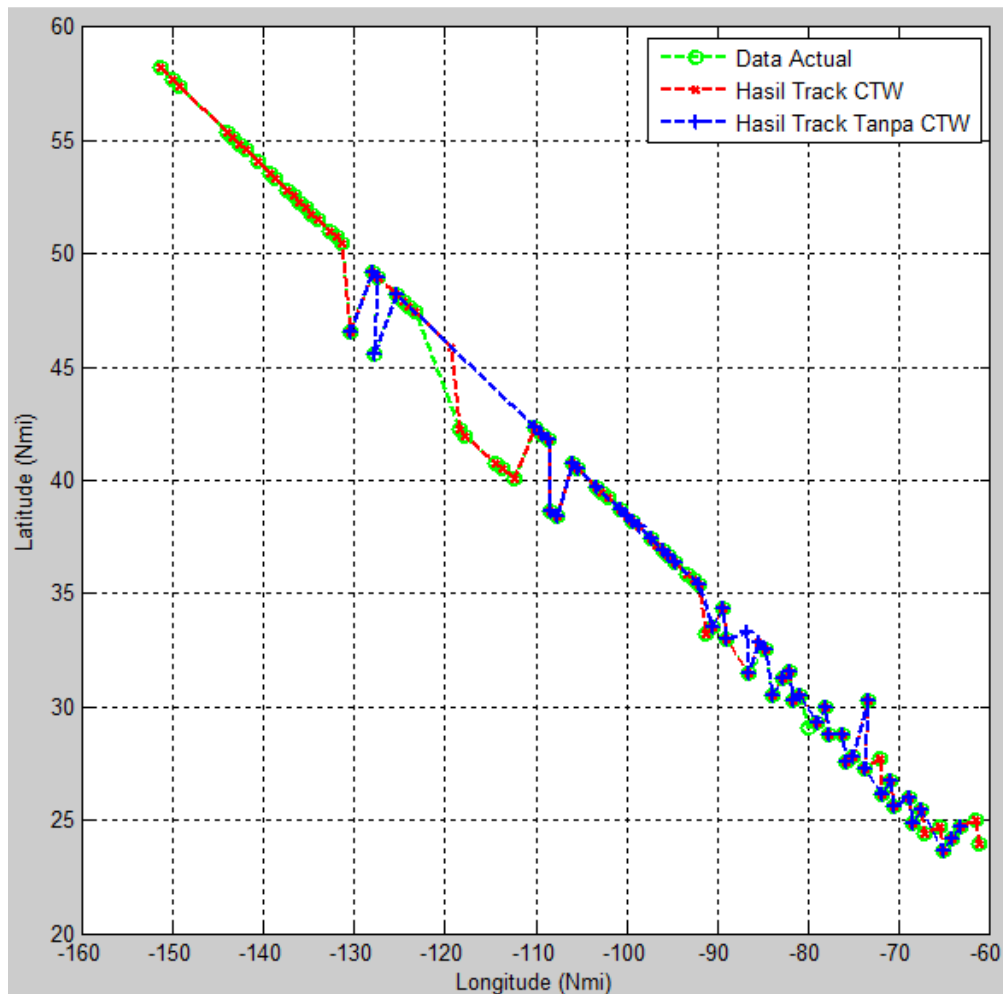
Berdasarkan Gambar 4.11 di atas ternyata hasil *track* MHT dengan CTW lebih valid atau lebih berhasil melakukan proses *tracking* pada semua data aktualnya daripada dibandingkan dengan yang dilakukan oleh metode MHT tanpa CTW. Pada lintasan yang dibentuk oleh MHT-CTW ada salah satu plot yang berhasil menjadi tambahan pada lintasan pada pesawat dengan Mode3 902, plot tersebut merupakan salah satu plot yang memiliki Mode3 0. Ada kemungkinan Mode3 0 tersebut merupakan anggota Mode3 902 yang pada waktu data tertangkap oleh radar data Mode3-nya tidak bisa tertangkap, itulah salah satu kemungkinan data *error* yang bisa di atasi dengan pemakaian metode yang

diusulkan ini sehingga bisa menambah tingkat validitas dari lintasan pada pesawat yang bersangkutan. Kenapa plot dengan Mode3 0 itu bisa dikatakan sebagai salah satu anggota lintasan tersebut, karena dalam proses *tracking* sudah dilakukan pengecekan bahwa plot tersebut memiliki jarak dan *heading* yang sudah sesuai dengan ketentuan yang telah dibandingkan dengan plot sebelumnya.



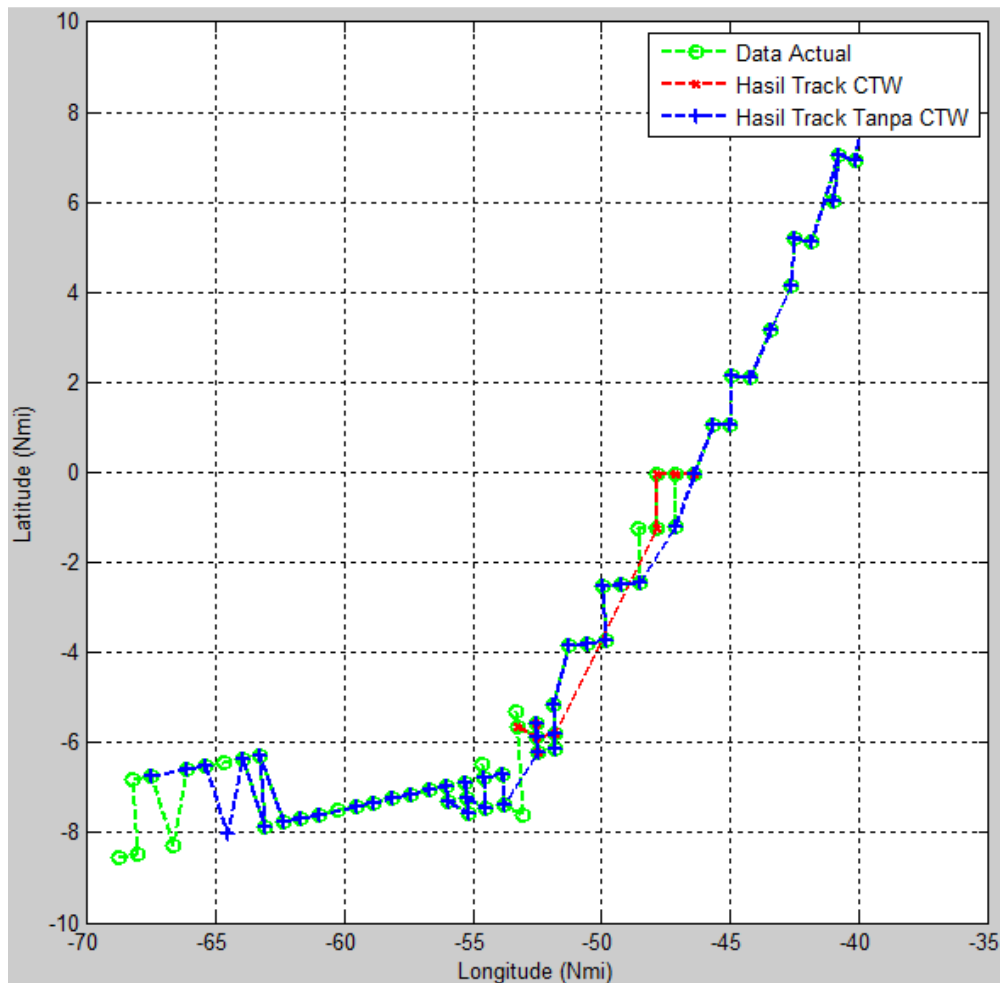
Gambar 4.12 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 2467

Berdasarkan Gambar 4.12 masih terlihat bahwa proses *tracking* MHT-CTW masih lebih kompatibel dalam segi tingkat validitasnya, karena hampir semua data aktual berhasil di plot dengan sempurna dibandingkan dengan MHT tanpa CTW. Pada Mode3 2467 ini juga hampir sama dengan kasus pada Mode3 902 yaitu ada plot tambahan diluar data aktual yang berhasil diproses dan itu terjadi pada Mode3 0.



Gambar 4.13 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 903

Berdasarkan Gambar 4.13 masih terlihat lebih unggul untuk data pada Mode3 903 hal tersebut dapat diamati pada gambar di atas MHT-CTW sangat dominan dengan tepat melakukan proses *tracking* pada semua data aktualnya. Tetapi untuk MHT tanpa CTW sudah lebih baik daripada pada kasus Mode3 902 dan 2467, hal itu dapat terlihat dari sudah banyaknya plot yang berhasil di *track* pada data aktualnya.



Gambar 4.14 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 958

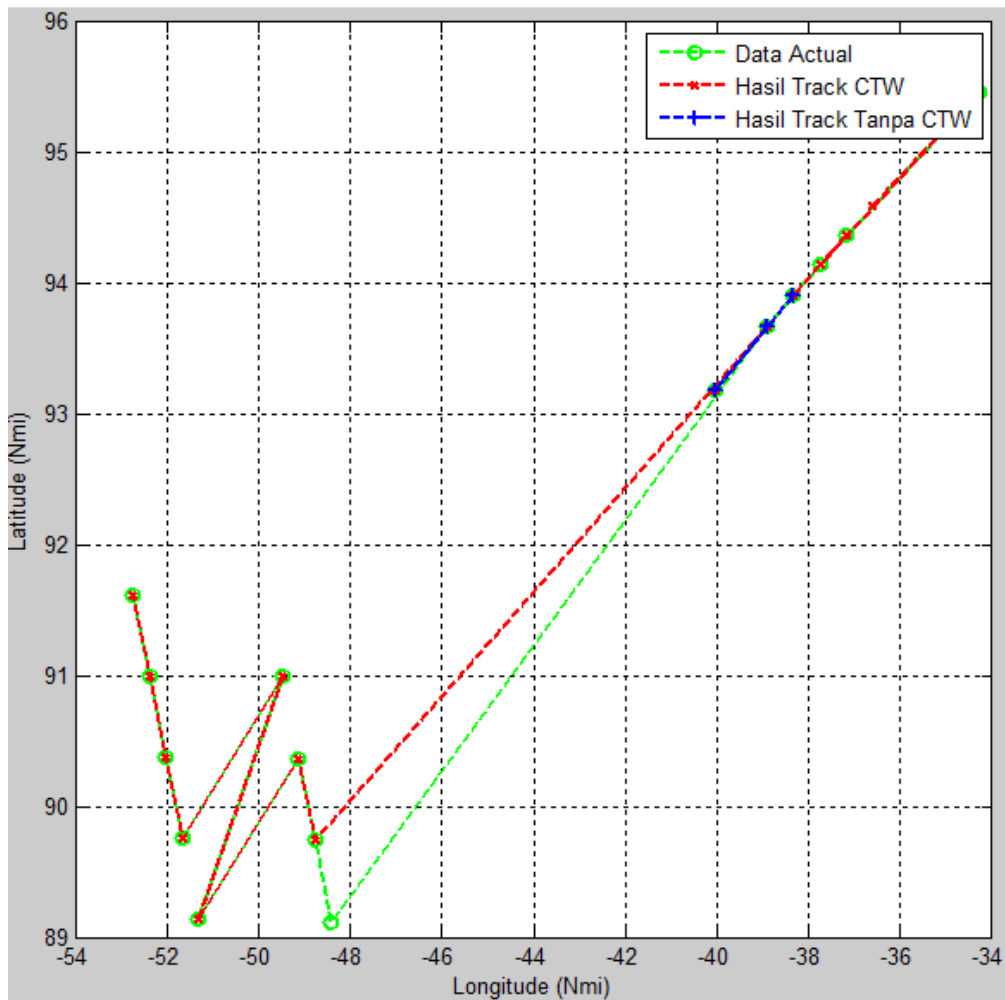
Salah satu kasus dimana hasil dari MHT-CTW kurang memperlihatkan hasil yang kurang bagus terjadi pada Mode3 958. Berdasarkan Gambar 4.14 di atas dapat terlihat MHT-CTW masih kalah dominan daripada MHT tanpa CTW. Kasus ini juga menjadi salah satu kekurangan pada MHT-CTW, khususnya dalam menghadapi data yang memiliki *noise* seperti pada kasus Mode3 958 ini. *Noise* tersebut terjadi ketika suatu data dengan Mode3 0 seperti pada Tabel 4.24 terjadi yaitu ketika data tersebut memiliki data yang sama dengan Mode3 958. Dengan kondisi bahwa Mode3 0 datang lebih dahulu secara otomatis data tersebut tersimpan sebagai *track* dengan identitas tertentu, kemudian ketika Mode3 958 datang berikutnya dengan kondisi data yang sama maka secara tidak langsung plot dengan Mode3 958 tersebut akan tersambung dengan *track* yang sudah terbentuk

sebelumnya dalam hal ini yaitu plot dengan Mode3 0 tadi. Selanjutnya secara otomatis Mode3 958 tersambung dengan lintasan dengan Mode3 0 tersebut yang berakibat lintasan pada Mode3 958 sendiri tidak berhasil melakukan proses *tracking* dengan sempurna.

Tabel 4.24 Urutan Kedatangan Data Rekaman Memiliki *Noise*

Mode3	Lon(X)	Lat(Y)
908	-12.325	8.54936
902	-54.646	63.2296
0	-69.463	-8.6508
903	-59.86	23.4403
906	-21.43	33.7748
1694	95.2059	-67.018
3673	90.123	-49.573
1332	31.5599	-9.1414
908	-12.857	9.03555
1694	94.6218	-66.607
958	-69.463	-8.6508
903	-60.23	24.4419
902	-55.113	63.7701
1332	32.246	-9.3402

Berdasarkan kasus tersebut bisa menjadi salah satu kesimpulan bahwa metode yang diusulkan ini memiliki salah satu kelemahan bahwa ketika suatu pembentukan *track* atau lintasan yang salah pada waktu kedatangan di awal maka untuk proses pembentukan lintasan selanjutnya akan ikut mengalami kesalahan. Hal ini bisa terjadi pada salah satu kasus pada Mode3 958 ini. Sehingga lintasan pada Mode3 958 tidak begitu *valid* karena banyaknya plot dari lintasan tersebut yang hilang jika dilihat berdasarkan data aktual yang dimiliki oleh data pada Mode3 958 ini.

