

**VISUALISASI GERAK SEMU BULAN DAN MATAHARI
SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PASANG SURUT AIR
LAUT MENGGUNAKAN ALGORITMA JEAN MEEUS**

SKRIPSI

oleh :

AGUS MINANUR ROHMAN

NIM. 12650118



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**VISUALISASI GERAK SEMU BULAN DAN MATAHARI
SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PASANG SURUT AIR
LAUT MENGGUNAKAN ALGORITMA JEAN MEEUS**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Jurusan Teknik Informatika
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Sebagai Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

Oleh :

**Agus Minanur Rohman
12650118**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK
IBRAHIM
MALANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

**VISUALISASI GERAK SEMU BULAN DAN MATAHARI SERTA
PENGARUHNYA TERHADAP PASANG SURUT AIR LAUT
MENGUNAKAN ALGORITMA JEAN MEEUS**

SKRIPSI

Oleh :

Agus Minanur Rohman

NIM. 12650118

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 14 Juni 2016

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Cahyo Crysdian

NIP. 19740424 200901 1 008

Dr. M. Amin Hariyadi, M.T

NIP. 19670118 200501 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crysdian

NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN

VISUALISASI GERAK SEMU BULAN DAN MATAHARI SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PASANG SURUT AIR LAUT MENGUNAKAN ALGORITMA JEAN MEEUS

SKRIPSI

Oleh :

Agus Minanur Rohman

NIM. 12650118

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 27 Juni 2016

Ketua Penguji	:	<u>A'la Syauqi, M.Kom</u> NIP. 19771201 200801 1 007	()
Penguji Utama	:	<u>Irwan Budi Santoso, M.Kom</u> NIP. 19770103 201101 1 004	()
Anggota Penguji	:	<u>Dr. M. Amin Hariyadi, M.T</u> NIP. 19670118 200501 1 001	()
Sekretaris Penguji	:	<u>Dr. Cahyo Crysdian</u> NIP. 19740424 200901 1 008	()

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

**PERNYATAAN PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agus Minanur Rohman
NIM : 12650118
Fakultas/Jurusan : Sains Dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Penelitian : Visualisasi Gerak Semu Bulan dan Matahari serta
Pengaruhnya Terhadap Pasang Surut Air Laut
Menggunakan Algoritma Jean Meeus

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 15 Juni 2016
Yang membuat pernyataan,

Agus Minanur Rohman
NIM. 12650116

HALAMAN MOTTO

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

*“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat
bagi manusia”*

(HR. Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruqutni)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur seraya mengharap ridho ilahi

Kupersembahkan karya ini kepada:

Ayahanda dan Ibunda tercinta

Irfan dan Almh. Wasi'ah

Bondo dan Almh. Rofi'ah

Atas Segalanya.

Kepada teman seperjuanganku Cendana Syukriyah, Dzia Ul-Haq, Halimatus Sadiyah, Luvy Luthfinah, Finda, Aji Suprpto, dan Evi Zakiyah yang selalu bersama-sama dan saling mengingatkan jika lalai.

Kepada sahabat seataap Yaqin, Afif, Rizki, Abid, dan Faqih yang selalu berbagi kebahagiaan dalam suka dan duka.

Kepada para sahabat TI angkatan 2012, yang selalu ada untuk membantu sesama.

Dan kepada teman-temanku semua yang tidak bisa kusebutkan satu persatu yang selalu membantuku dan menyemangatiku disaat susah dan terpuruk,

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam, karena atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Visualisasi Gerak Semu Bulan dan Matahari serta Pengaruhnya Terhadap Pasang Surut Air Laut Menggunakan Algoritma Jean Meeus” dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada tauladan terbaik Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya dari zaman kebodohan menuju Islam yang *rahmatan lil alamiin*.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik secara moril, nasihat dan semangat maupun materiil. Atas segala bantuan yang telah diberikan, penulis ingin menyampaikan doa dan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Dr. Cahyo Crysdian, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, dan mengarahkan dan memberi masukan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini hingga akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Amin Hariyadi, M.T, selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberi masukan dan nasihat serta petunjuk dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ayah, Ibu serta keluarga besar tercinta yang selalu memberi dukungan yang tak terhingga serta doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis.