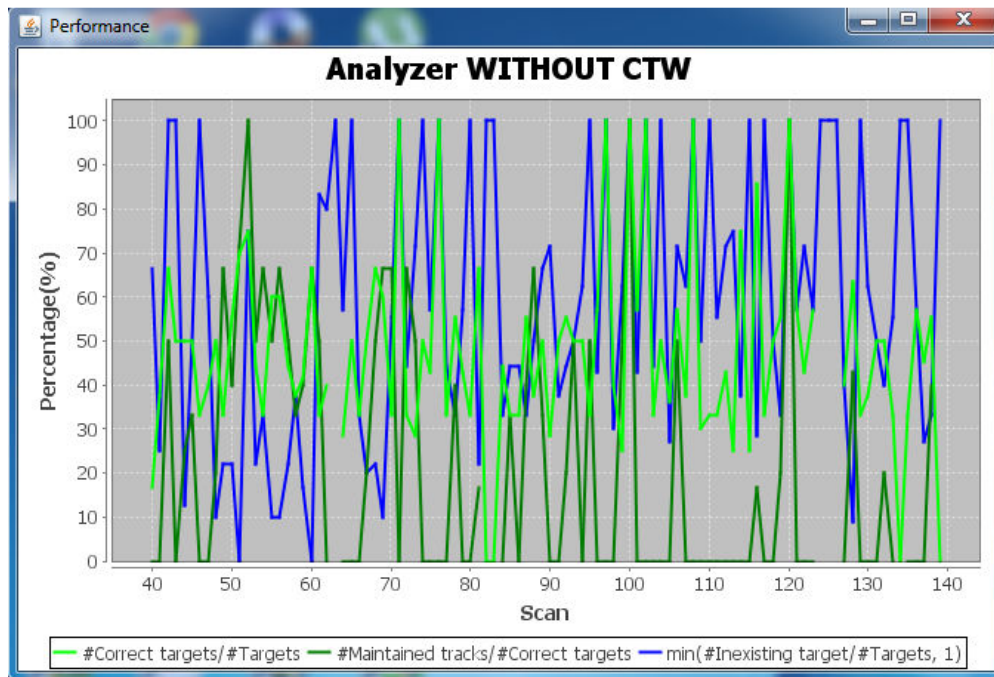


Gambar 4.15 Perbandingan Hasil Tracking untuk Mode3 2428

Berdasarkan pada Gambar 4.15 ini kasus Mode3 2428 lagi-lagi memperlihatkan bahwa MHT-CTW masih cukup dominan jika dibandingkan dengan MHT tanpa CTW. Hal tersebut bisa diamati pada gambar bahwa hanya 3 plot yang berhasil dibentuk oleh MHT tanpa CTW jika dibandingkan dengan MHT-CTW yang hampir semua data aktualnya berhasil dilakukan proses *tracking*.

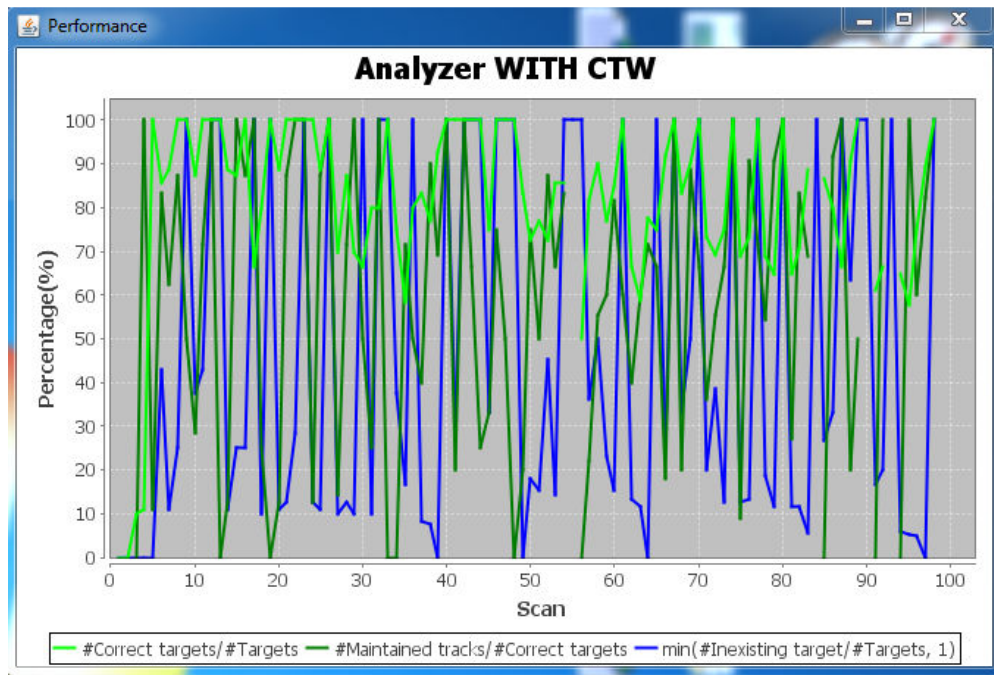
4.2.2.4 Perbandingan Performa Multiple Hypothesis Tracking antara Tanpa Clustering Time Window dan Menggunakan Clustering Time Window Dilihat Berdasarkan Nilai Correct Target, Maintain Target dan Inexisting Target

Pada sub bab ini akan diamati performa proses *tracking* baik MHT tanpa CTW dan MHT-CTW berdasarkan tiga nilai yaitu *Correct Target* (CT), *Maintain Target* (MT) dan *Inexisting Target* (IT). Berdasarkan hasil implementasinya terlihat hasil untuk beberapa proses *scan* atau hasil tangkapan seperti berikut:



Gambar 4.16 Hasil Performa Hasil Tracking MHT Tanpa CTW

Berdasarkan Gambar 4.16 terlihat hasil *scan* atau tangkapan antara *scan* 40 sampai 140 untuk tiga nilai yaitu CT, MT dan IT. Pertama, CT masih kurang begitu stabil karena rata-rata memiliki nilai masih sekitar di bawah 50 %. Kedua, MT memiliki rata-rata yang lebih kecil sekitar 30%. Ketiga, IT sudah cukup bagus karena menunjukkan nilai cukup rendah.



Gambar 4.17 Hasil Performa Hasil Tracking MHT CTW

Berdasarkan Gambar 4.17 terlihat hampir keseluruhan hasil *scan* bisa tertangkap secara sepintas. Dari hasil metode MHT-CTW terlihat tiga nilai yaitu CT, MT dan IT memiliki kisaran nilai untuk CT memiliki rata-rata nilai sekitar 80% - 90%, kemudian untuk MT memiliki rata-rata nilai sekitar 80%. Dan untuk IT memiliki nilai yang bagus karena cenderung kecil.

Berikut ini akan disajikan data nilai yang lebih detil dari kedua proses di atas, yaitu proses performa dari MHT tanpa CTW yang memiliki jumlah *scan* 183 dan performa MHT-CTW memiliki jumlah *scan* yang lebih sedikit yaitu 119. Karena keduanya memiliki jumlah *scan* yang tidak sedikit maka akan disajikan rata-rata setiap 10 *scan* saja tetapi tidak akan mengurangi makna dari nilai-nilai tersebut.

Tabel 4.25 Hasil Rata-Rata Setiap 10 Scan untuk Nilai CT, MT dan IT

pada Hasil Tracking MHT Tanpa CTW

No Scan	CT (%)	MT (%)	IT (%)
1	42.6	51.19	3.33
2	60.47	56.93	15.6

3	71.72	62.24	23.33
4	60.48	52.59	30.44
5	62.79	49.33	26.81
6	60.04	48.63	21.91
7	53.41	36.43	41.72
8	53.09	24.67	50.39
9	52.13	36.95	60.42
10	48.95	12.96	60.57
11	52.11	16.76	68.69
12	52.3	5.67	64.84
13	48.12	21.48	56.36
14	40.02	12.57	56.99
15	38.89	17.59	58.54
16	44.24	3.33	85.24
17	40.67	12.51	65.28
18	44.96	13.33	50.59

Tabel 4.26 Hasil Rata-Rata Setiap 10 Scan untuk Nilai CT, MT dan IT
pada Hasil Tracking MHT-CTW

No Scan	CT (%)	MT (%)	IT (%)
1	70.3	76.51	9.31
2	96.88	88.34	18.23
3	88.89	87.56	25.24
4	94.88	81.72	28.75
5	93.81	74.62	32.63
6	81.73	74.48	17.68
7	78.44	83.88	18.54
8	83.66	75.91	18.41
9	89.13	74.55	37.31
10	88.71	82.47	16.55
11	91.28	86.13	19.07
12	94.15	79.83	42.13

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.25 dan Tabel 4.26 di atas dapat diperoleh nilai-nilai dari CT, MT dan IT secara lebih terinci dan lebih detil. Perbandingan metode MHT Tanpa CTW dan MHT-CTW apabila diperhatikan dari rata-rata seluruh hasil *scan* ketiga nilai tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4.27 Perbandingan Rata-Rata Nilai CT, MT, IT Seluruh Hasil Scan

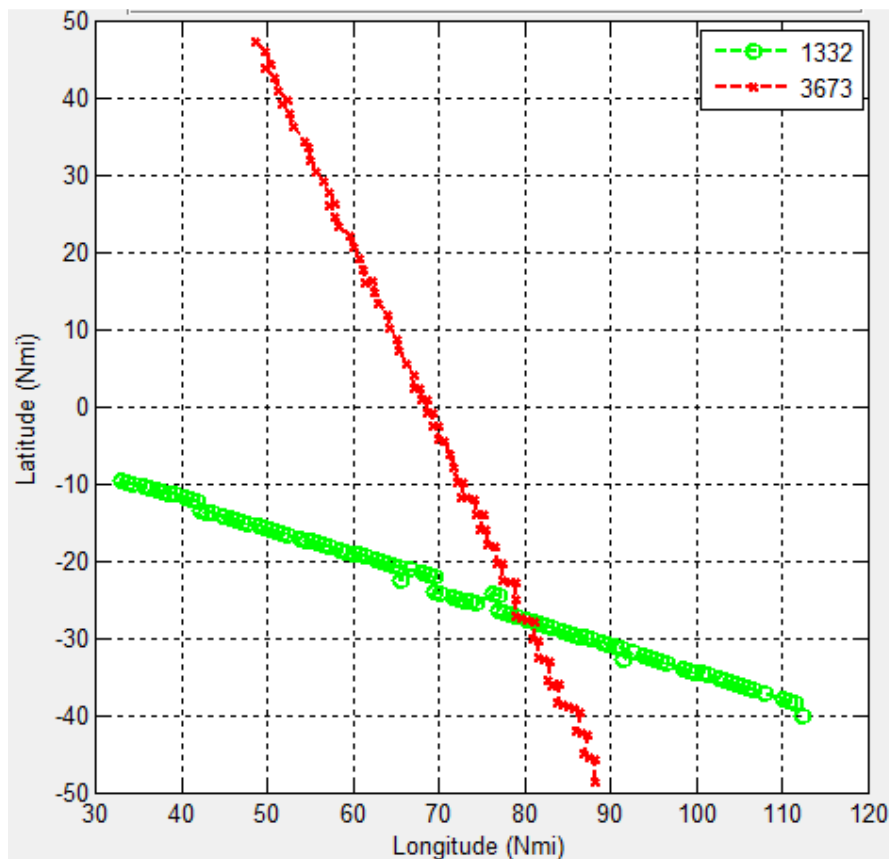
Pada MHT Tanpa CTW dan MHT-CTW

Metode	CT (%)	MT (%)	IT (%)
MHT Tanpa CTW	51.49	29.73	46.73
MHT -CTW	87.66	80.5	23.65

Berdasarkan pada Tabel 4.27 di atas terlihat perbandingan metode terdahulu dengan metode MHT-CTW, dari hasil tersebut terlihat perbedaan yang cukup mencolok. Untuk nilai CT metode terdahulu dengan nilai 51.49% sedangkan metode MHT-CTW memiliki nilai 87.66% , hal itu menunjukkan bahwa kemampuan mendeteksi target untuk metode MHT-CTW lebih bagus. Sedangkan pada nilai MT pada metode terdahulu menunjukkan nilai 29.73% sedangkan metode MHT-CTW memiliki nilai 80.5% dari sini bisa juga dikatakan, bahwa metode MHT-CTW memiliki kemampuan yang cukup bagus dalam hal membentuk lintasan setiap pesawat khususnya dalam menghubungkan setiap plot dengan tepat pada setiap lintasan pesawat tersebut. Dan yang terakhir untuk nilai IT pada metode terdahulu cukup besar dibandingkan dengan metode MHT-CTW yaitu 46.73% dibandingkan dengan 23.65%, hal itu mengandung maksud bahwa metode terdahulu memiliki kecenderungan memiliki tingkat kesalahan prediksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode MHT-CTW. Dari beberapa hasil analisa tersebut dapat ditarik kesimpulan awal bahwa dengan penambahan praproses berupa metode CTW pada MHT menghasilkan sistem *tracking* yang cukup handal.

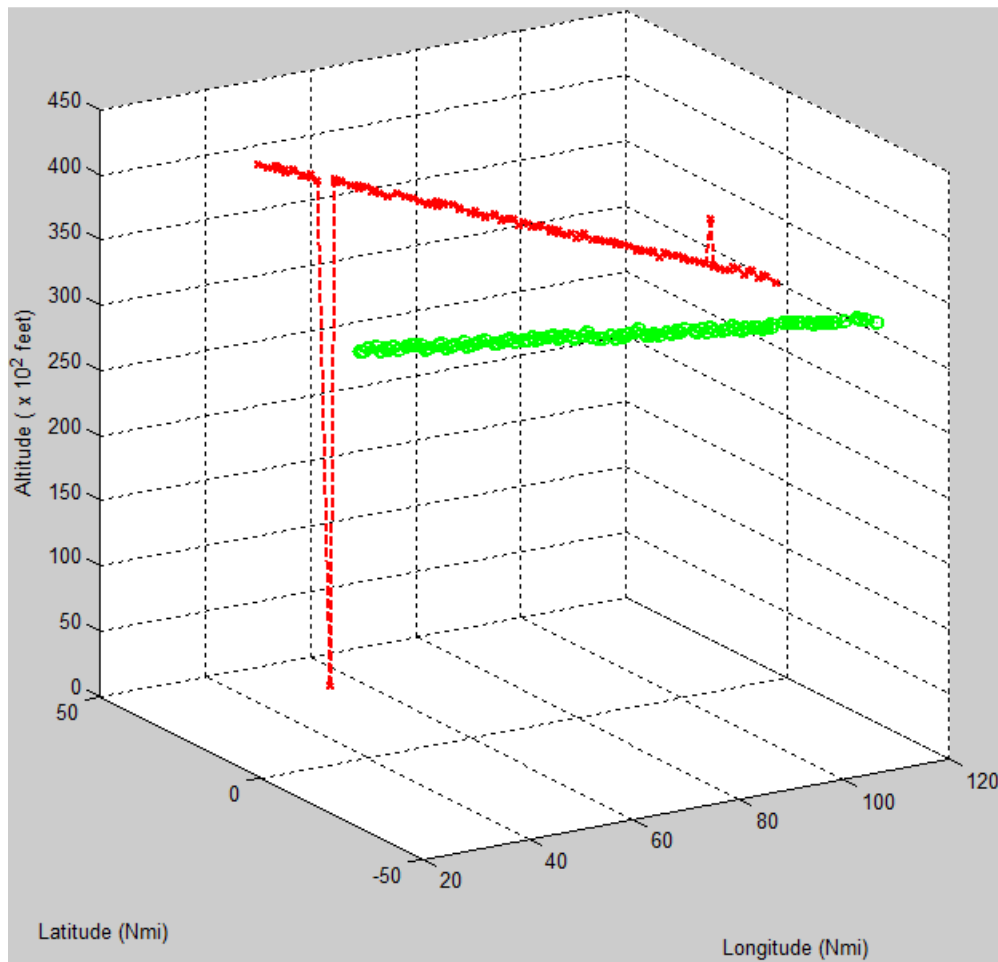
4.2.3 Uji Coba Dua Target Dalam Kondisi Komplek

Pada sub bab ini akan ditampilkan hasil uji coba untuk tiga macam kasus lintasan yang cukup komplek, yaitu lintasan saling bersilangan, lintasan saling beriringan dan lintasan saling berhadapan. Pada kondisi-kondisi seperti itu sangat bisa dimungkinkan akan terjadi kesalahan *tracking* karena memang kondisinya yang cukup membingungkan kalo dilihat secara sepintas.