4. Bapak Dr. Cahyo Crysdiyan, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang sudah memberi banyak pengetahuan, inspirasi dan pengalaman yang berharga.
5. Segenap Dosen Teknik Inforamtika yang telah memberikan bimbingan keilmuan kepada penulis selama masa studi.
6. Teman – teman seperjuangan Teknik Informatika angkatan 2012.
7. Para peneliti yang telah mengembangkan metode *Jean Meeus* yang menjadi acuan penulis dalam pembuatan skripsi ini. Serta semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu satu. Terima kasih banyak.

Berbagai kekurangan dan kesalahan mungkin pembaca temukan dalam penulisan skripsi ini, untuk itu penulis menerima segala krikrit dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Semoga apa yang menjadi kekurangan bisa disempurnakan oleh peneliti selanjutnya dan semoga karya ini senantiasa dapat memberi manfaat. Amim. *Wassalamualaikum Wr. Wb*

Malang, 14 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II	7
KAJIAN PUSTAKA	7

2.1	Pasang Surut	7
2.1.1	Pengertian Pasang Surut	7
2.1.2	Tipe Pasang Surut	8
2.1.3	Gaya Pembangkit Pasang Surut	10
2.2	Teori Keseimbangan	15
2.2	Data Ephemeris dan Metode Jean Meeus.....	17
BAB III.....		23
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI.....		23
3.1	Desain Penelitian	23
3.1.1	Sumber Data	23
3.1.2	Lokasi Penelitian.....	23
3.1.3	Prosedur Penelitian	24
3.1.4	Desain Sistem	26
3.2	Implementasi Metode	31
3.2.1	Konversi Waktu	32
3.2.2	Hitung Nutasi dan Kemiringan Bumi	35
3.2.3	Hitung Ephemeris Matahari.....	39
3.2.4	Menghitung Ephemeris Bulan	44
4.2.5	Menghitung gaya pasang surut	54
BAB IV		57
UJI COBA DAN PEMBAHASAN.....		57
4.1	Langkah Uji Coba	57
4.2	Hasil Uji Coba	60
4.3.1	Hasil Uji Coba Perhitungan Data Ephemeris	61
4.3.2	Hasil Uji Coba Perhitungan Ketinggian Pasang Surut	65
4.3	Pembahasan	69
4.4	Integrasi Penelitian dengan Al-Qur'an.....	75

BAB V.....	80
KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82



DAFTAR GAMBAR

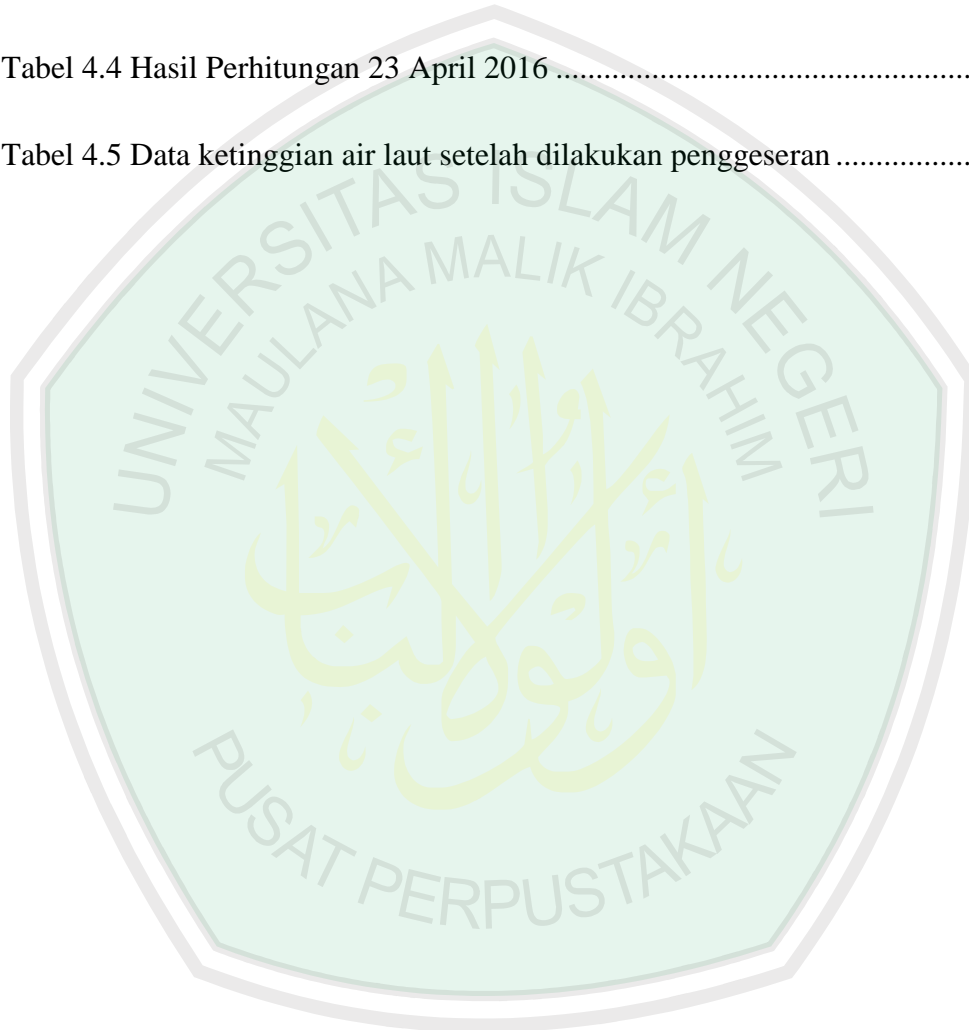
Gambar 2.1 Terjadi perbedaan tipe pasang surut di berbagai benua	8
Gambar 2.2 Tipe pasang surut harian tunggal	9
Gambar 2.3 Tipe pasang surut harian ganda.....	9
Gambar 2.4 Tipe pasang surut campuran.....	10
Gambar 2.5 Muncul tonjolan akibat gravitasi dan sentrifugal.....	11
Gambar 2.6 Kondisi <i>New Moon</i> terjadi <i>Spring Tide</i>	12
Gambar 2.7 Kondisi <i>Full Moon</i> terjadi <i>Spring Tide</i>	12
Gambar 2.8 Kondisi <i>First Quarter</i> terjadi <i>Neep Tide</i>	13
Gambar 2.9 Kondisi <i>Third Quarter</i> terjadi <i>Neep Tide</i>	13
Gambar 2.10 Arah gaya sentrifugal dan gaya tarik bulan yang bekerja	14
Gambar 2.11 Tahapan Algoritma <i>Jean Meeus</i> untuk Perhitungan <i>Ephemeris</i>	19
Gambar 3.1 Prosedur penelitian.....	24
Gambar 3.2 Desain Sistem.....	26
Gambar 3.3 Sistem koordinat ekuator.....	28
Gambar 3.4 Visualisasi sudut fase bulan dan iluminasi bulan.....	29
Gambar 3.5 Penyekalaan langit serta koordinat bulan dan matahari	30
Gambar 3.6 Penggambaran objek pada koordinat yang ditentukan.....	31
Gambar 3.7 Visualisasi ketinggian air laut dalam 24 Jam.....	31
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> menghitung nilai $\Delta\psi$ (koreksi nutasi).....	36

Gambar 3.9 <i>Sourcecode</i> menghitung nilai $\Delta\psi$ (koreksi nutasi).....	37
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> menghitung nilai $\Delta\varepsilon$ (koreksi epsilon).....	38
Gambar 3.11 <i>Sourcecode</i> menghitung nilai (epsilon).....	39
Gambar 3.12 Perhitungan data ephemeris Matahari	40
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> menghitung koreksi L, B dan R	41
Gambar 3.14 <i>Flowchart</i> menghitung Sigma Koreksi.....	42
Gambar 3.15 <i>Sourcecode</i> fungsi <i>sigmaKoreksi</i>	43
Gambar 3.16 <i>Sourcecode</i> menghitung koreksi L, B dan R Matahari	43
Gambar 3.17 Perhitungan data <i>ephemeris</i> Bulan	45
Gambar 3.18 <i>Flowchart</i> perhitungan nilai bujur bulan.....	48
Gambar 3.19 <i>Sourcecode</i> perhitungan nilai	49
Gambar 3.20 <i>Sourcecode</i> perhitungan nilai bujur bulan.....	49
Gambar 3.21 <i>Flowchart</i> perhitungan nilai lintang bulan	50
Gambar 3.22 <i>Sourcecode</i> perhitungan nilai lintang bulan	51
Gambar 3.23 <i>Flowchart</i> perhitungan nilai jarak bulan.....	52
Gambar 3.24 <i>Sourcecode</i> perhitungan nilai jarak bulan	53
Gambar 3.25 <i>Sourcecode</i> perhitungan ketinggian air laut	56
Gambar 3.26 <i>Sourcecode</i> perhitungan resultan ketinggian air laut	56
Gambar 4.1 Antarmuka menu aplikasi.....	57
Gambar 4.2 Antarmuka pengaturan	58