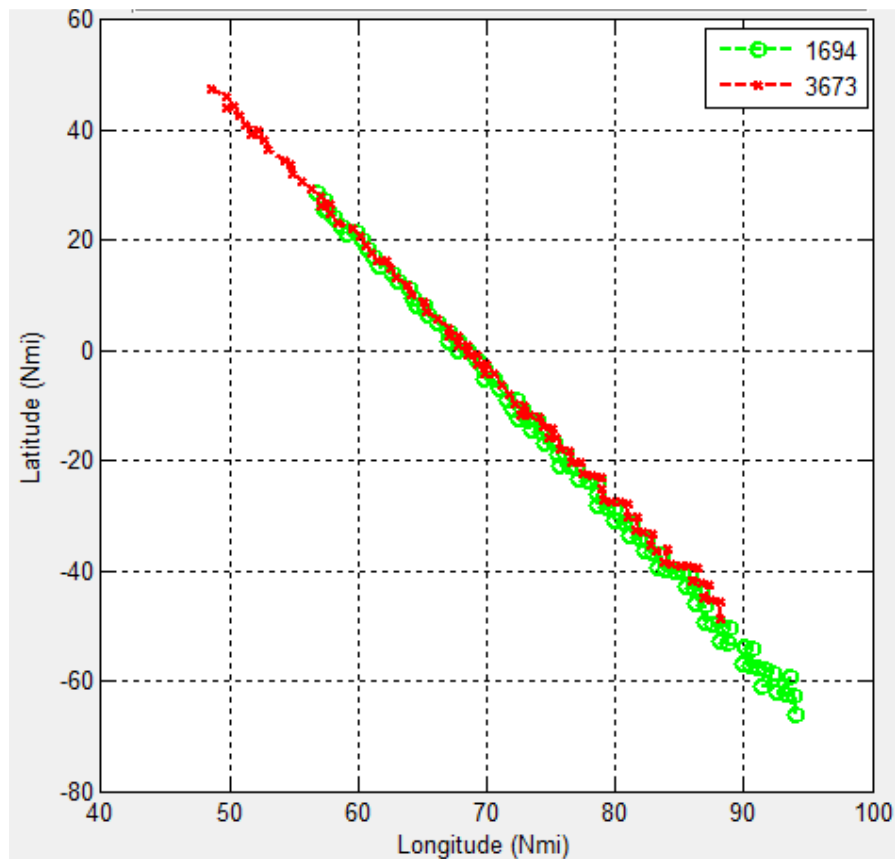
Gambar 4.18 Hasil Lintasan Saling Bersilangan Pada Mode3 1332 dan Mode3 3673

Seperti pada kasus lintasan pesawat Mode3 1332 dan Mode3 3673 adalah dalam kondisi saling bersilangan dimana dalam kondisi tersebut kalau dilihat secara sepintas memang tidak sulit untuk membedakannya. Tapi poin penting dari kasus ini adalah ketika pada posisi tepat dipersilangan dalam lintasan tersebut. Dari sini ternyata metode MHT-CTW mampu mengatasi masalah tersebut dengan tidak saling tertukar pada setiap lintasannya. Dari hasil lintasan pada Gambar 4.18 terlihat begitu sempurna hasil *tracking* yang cukup kompleks tersebut. Sehingga kejadian salah *tracking* atau lintasan bisa dihindari yang menghasilkan hasil lintasan yang cukup valid untuk digunakan untuk sistem pemantauan lalu lintas pada pesawat tersebut.



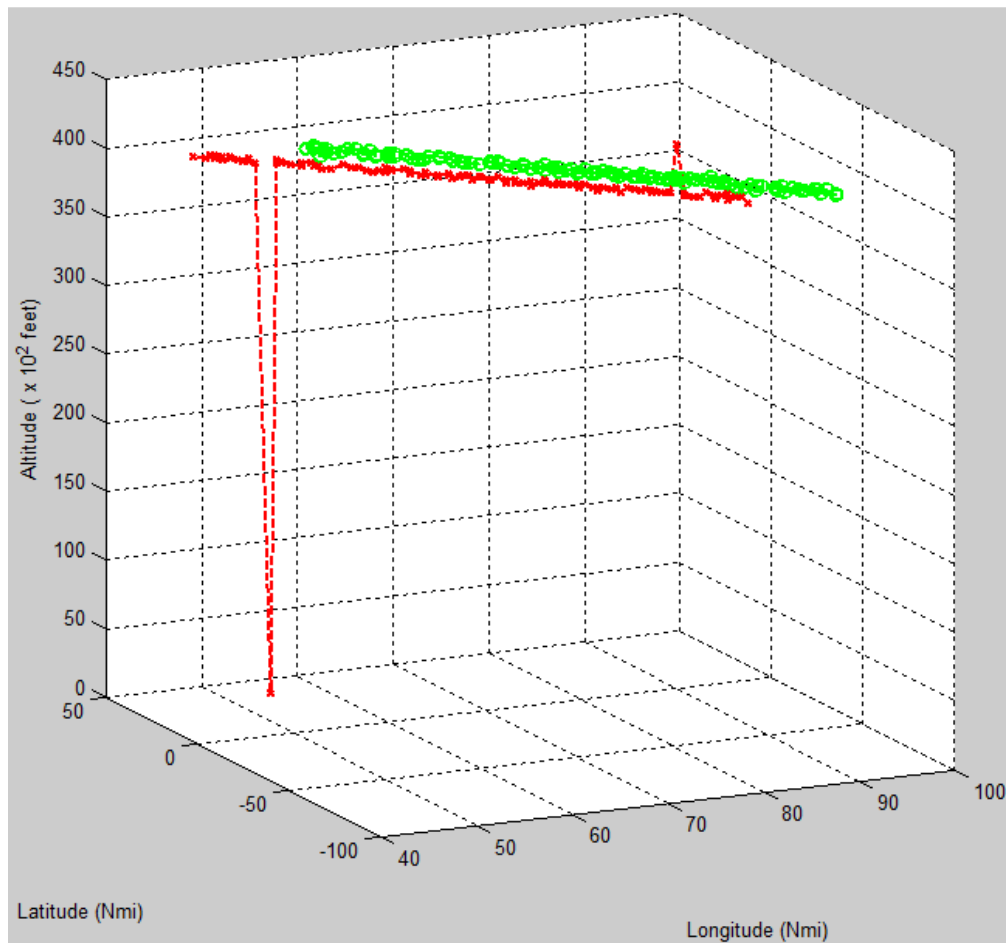
Gambar 4.19 Hasil Lintasan 3D Saling Bersilangan Pada Mode3 1332 dan Mode3 3673

Pada kejadian Gambar 4.19 ni adalah merupakan tamilan 3D untuk kasus pada lintasan yang saling bersilangan pada Gambar 4.18. Dengan menampilkan lintasan 3D bisa dipantau juga tentang informasi dari ketinggian pesawat tersebut. Karena dalam keadaan 2D dua pesawat tersebut seolah-olah bisa terjadi tabrakan, tetapi setelah digambarkan kondisi 3D ternyata tabrakan tersebut tidak akan terjadi karena adanya perbedaan ketinggian pada kedua *target* tersebut.



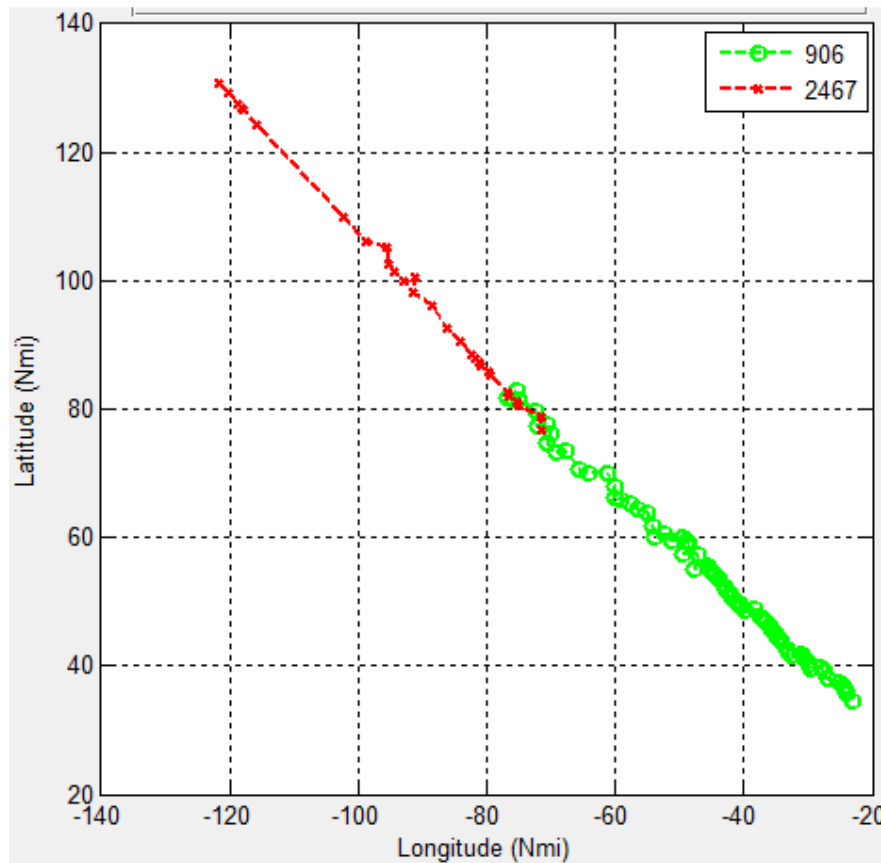
Gambar 4.20 Hasil Lintasan Saling Beriringan Pada Mode3 1694 dan Mode3 3673

Berdasarkan Gambar 4.20 untuk kasus lintasan yang saling beriringan tersebut, sangat besar sekali kemungkinan dari *track* tersebut untuk saling tertukar karena kalau dilihat dari parameter *heading* atau arah pesawat hampir bisa dikatakan sama. Jadi satu-satunya parameter yang memnentukan adalah posisi dari setiap plot atau titiknya. Dan dengan bantuan dari prediksi plot dengan kalman filter untuk pembangkitan nilai probabilitas juga sangat berpengaruh terhadap pemilihan plot sehingga tidak salah atau tertukar untuk lintasan dari kedua pesawat tersebut.



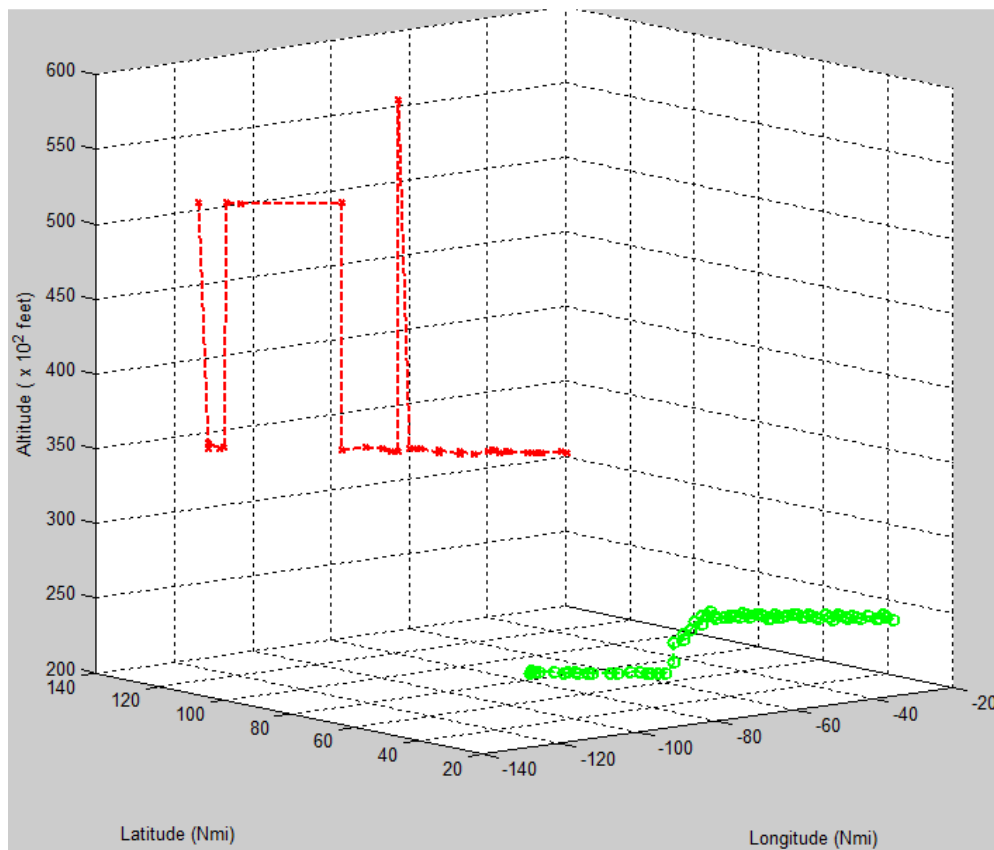
Gambar 4.21 Hasil Lintasan 3D Saling Beriringan Pada Mode3 1694 dan Mode3 3673

Berdasarkan Gambar 4.21 memperlihatkan gambaran 3D dari kasus pada Gambar 4.20. Berdasarkan gambar 3D di atas terlihat kedua pesawat tersebut memiliki selisih ketinggian yang tidak begitu jauh dan kalau dilihat sepintas kejadian tabrakan bisa saja terjadi. Kalau diperiksa lebih detil lagi perbedaan ketinggian untuk kedua pesawat tersebut memiliki selisih ketinggian sekitar 1000 feet jadi masih aman untuk perbedaan selisih dari ketinggian kedua pesawat tersebut.



Gambar 4.22 Hasil Lintasan Saling Berhadapan Pada Mode3 906 dan Mode3 2467

Pada Gambar 4.21 di atas menggambarkan kondisi kompleks lainnya yaitu ketika kedua lintasan pada pesawat tersebut adalah saling berhadapan. Untuk Mode3 906 pesawat melintas dari pojok kanan bawah menuju ke atas sedangkan pesawat pada Mode3 2467 dari pojok kiri atas menuju ke kanan bawah dan seakan-akan *track* dari kedua pesawat tersebut akan terjadi *crash* atau tabrakan dua pesawat tersebut. Pada kondisi seperti di atas *point* yang paling sulit adalah terletak pada lintasan pada waktu *track* dalam posisi mau saling bertemu. Ketika salah pemilihan plot maka lintasan kedua pesawat tersebut pasti tertukar. Pada kondisi seperti itu maka akan sangat dibutuhkan parameter *heading* atau arah pesawat untuk melakukan pemilihan plot atau titiknya.