Gambar 4.3 Antarmuka informasi perhitungan data ephemeris	65
Gambar 4.4 Antarmuka visualisasi pergerakan matahari dan bulan.....	60
Gambar 4.5 Hasil Perhitungan Ketinggian Air	65
Gambar 4.6 Hasil Observasi dan Perhitungan Ketinggian Air	66
Gambar 4.7 Perbandingan Observasi dan Perhitungan Ketinggian Air.....	67
Gambar 4.8 Pola ketinggian air laut hasil perhitungan.....	70
Gambar 4.9 Pergeseran pasang terendah dan surut tertinggi	71
Gambar 4.10 Hasil pergeseran data hasil perhitungan ketinggian air laut.....	72
Gambar 4.11 Hasil pergeseran perhitungan ketinggian air laut 23 April	73

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Perbandingan hasil pengujian tanggal 7 Maret 2016	62
Tabel 4.2 Perbandingan hasil pengujian tanggal 8 Maret 2016	63
Tabel 4.3 Perbandingan hasil pengujian tanggal 9 Maret 2016	64
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan 23 April 2016	67
Tabel 4.5 Data ketinggian air laut setelah dilakukan penggeseran	74



ABSTRAK

Rohman, Agus Minanur. 2016. **Visualisasi Gerak Semu Bulan dan Matahari serta Pengaruhnya Terhadap Pasang Surut Air Laut Menggunakan Algoritma Jean Meeus**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (I) Dr. Cahyo Crysdiyan, (II) Dr. M. Amin Hariyadi, M.T

Kata kunci: Pasang Surut, Algoritma *Jean Meeus*, Data *ephemeris*, *VSOP87*, *ELP-2000*.

Indonesia mempunyai wilayah perairan yang luas, wilayah perairan Indonesia mencapai 62% serta menjadi Negara dengan garis pantai terpanjang ke-2 di dunia. Hal tersebut membuka peluang nelayan untuk mendapatkan tangkapan ikan yang lebih besar. Namun, produktivitas nelayan tersebut dipengaruhi oleh cuaca ekstrem dan perubahan ketinggian air laut. Pengetahuan tentang pola waktu pasang surut memudahkan nelayan dalam memilih waktu penangkapan ikan yang tepat. Penggunaan metode prediksi seperti *admiralty*, *least square* serta *Neural Network* membutuhkan data pengamatan untuk proses pembelajaran. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan metode *Jean Meeus* untuk penentuan posisi benda langit guna proses prediksi ketinggian air laut. Hasil penelitian ini menunjukkan metode *Jean Meeus* sangat akurat untuk menghitung posisi koordinat benda langit. Akurasi yang didapat dari hasil percobaan adalah 99.57%. Dari hasil uji coba perhitungan ketinggian air laut di PPN Brondong menunjukkan penggunaan data *ephemeris* Matahari dan Bulan untuk menghitung pengaruh ketinggian air laut memiliki akurasi sebesar 83.28%. Dari hasil percobaan tersebut diperoleh bahwa terjadi perlambatan kedatangan gelombang pasang surut selama 3 hari dari kondisi *ideal*. Dengan melakukan pergeseran akibat terjadi keterlambatan gelombang, meningkatkan akurasi prediksi ketinggian air laut menjadi 91.3%.

ABSTRACT

Rohman, Agus Minanur. 2016. **Visualisation of Moon and Sun's Apparent Motion and its Effects to Tidal of Seawater Using *Algoritma Jean Meeus***. Thesis. Informatic Engineering Department. Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.