Gambar 4.23 Hasil Lintasan 3D Saling Berhadapan Pada Mode3 906 dan Mode3 2467

Pada Gambar 4.21 menunjukkan lintasan 3D pada kasus lintasan pada Gambar 4.20 dimana lintasan tersebut sangat dimungkinkan akan terjadi tabrakan kalau dilihat dari gambar yang 2D. Pada data gambar di atas ketinggian masih memiliki data yang kurang begitu bagus sehingga diperlukan pengkajian yang lebih untuk mengatasi masalah data *altitude* atau ketinggian tersebut. Jadi harus dilakukan proses *filter* dahulu agar perubahan ketinggiannya tidak begitu mencolok, dimana kondisi seperti itu tidak mungkin terjadi perubahan yang signifikan terutama pada masing-masing pesawat. Kalau bisa diperhatikan ternyata kejadian tabrakan dua pesawat tersebut tidak mungkin bisa terjadi karena selisih ketinggiannya yang begitu jauh.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini. Selain itu juga diuraikan mengenai saran-saran yang dapat diperhatikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari percobaan dan evaluasi yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1 Sistem *multitarget tracking* dengan *Multiple Hypothesis Tracking* dengan praproses *Clustering Time Window* pada data radar bisa mendapatkan hasil yang cukup bagus dengan klasifikasi nilai *correct target* sebesar 87.66%, *maintain target* sebesar 80.5% dan *inexisting target* sebesar 23.65%.
- 2 Sistem *multitarget tracking* dengan MHT-CTW juga unggul dalam empat macam dari lima contoh data dengan memakai data aktual (*ground truth*) sebagai acuannya, yang ditampilkan untuk membentuk suatu *track* dari setiap pesawat dibandingkan dengan hasil *tracking* dari metode MHT tanpa CTW.
- 3 Sistem MTT dengan MHT-CTW mempunyai kelemahan ketika ada penangkapan data *noise* di awal penangkapan data, karena metode ini ketika ada salah *tracking* satu plot atau titik saja di awal maka untuk *track* selanjutnya juga ikut salah.

5.2 Saran

Berdasarkan metode penelitian dan hasil uji coba yang dilakukan, penelitian yang mungkin dilakukan pada masa akan datang adalah:

- 1 Penanganan ketika ada data *noise* di awal kedatangan data sehingga kesalahan di awal tidak diikuti juga untuk proses *tracking* berikutnya.
- 2 Lintasan setiap pesawat masih terdapat jalur yang agak tidak begitu lurus atau belak-belok, diharapkan untuk semua jalur lintasan bisa kelihatan lurus untuk semua *track* dari setiap pesawat.

DAFTAR PUSTAKA

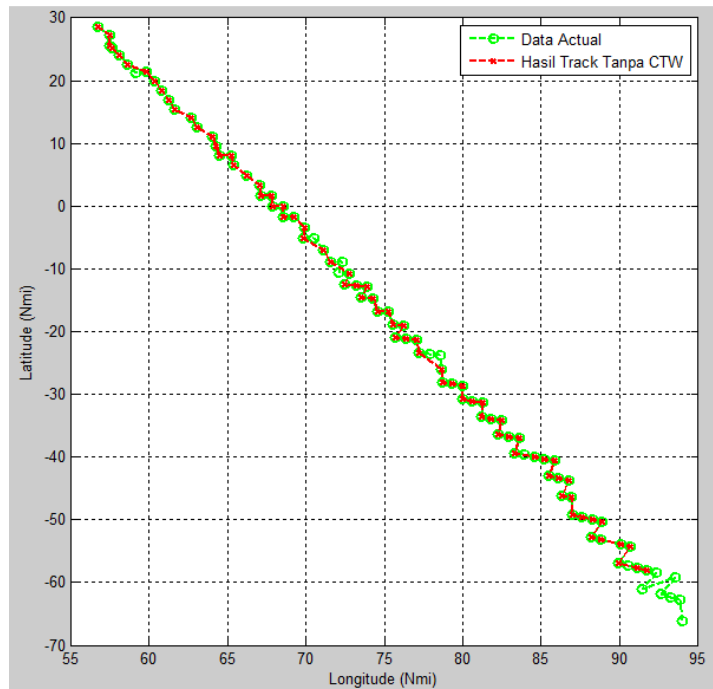
- [1] Abdelkader, A. (2009, December 6). *The Lost Beauty*. Retrieved September 18, 2014, from Java implementation of the Kalman Filter using JAMA: <http://the-lost-beauty.blogspot.com/2009/12/java-implementation-of-kalman-filter.html>
- [2] Amditis, A., Thomaidis, G., Maroudis, P., Lytrivis, P., & Karaseitanidis, G. *Multiple Hypothesis Tracking Implementation*. Greece: www.intechopen.com.
- [3] Antunes, D. M., Figueira, D., Matos, D. M., Bernardino, A., & Gaspar, J. (2011). Multiple Hypothesis Tracking in Camera Networks. *International Conference on Computer Vision Workshops* (pp. 367-374). Barcelona: IEEE.
- [4] Antunes, D. (2011, May 10). *Multiple Hypothesis Library*. Retrieved September 4, 2014, from Multiple Hypothesis Library Easy MHT Implementation: <http://www.multiplehypothesis.com>
- [5] Bar-Shalom, Y., Daum, F., & Huang, J. (2009). The Probabilistic Data Association Filter. 82-100.
- [6] Blackman, S. S. (2004). Multiple Hypothesis Tracking For Multiple Target Tracking. *SYSTEMS MAGAZINE*, 5-17.
- [7] Chandra, F. (2007). *Algoritma Filtering Pada Sistem Multi Radar Tracking*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [8] Chunki Park, H.-T. L. (2011). Radar Data Tracking Using Minimum Spanning Tree-Based Clustering Algorithm. *11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference* (pp. 1-8). Moffet Field, USA: AIAA.
- [9] Cox, I. J., & Hingorani, S. L. (1996). An Efficient Implementation of Reid's Multiple hypothesis Tracking Algorithm and Its Evaluation for the Purpose of Visual Tracking. *TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE*, 138-150.
- [10] Fortunato, E., Kreamer, W., Mori, S., Chong, C.-Y., & Castanon, G. (2007). Generalized Murty's Algorithm With Application to Multiple Hypothesis Tracking. *Information Fusion*, 1-8.
- [11] Murty, K. G. (1968). An Algorithm for Ranking all the Assignments in Order of Increasing Cost. *Operations Research*, 682-687.
- [12] Orguner, U. (2010, January 26). *Linkopings Universitet*. Retrieved September 25, 2014, from Reglerteknik (Automatic Control): <http://www.control.isy.liu.se/student/graduate/TargetTracking/Murty.m>

- [13] Reid, D. B. (1979). An Algorithm for Tracking Multiple Targets. *TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL* , 843-854.
- [14] Richards, M. A., Scheer, J. A., & Holm, W. A. (2010). *Principle Of Modern Radar*. Danvers: Sheridan Books, Inc.
- [15] Singer, R., & Stein, J. (1971). An optimal tracking filter for processing sensor data of imprecisely determined origin in surveillance systems. *Decision and Control, 1971 IEEE Conference on* (pp. 171-175). Miami Beach: IEEE.
- [16] Wolf, M. T., & Burdick, J. W. (2009). Multiple Hypothesis Tracking Using Clustered Measurement. *International Conference on Robotics and Automation* (pp. 3955-3961). Kobe: IEEE.
- [17] Xue Jiang, K. H. (2013, July 4). Integrated track initialization and maintenance in heavy clutter using probabilistic data association. *Signal Processing* , pp. 241-250.

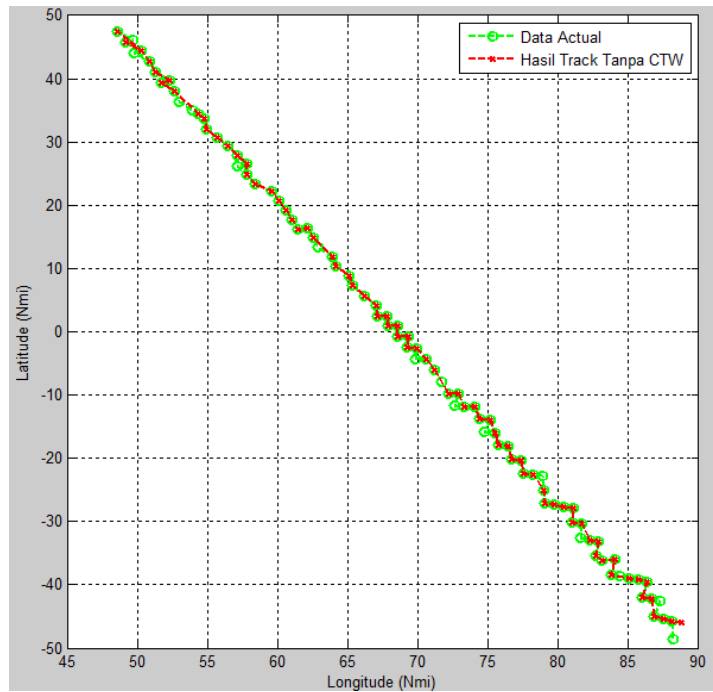
LAMPIRAN A

Hasil Tracking dari Semua Data Set *Ground Truth* yang Menggunakan Metode MHT Tanpa CTW. Berikut ditampilkan berdasarkan identitas (Mode3) masing-masing pesawatnya.

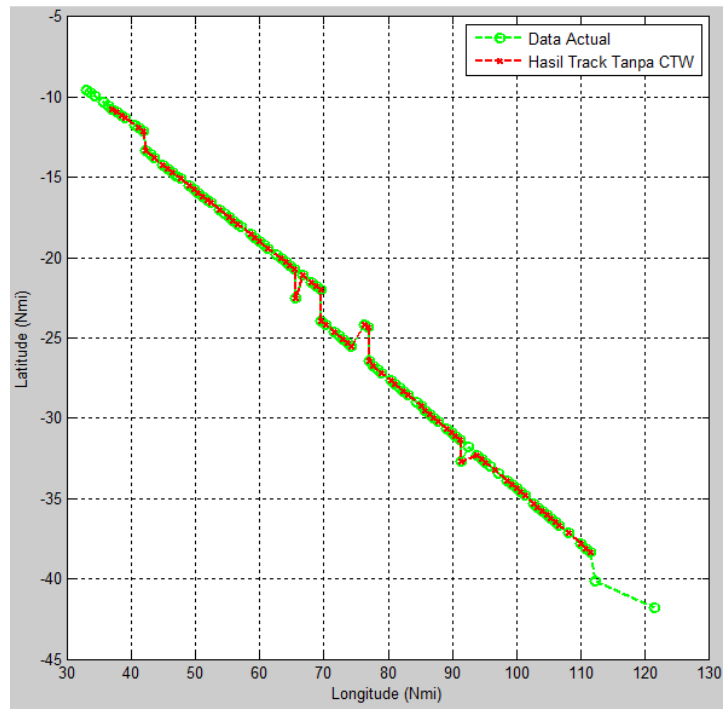
1. Mode3 1694



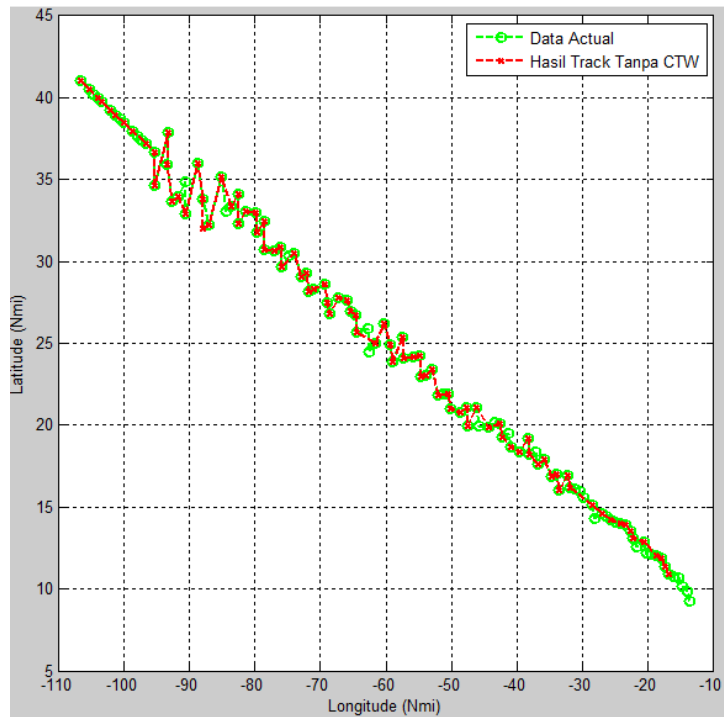
2. Mode3 3673



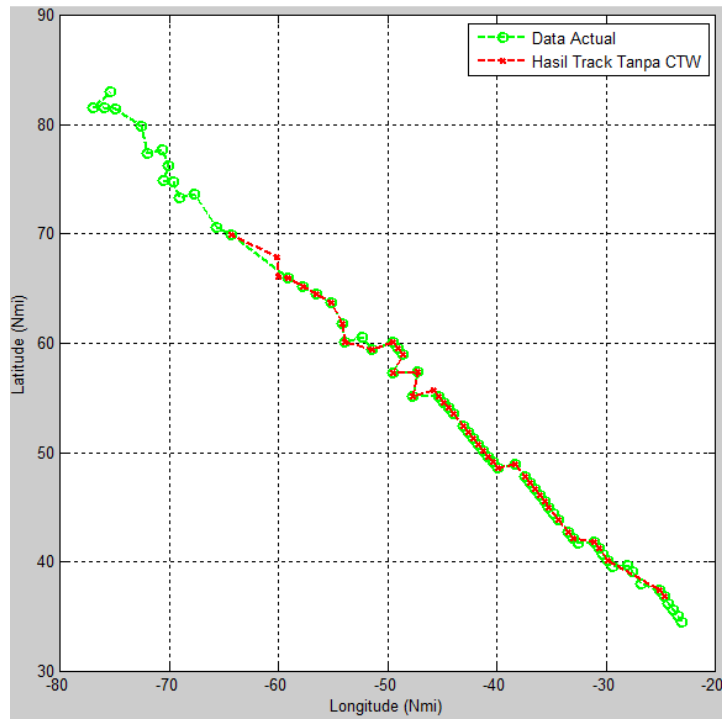
3. Mode3 1332



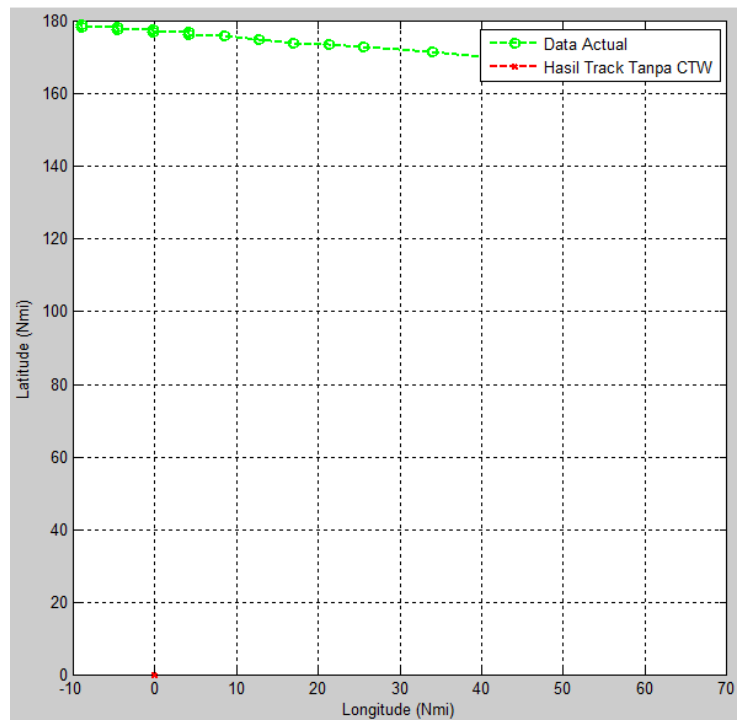
4. Mode3 908



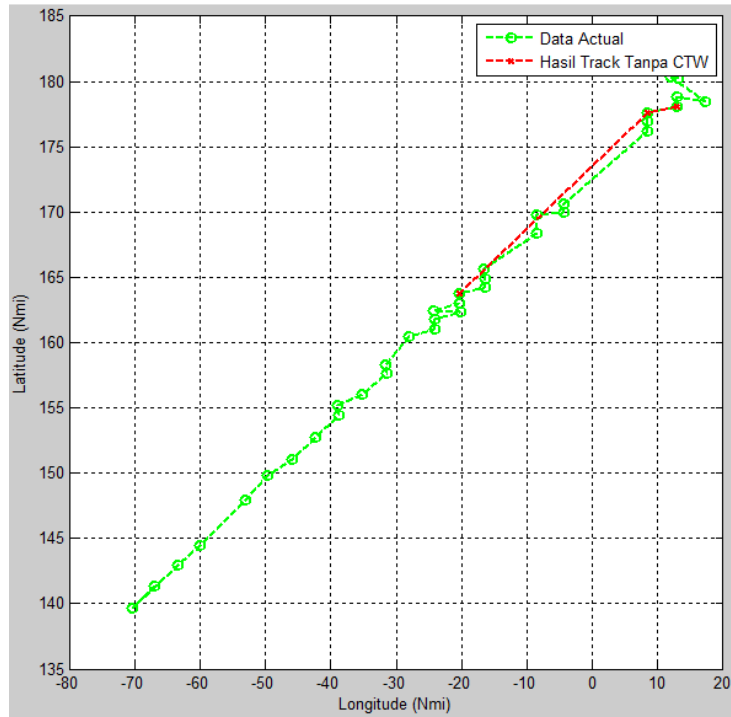
5. Mode3 906



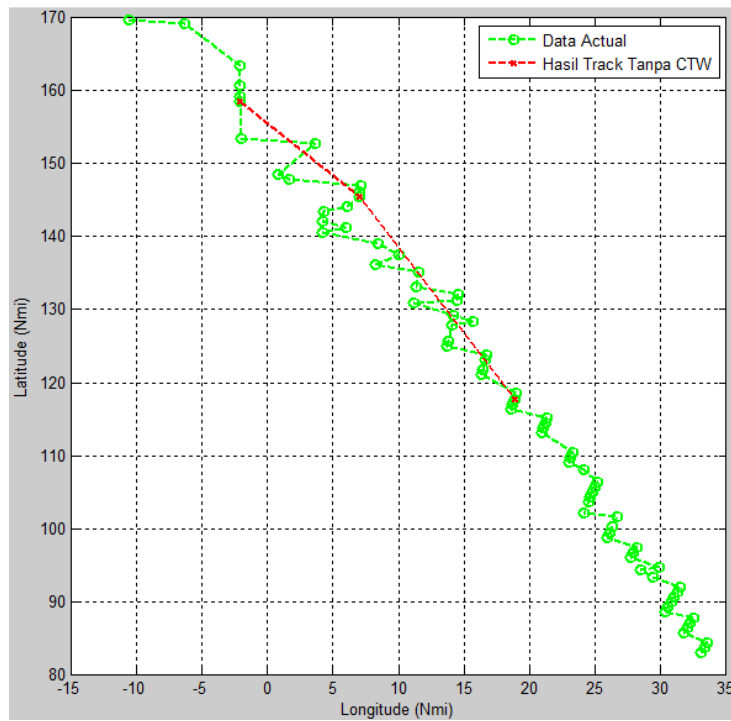
6. Mode3 2969



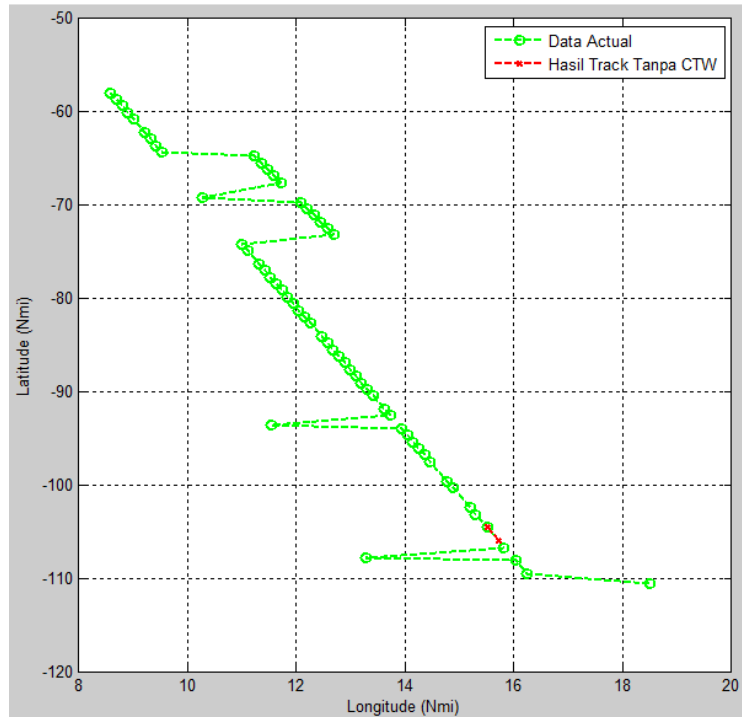
7. Mode3 144



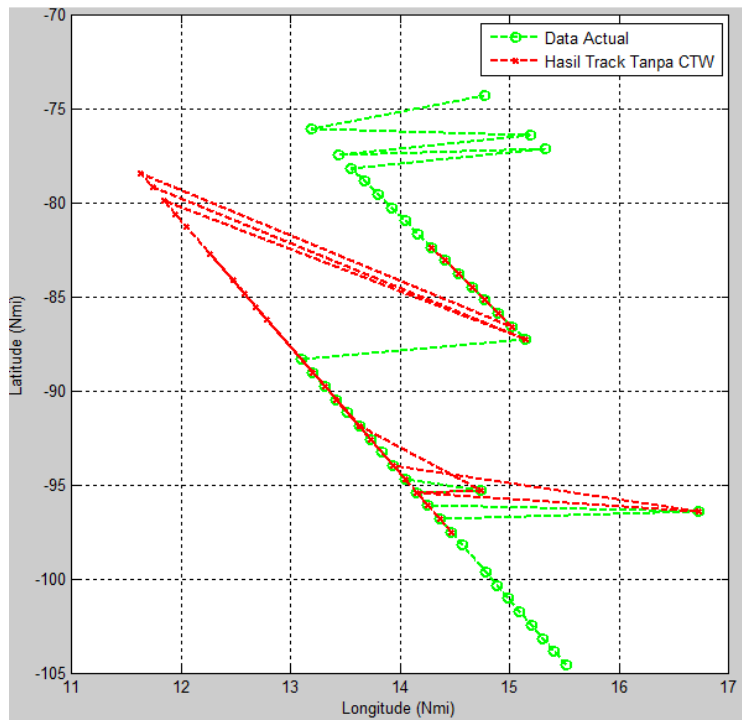
8. Mode3 2144



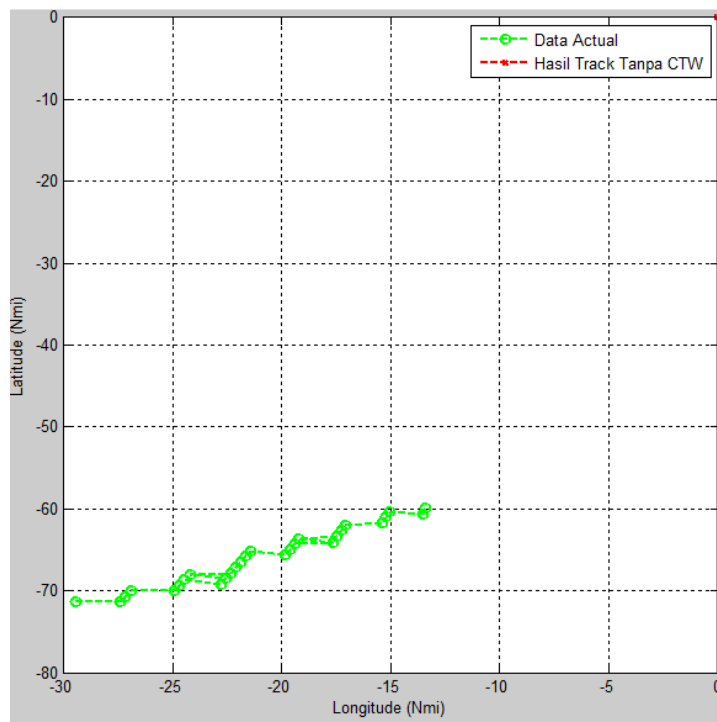