Advisors: (I) Dr. Cahyo Crysdian, (II) Dr. M. Amin Hariyadi, M.T

Key words: Tidal wave, *Jean Meeus Algorithms*, *ephemeris* data, VSOP87, ELP-2000.

Indonesia has a large territorial waters, it is almost 62% of Indonesia territorial covered by waters. In addition, that Indonesia is the second country which has the longest coastline in the world gives the opportunity for the fishermen to catch more fish in the sea. However, the productivity of fishermen's catch is influenced by the change of extreme weather and also elevation of the seawater. Knowledge about the wave patterns time will make the fishermen easier to choose a good time for fishing. The use of prediction methods such as *admiralty*, *least square*, and *neural networks* requires observation data for learning process. Therefore, in this research, *Jean Meeus Algorithm* method was used to determine the position of the object to predict the altitude of the sea water. The results of this research indicate that the *Jean Meeus Algorithm* is very accurate to calculate the position of the celestial coordinates. Based on the experiment, it shows 99.57% accurate. From the experiment of the altitude of the seawater's calculation in PPN Brondong which shows the *ephemeris* data usage of the Sun and the moon to calculate the influence of seawater is 83.28% accurate. From the results of the experiment, it is acquired that delays of the advent of waves happened during 3 days from the ideal conditions. As the result of the shift which occurred because of the delay in the waves, it increase the accuracy of the predictions of seawater to an altitude of 91.3%.

ملخص

رحمان، أغوس ميناوور. ٢٠١٦. التخييل "الحركة الظاهر" للشمس والقمر وآثاره للمد والجزر لمياه البحر باستخدام جان موس الخوارزمية. أطروحة. قسم الهندسة المعلوماتية. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الدولية الإسلامية في مالانغ.

المستشارون: (I) الدكتور كيو كريسيديان، (II) الدكتور محمد أمين هاريادي

الكلمات الرئيسية: موجة المد والجزر، "جان ميوس الخوارزميات"، بيانات التقويم الفلكي

VSOP87، ELP-2000

إندونيسيا مياهها الإقليمية كبيرة، وهو 62 في المائة تقريبا من أراضي إندونيسيا تغطيها المياه. وبالإضافة إلى ذلك، أن إندونيسيا هي الدولة الثانية التي لها أطول خط ساحلي في العالم يتيح الفرصة للصيادين لصيد الأسماك أكثر في البحر. ومع ذلك، يتأثر إنتاجية الصيد لصيادي السمك تغيير الطقس المتطرفة، وكذلك ارتفاع مياه البحر. معرفة الوقت أنماط موجة سوف تسهل الصيادين لاختيار وقت المناسب للصيد. يتطلب استخدام أساليب التنبؤ مثل الاميرالية، الشبكات المربعة، والعصبية أقل بيانات رصد لعملية التعلم. ولذلك، في هذا البحث، استخدمت طريقة جان موس الخوارزمية لتحديد موضع الكائن إلى توقع ارتفاع مياه البحر. نتائج هذه البحوث تشير إلى أن الخوارزمية موس جان دقيق جداً لحساب موقف الإحداثيات السماوية. استناداً إلى التجربة، فإنه يظهر 99.57% دقيقة. من تجربة ارتفاع الحساب لمياه البحر في برونونج PPN الذي يوضح استخدام بيانات التقويم الفلكي للشمس والقمر لحساب تأثير مياه البحر هو 83.28% دقيقة. من نتائج هذه التجربة، يكتسب أن تأخير ظهور موجات حدث خلال 3 أيام من الظروف المثالية. ونتيجة للتحويل الذي حدث بسبب التأخير في الأمواج، زيادة دقة التنبؤات لمياه البحر لارتفاع 91.3 في المائة

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara kepulauan, terdiri atas luas daratan 1,9 juta km persegi, laut teritorial 0,3 juta km persegi dan perairan kepulauan seluas 2,8 juta km persegi, sehingga perairan menjadi wilayah dengan presentase terbesar yang menyelimuti bumi dengan presentase lebih-kurang 62% (Zulkarnain, 2013). Disamping itu, Indonesia juga mempunyai wilayah dengan garis pantai terpanjang di dunia yaitu lebih-kurang 81.000 km (Nontji, 2005). Hal ini mengindikasikan bahwa Indonesia mempunyai peluang besar untuk mengoptimalkan pendapatan negara dari sektor perairan dan perikanan, seperti yang dipublikasikan oleh dinas kelautan dan perikanan tahun 2015 bahwa potensi pendapatan dari sektor kelautan mencapai Rp. 25 Triliun. Dengan begitu, luas wilayah perairan akan memberikan keuntungan tersendiri bagi nelayan karena dengan kondisi tersebut membuka peluang lebih banyak bagi ikan dan ekosistem biota laut untuk mendiami wilayah perairan Indonesia. Namun kegiatan produksi nelayan masih bergantung pada kondisi eksternal dari lautan. Perubahan suhu dan keasaman laut, meningkatnya frekuensi dan intensitas cuaca ekstrim serta kenaikan permukaan air laut menjadi kendala tersendiri bagi para nelayan (Patriana, 2013). Perubahan ketinggian air laut atau peristiwa pasang surut bukan hanya dipengaruhi oleh besar tarikan gaya pasang surut namun juga dipengaruhi oleh keadaan geografi, gesekan pada dasar laut, kedalaman dan kondisi topologi relief dasar laut di lokasi tersebut (Siregar, 2012).

Pasang surut merupakan fenomena periodik naik dan turunnya permukaan air laut (Mahoney, 2003) yang diakibatkan oleh pengaruh dari kombinasi gaya gravitasi bulan serta matahari terhadap bumi. Fenomena ini dapat diketahui melalui pendekatan perhitungan gaya gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi (Gaya Pasang Surut). Dwiponggo (1972) dalam Nurmila (2008) mengatakan bahwa jenis ikan tertentu akan bergerak mengikuti arus pada waktu pasang sehingga pasang surut menjadi faktor penentu bagi nelayan untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan. Dengan mengetahui waktu pasang-surut air laut akan memudahkan nelayan dalam memilih waktu penangkapan ikan yang tepat.

Sejauh ini proses penyediaan data ketinggian air laut masih dilakukan secara konvensional yaitu dengan melakukan pengukuran ketinggian air laut secara berkala dan periodik setiap waktu tertentu. Hal ini memberikan kendala tersendiri terutama di daerah yang belum memiliki alat yang memadai untuk melakukan pencatatan ketinggian air laut setiap waktu, sedangkan proses distribusi data ketinggian air laut harus terus dilakukan agar para nelayan bisa memperoleh hasil penangkapan ikan yang maksimal. Banyak metode yang telah dicoba oleh para peneliti sebelumnya untuk memecahkan permasalahan ini diantaranya adalah dengan melakukan prediksi ketinggian air laut, tentunya proses prediksi ini juga membutuhkan data dari hasil pengamatan sebagai media pembelajaran metode yang diterapkan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui waktu pasang surut adalah dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan (ANN). Data pasang-surut dari hasil pengukuran secara berkala dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran jaringan syaraf tiruan, namun kebutuhan data pengukuran ketinggian

pasang surut menjadi kendala tersendiri karena data tersebut dibutuhkan terlebih dahulu sebelum dilakukan proses prediksi. Rentang waktu yang dibutuhkan untuk pengukuran setiap jam-nya sedikitnya selama 1 fase umur bulan yaitu 29 sampai 30 hari. Metode lain yang dapat digunakan untuk mengukur ketinggian air laut adalah dengan melakukan pendekatan perhitungan gaya pasang-surut menggunakan data *ephemeris* (data posisi koordinat dan jarak benda langit) bulan dan matahari, metode ini tidak membutuhkan data-data hasil pengukuran pasang-surut sehingga dapat dilakukan perhitungan langsung tanpa melakukan proses observasi terlebih dahulu.

Peredaran bulan dan matahari dapat dimanfaatkan dalam banyak hal, semakin dalam para peneliti melakukan studi tentang peredaran bulan dan matahari serta objek langit lainnya maka akan memberi lebih banyak manfaat bagi manusia. Seperti yang disebutkan dalam Al-Qur'an dalam surat Al-Anbiyâ' ayat 33.