9. Mode3 2887



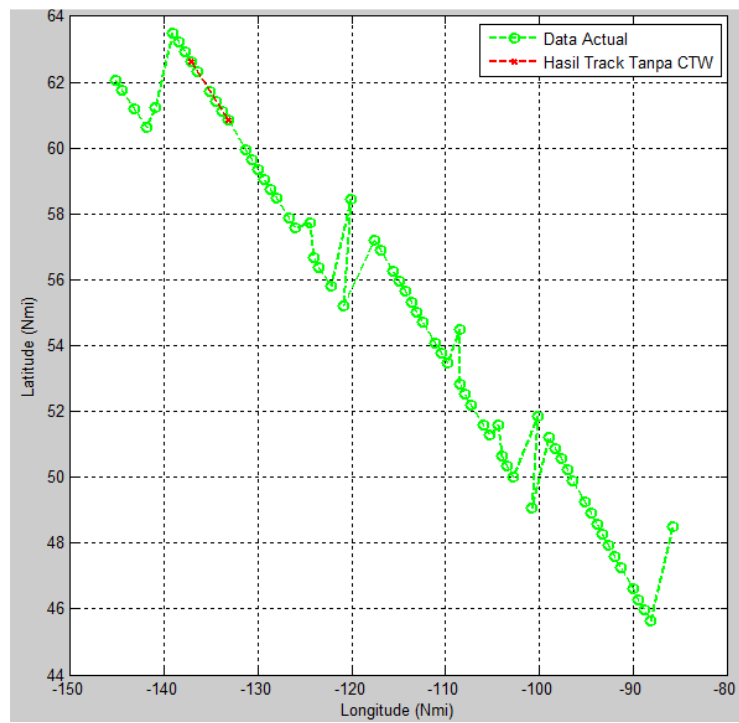
10. Mode3 2886



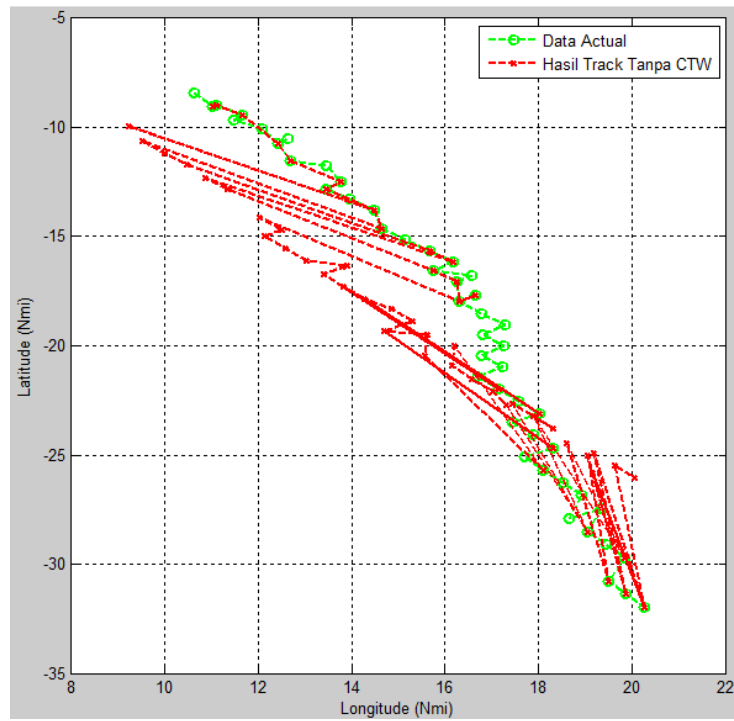
11. Mode3 957



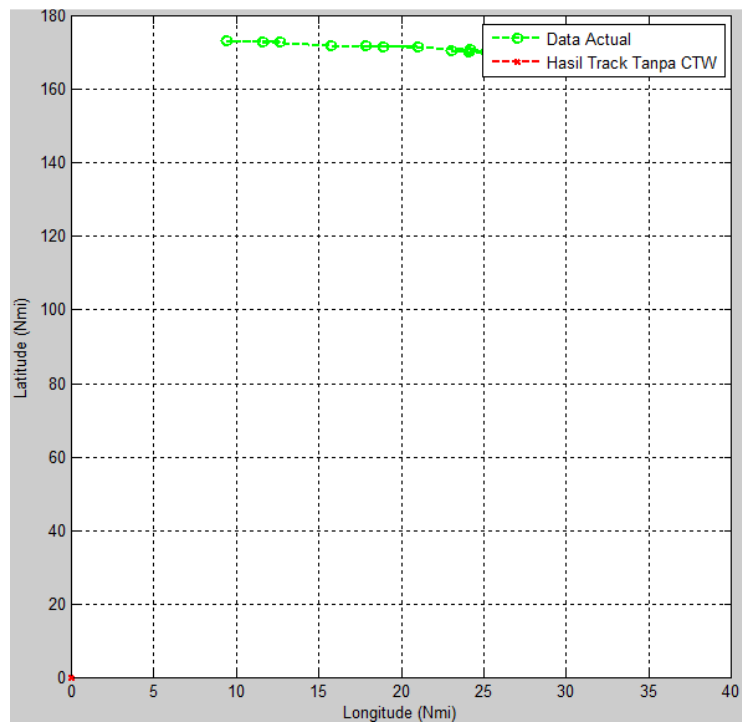
12. Mode3 1339



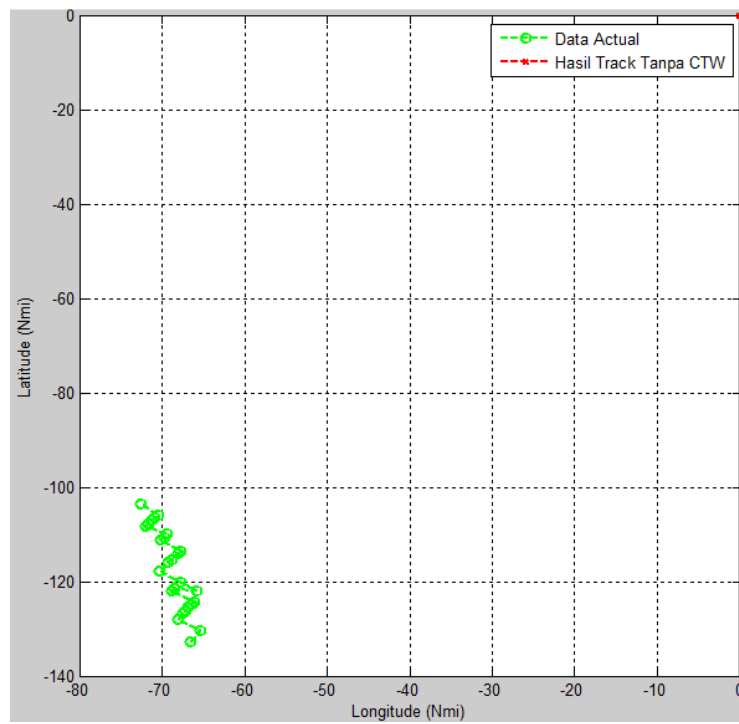
13. Mode3 915



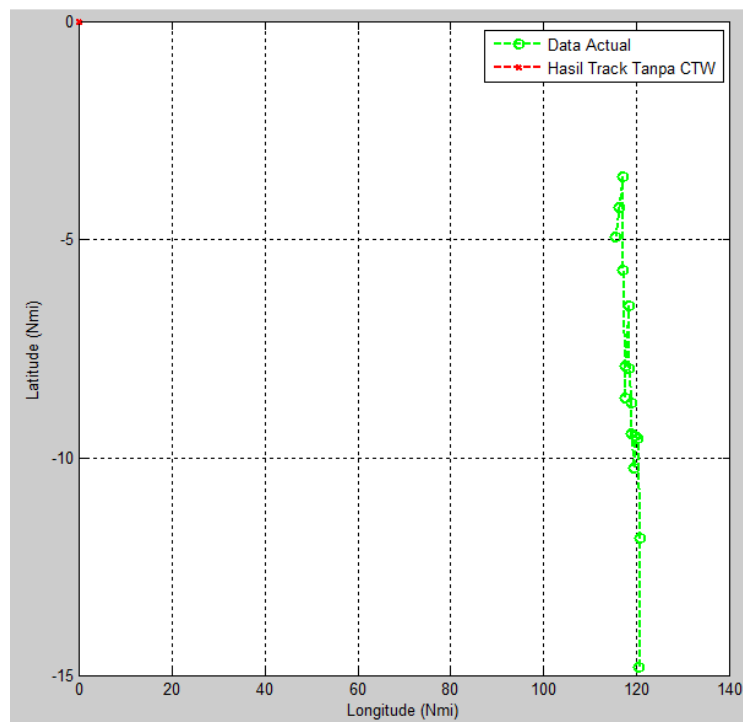
14. Mode3 2997



15. Mode3 2765

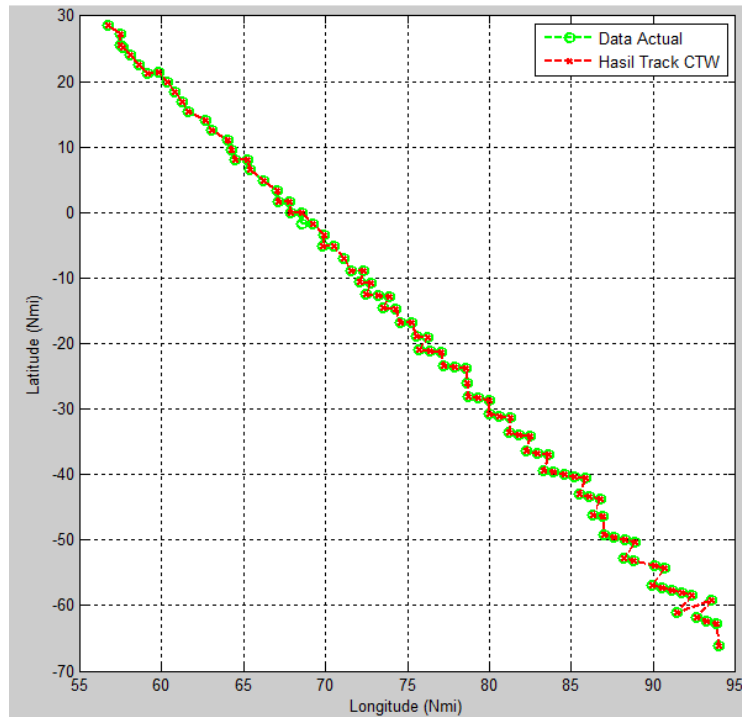


16. Mode3 2953

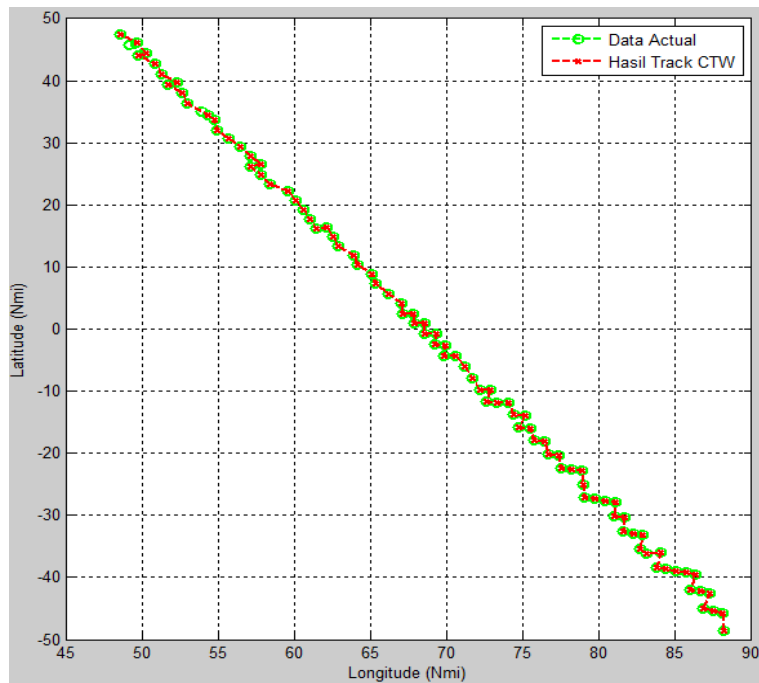


Hasil Tracking dari Semua Data Set *Ground Truth* yang Menggunakan Metode MHT-CTW.

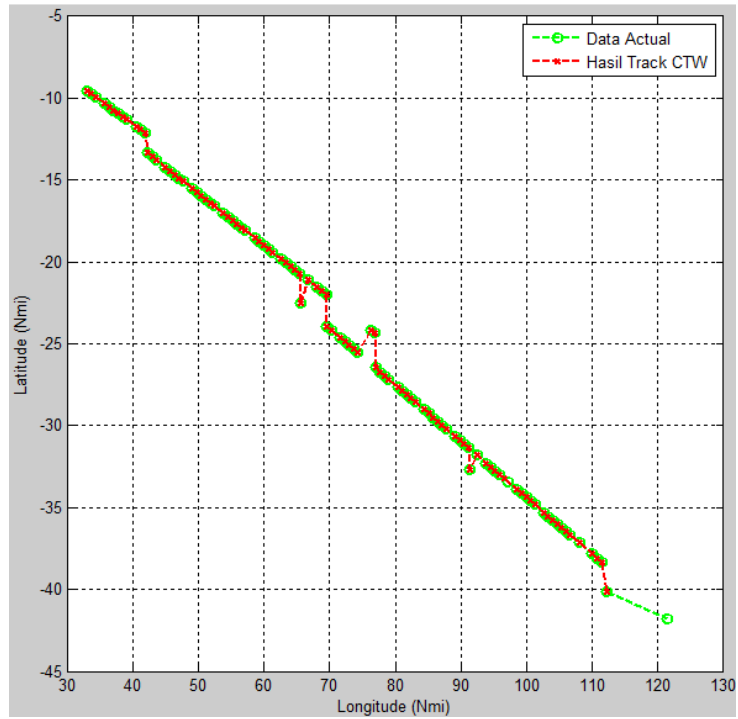
1. Mode3 1694



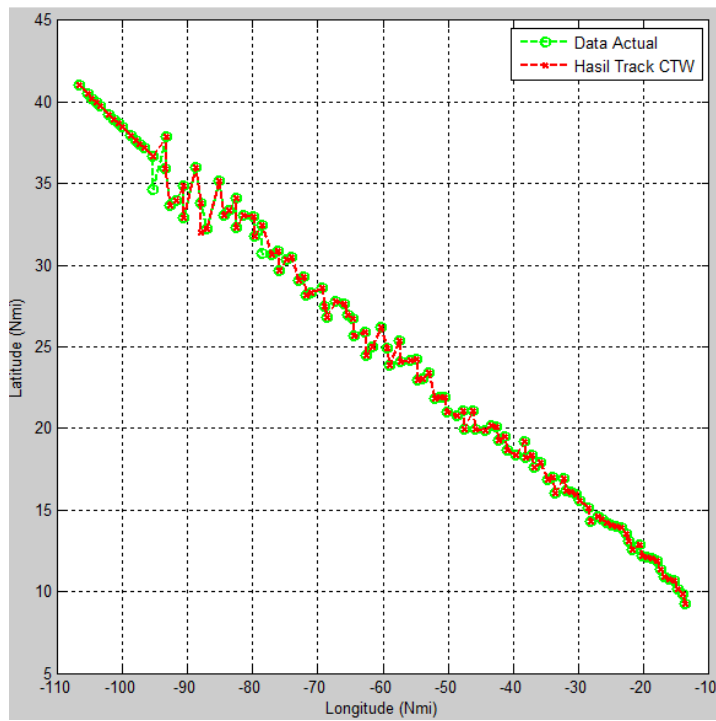
2. Mode3 3673



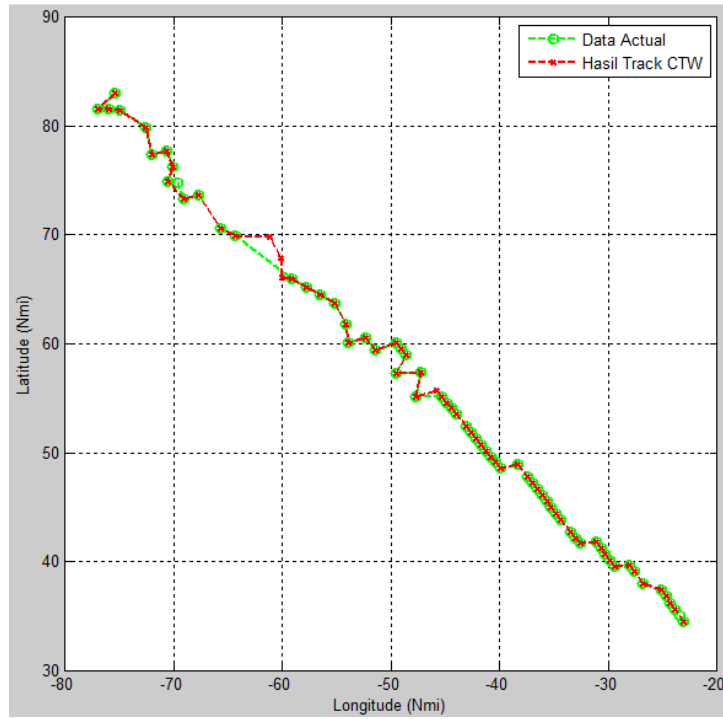
3. Mode3 1332



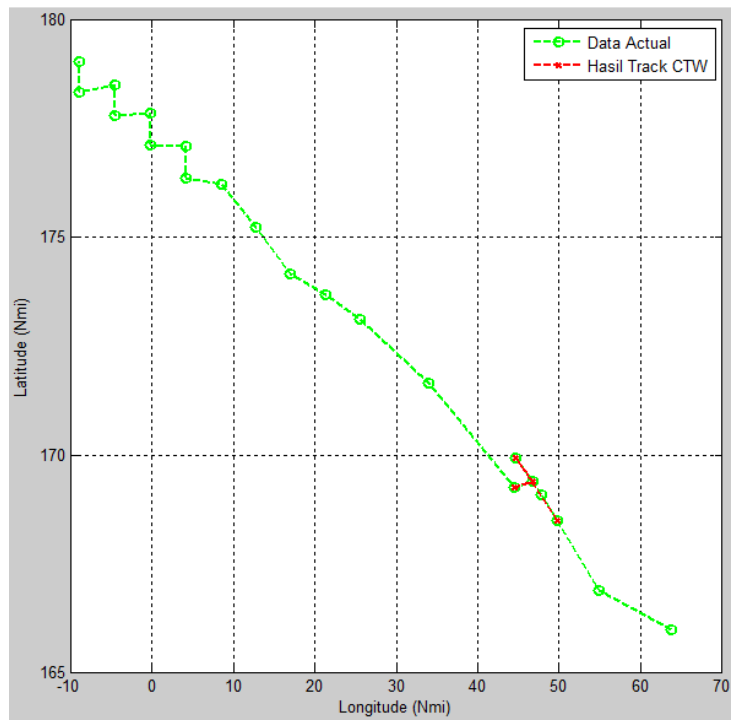
4. Mode3 908



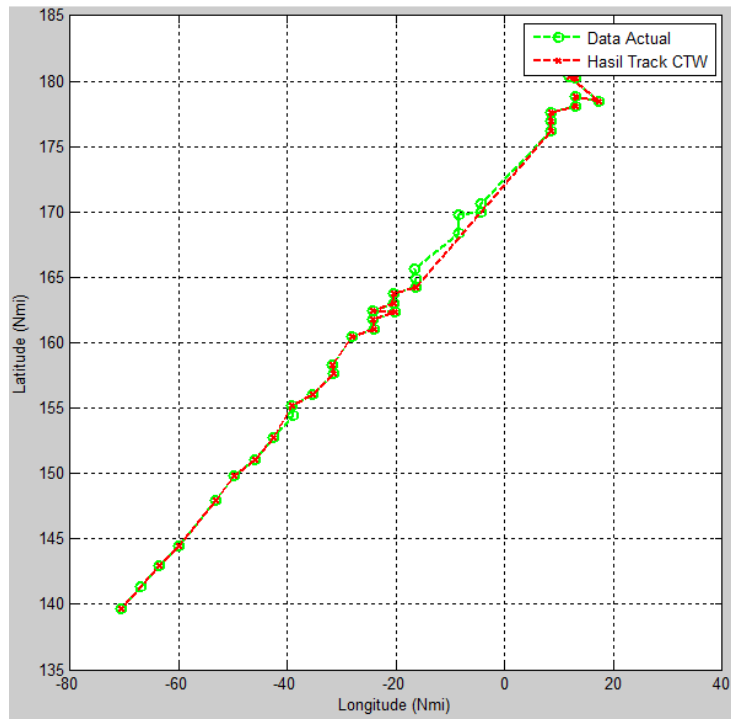
5. Mode3 906



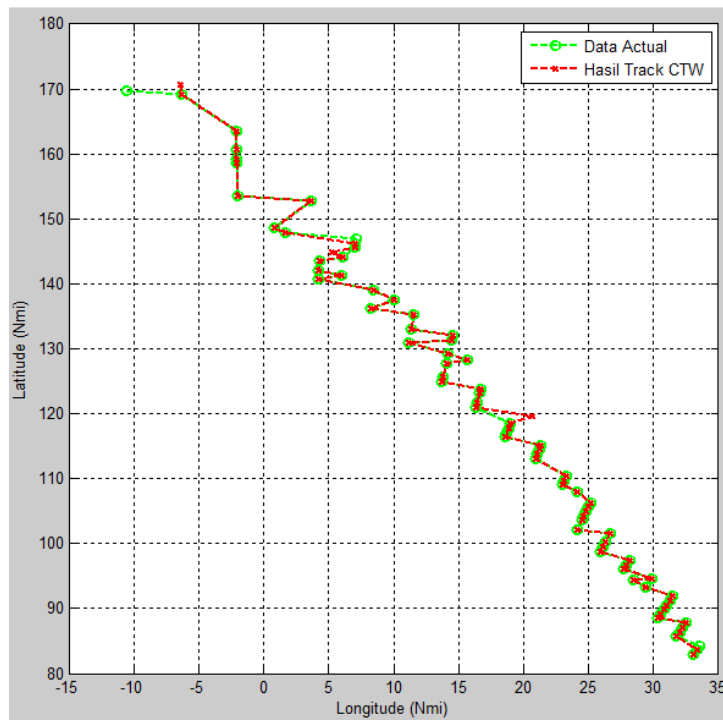
6. Mode3 2969



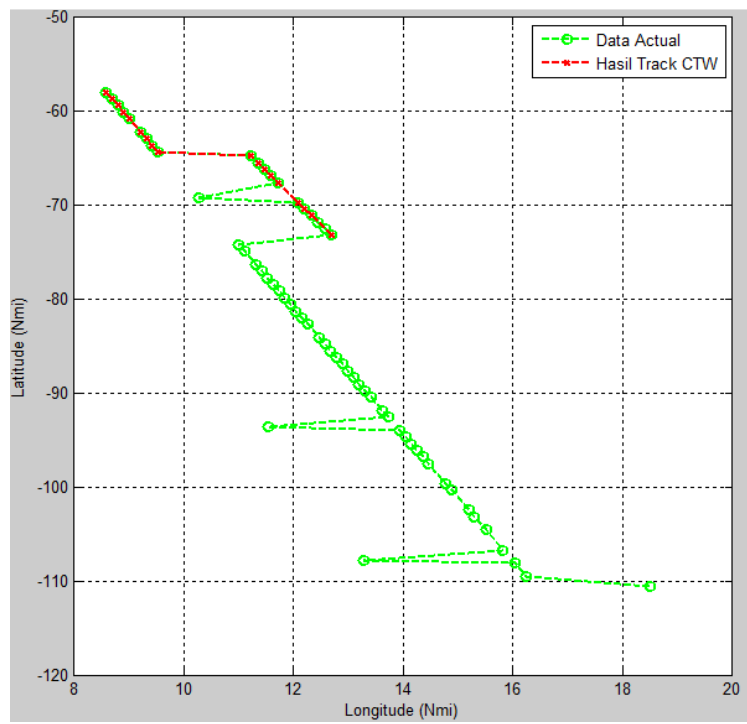
7. Mode3 144



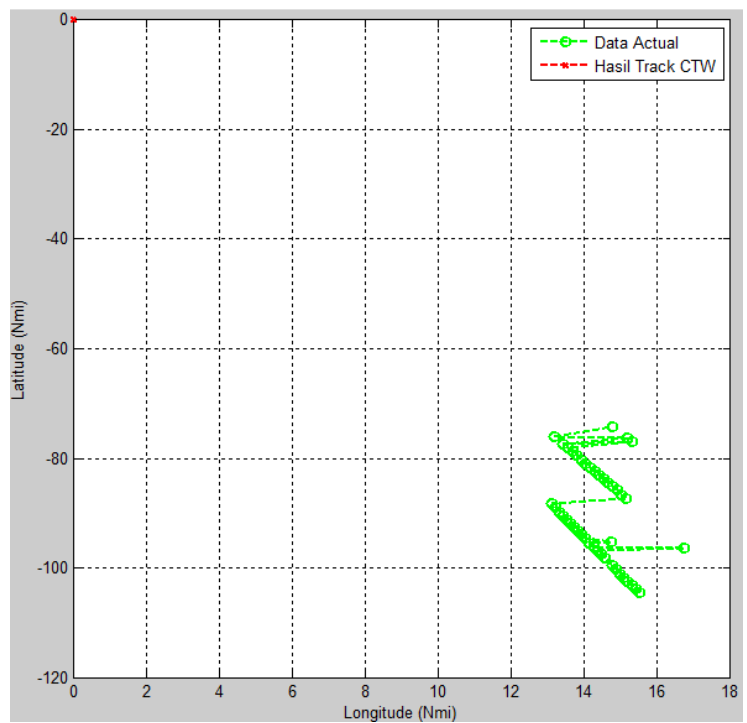
8. Mode3 2144



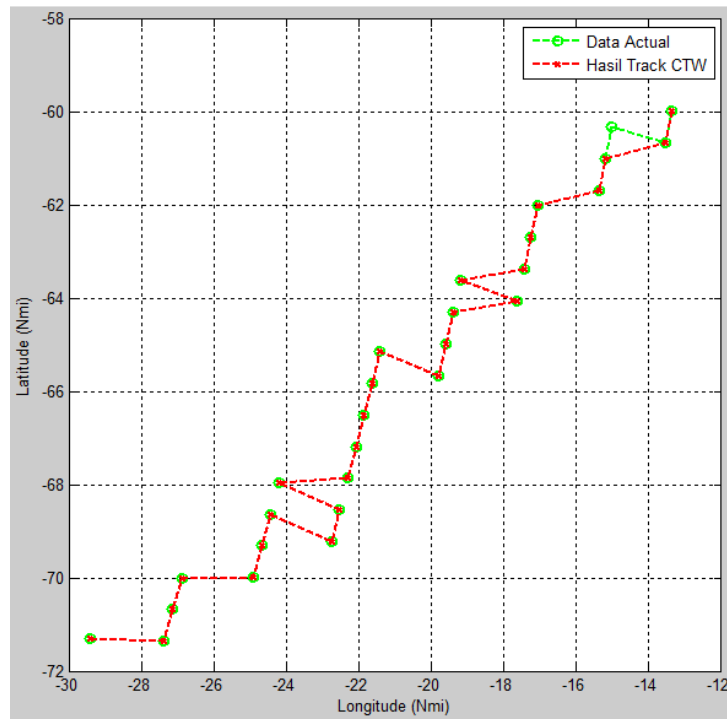
9. Mode3 2887



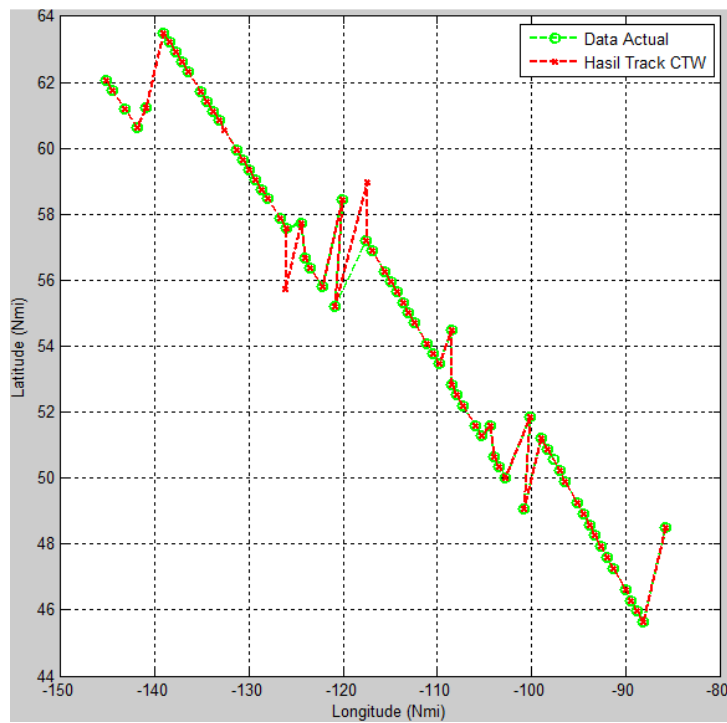
10. Mode3 2886



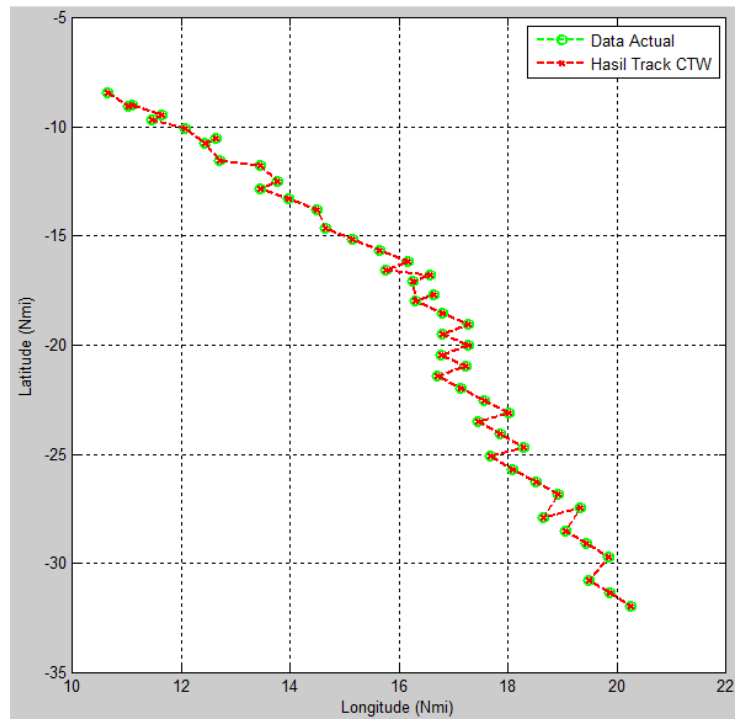
11. Mode3 957



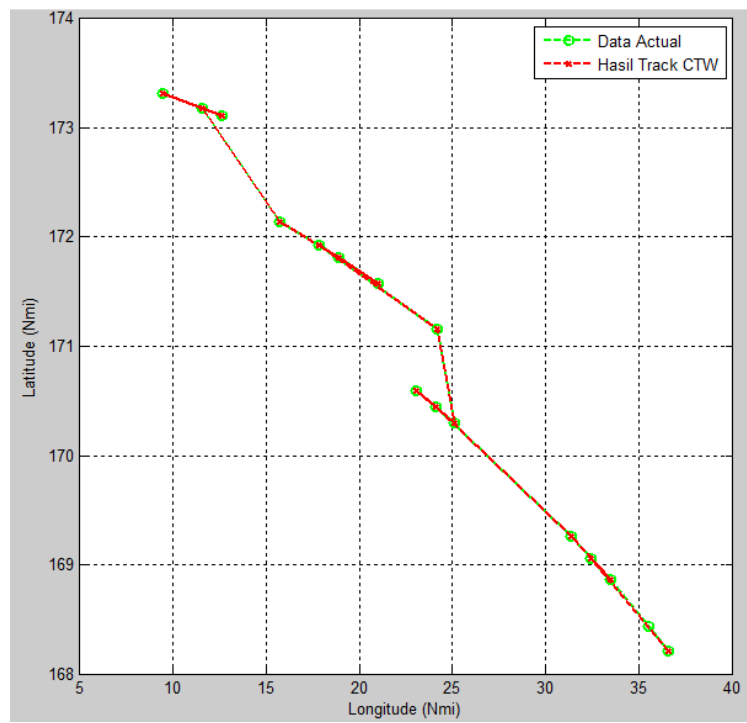
12. Mode3 1339



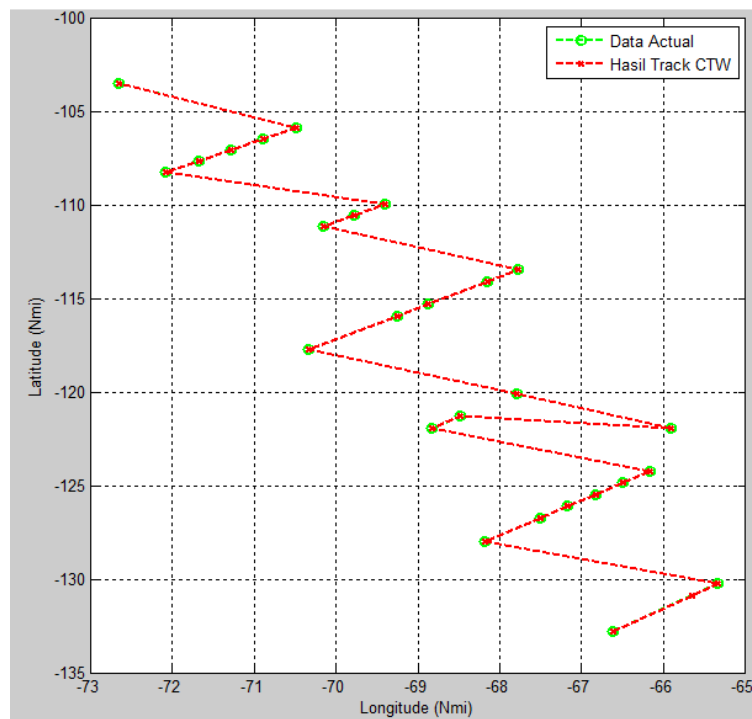
13. Mode3 915



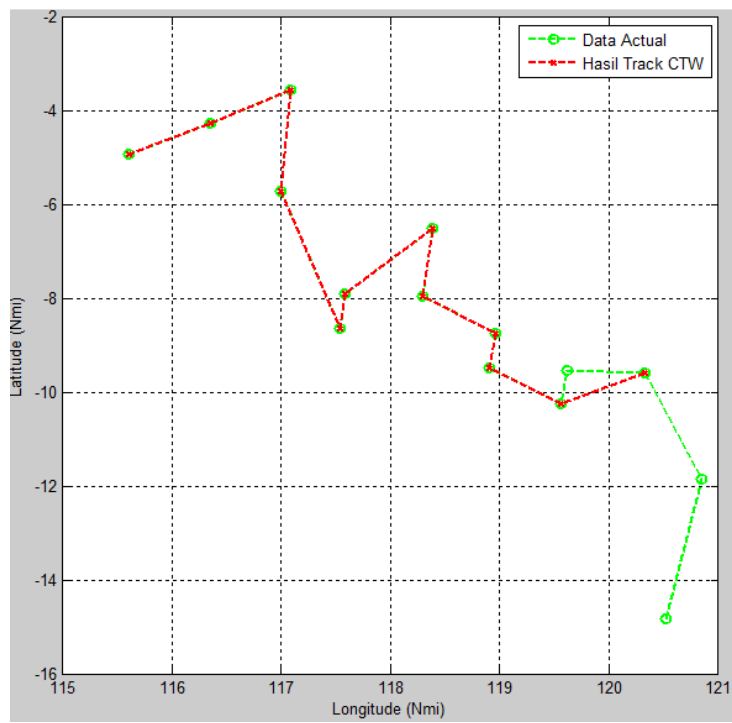
14. Mode3 2997



15. Mode3 2765



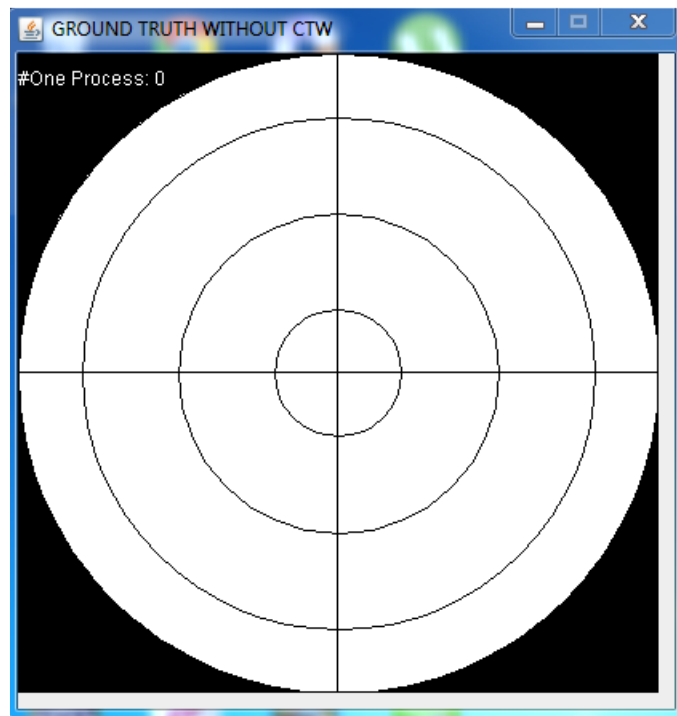
16. Mode3 2953



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

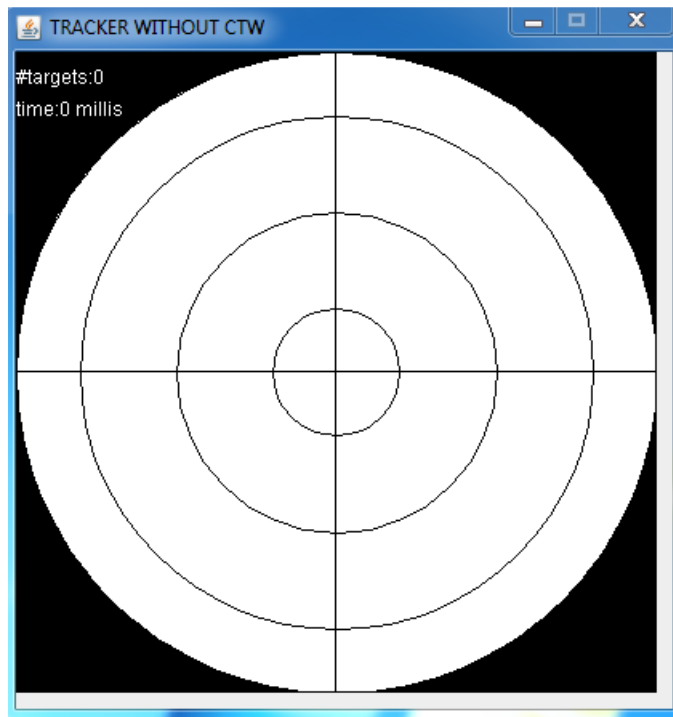
LAMPIRAN B

Bentuk implementasi program pada Java Netbeans IDE 8.0.1, memiliki beberapa interface. Program ini digunakan untuk mengamati dan sekaligus menyimpan hasil *tracking* baik yang menggunakan MHT tanpa CTW maupun MHT-CTW. Dan untuk proses analisa setiap *track* menggunakan software Matlab R2013a. Berikut beberapa tampilan interface dari program MHT tanpa CTW dan MHT-CTW.

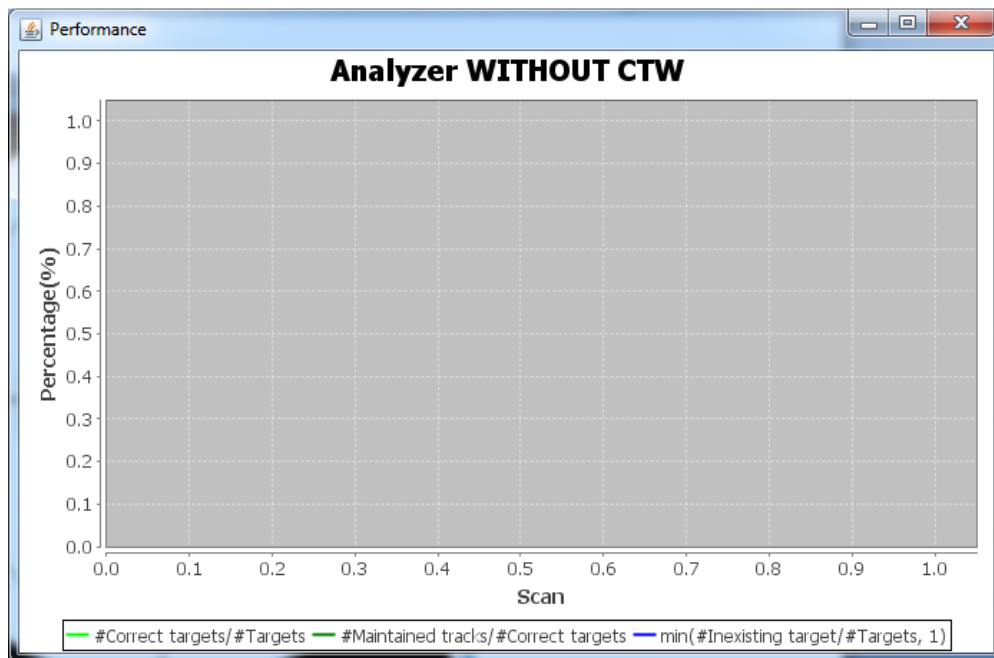


Gambar 1. Menampilkan Proses Input Ground Truth MHT Tanpa CTW

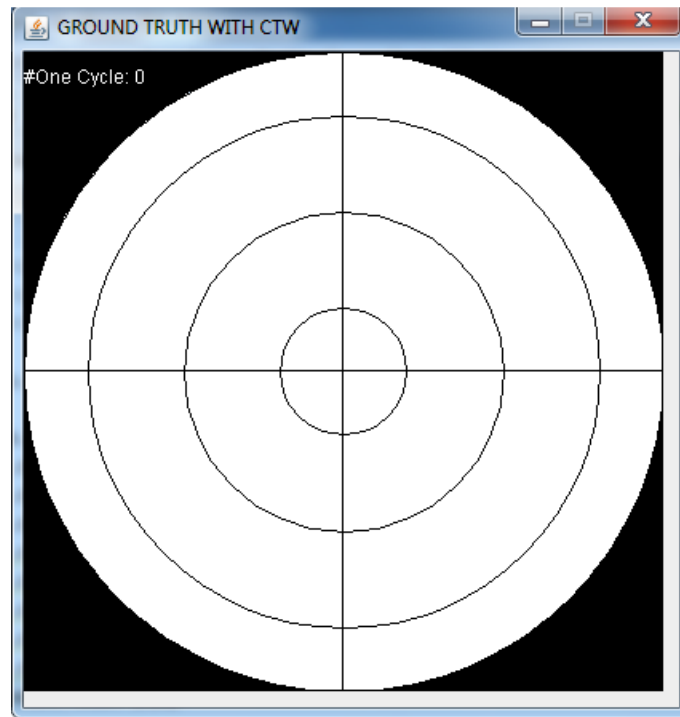
Pada Gambar 1 ini akan menampilkan data masukan dari proses MHT tanpa CTW. Data akan muncul berupa plot-plot yang jumlahnya lebih dari satu.



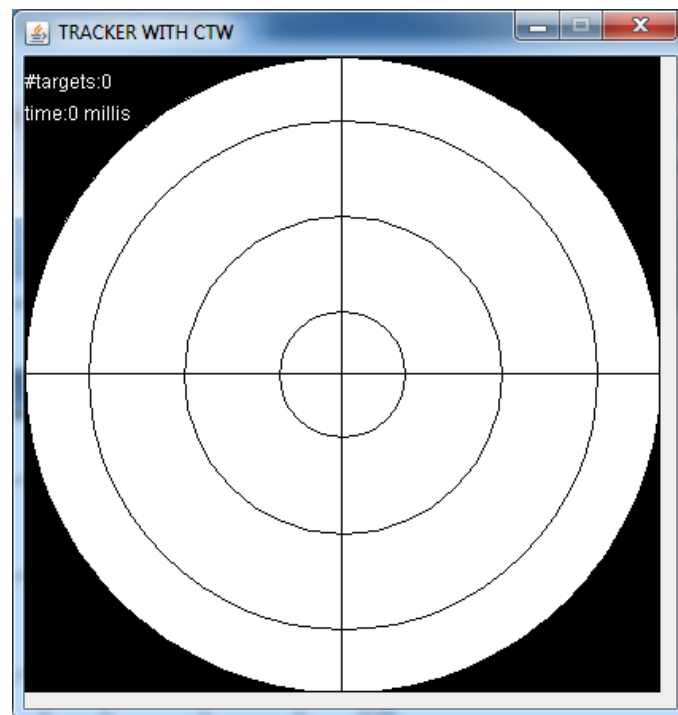
Gambar 2. Menampilkan Proses Data Tracking untuk MHT tanpa CTW



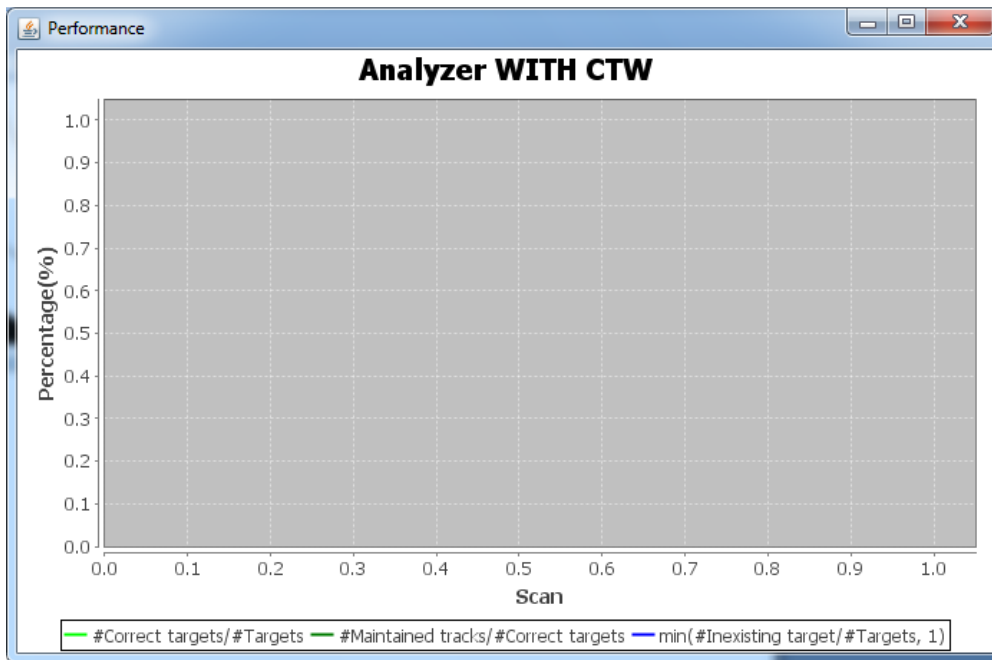
Gambar 3. Menampilkan Analisa Correct Target, Maintain Target dan Inexisting Target dari MHT tanpa CTW



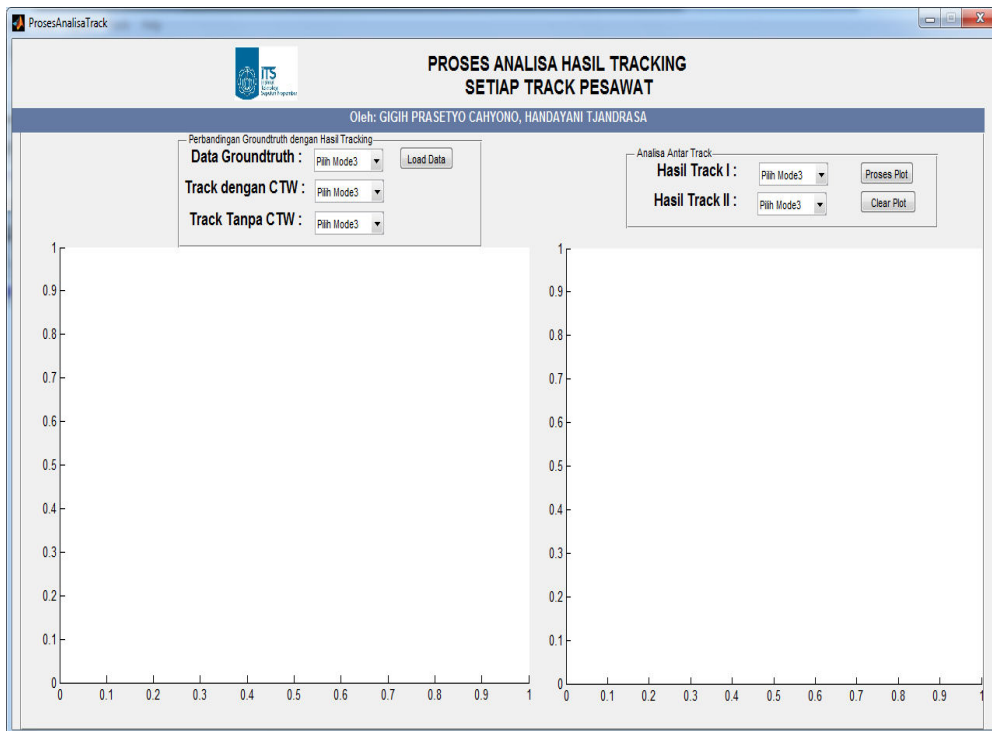
Gambar 4. Menampilkan Proses Input Ground Truth MHT-CTW



Gambar 5. Menampilkan Proses Data Tracking untuk MHT-CTW



Gambar 6. Menampilkan Analisa Correct Target, Maintain Target dan Inexisting Target dari MHT-CTW



Gambar 7. Interface untuk Menampilkan Analisa Setiap Track 2D dan 3D