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ ۗ كُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ

Artinya: "Dan Dialah yang telah menciptakan malam dan siang, matahari dan bulan. Masing-masing dari keduanya itu beredar di dalam garis edarnya".

Dalam tafsir Al-Misbah dijelaskan bahwa surat Al-Anbiya' mengisyaratkan kepada kita bahwa Allah-lah yang menciptakan malam, siang, matahari dan bulan. Semua itu berjalan pada tempat yang telah ditentukan Allah dan beredar pada porosnya masing-masing yang tidak akan pernah melenceng dari garis edarnya. Dalam tafsir jalalain memberikan penekanan pada ungkapan yang menggunakan Tasybih, maka didatangkanlah *dhamir* bagi orang-orang yang berakal.

Manfaat lain yang dapat diambil dari peredaran matahari dan bulan adalah dapat digunakan sebagai alat hitung dengan menghitung posisi bulan dan matahari (data *ephemeris*). Melalui data *ephemeris* ini gaya pasang surut bulan dan matahari terhadap bumi dapat dihitung sehingga dapat digunakan untuk memprediksi ketinggian air laut. Metode yang bisa digunakan untuk menghitung data *ephemeris* tersebut diantaranya adalah Algoritma Brown, Algoritma Jean Meeus, *VSOP87 Theory*, sedangkan metode yang cukup akurat dan cepat untuk perhitungan data *ephemeris* bulan dan matahari adalah metode reduksi *VSOP87* dan *ELP2000-82* yaitu algoritma Jean Meeus (Anugraha, 2012).

Penelitian yang dilakukan Mulyana dan Yel (2012) terkait dengan perhitungan data *ephemeris* untuk menentukan permulaan bulan Qamariah masih pada tahapan menyediakan data *ephemeris* dalam bentuk tabel informasi dan belum tersedia tampilan untuk memvisualisasikan pergerakan bulan dan matahari secara *realtime*, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk membangun program yang mampu memvisualisasikan pergerakan bulan dan matahari untuk membantu proses pengamatan astronomi. Menyediakan data *ephemeris* setiap saat akan membantu dalam proses visualisasi pergerakan bulan dan matahari serta menghitung pengaruh gaya pembangkit pasang surut terhadap ketinggian permukaan air laut. Ketersediaan data pasang surut yang cepat dan akurat akan memberi dampak positif bagi nelayan sehingga diharapkan dengan penelitian ini mampu membangun sebuah program yang dapat memberikan solusi untuk permasalahan ketersediaan alat visualisasi pergerakan bulan dan matahari serta menyediakan data terkait perubahan ketinggian air laut secara *real time*.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka masalah penelitian yang diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Seberapa akurat visualisasi pergerakan bulan dan matahari jika ditentukan menggunakan data *ephemeris* berbasis algoritma Jean Meeus?
2. Seberapa akurat prediksi ketinggian air laut jika ditentukan menggunakan data *ephemeris* berbasis algoritma Jean Meeus?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat penyebab tinggi rendahnya ketinggian air laut sangat banyak maka perlu diberikan batasan agar penelitian menjadi fokus:

1. Melakukan perhitungan pada gaya pasang surut bulan dan matahari dan mengabaikan pengaruh keadaan geografi, gesekan pada dasar laut, kedalaman, relief dasar laut dan viskositas air.
2. Data yang digunakan untuk pengujian keakuratan perhitungan pasang surut air laut dibatasi pada tahun 2016 saja dan data sampel diambil di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Brondong.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian kali ini adalah untuk menjawab rumusan masalah, tujuannya adalah:

1. Mengukur akurasi visualisasi pergerakan bulan dan matahari jika ditentukan menggunakan data *ephemeris* berbasis algoritma Jean Meeus.
2. Mengukur akurasi prediksi ketinggian air laut jika ditentukan menggunakan data *ephemeris* berbasis algoritma Jean Meeus.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat memvisualisasikan pengaruh pergerakan bulan dan matahari terhadap pasang-surut air laut sehingga dapat diketahui ketinggian air laut di waktu mendatang.
2. Menambah khasanah keilmuan tentang perhitungan ketinggian pasang surut air laut melalui perhitungan *ephemeris* bulan dan matahari tanpa harus menyediakan data hasil pengukuran (observasi) ketinggian laut sebelumnya.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pasang Surut

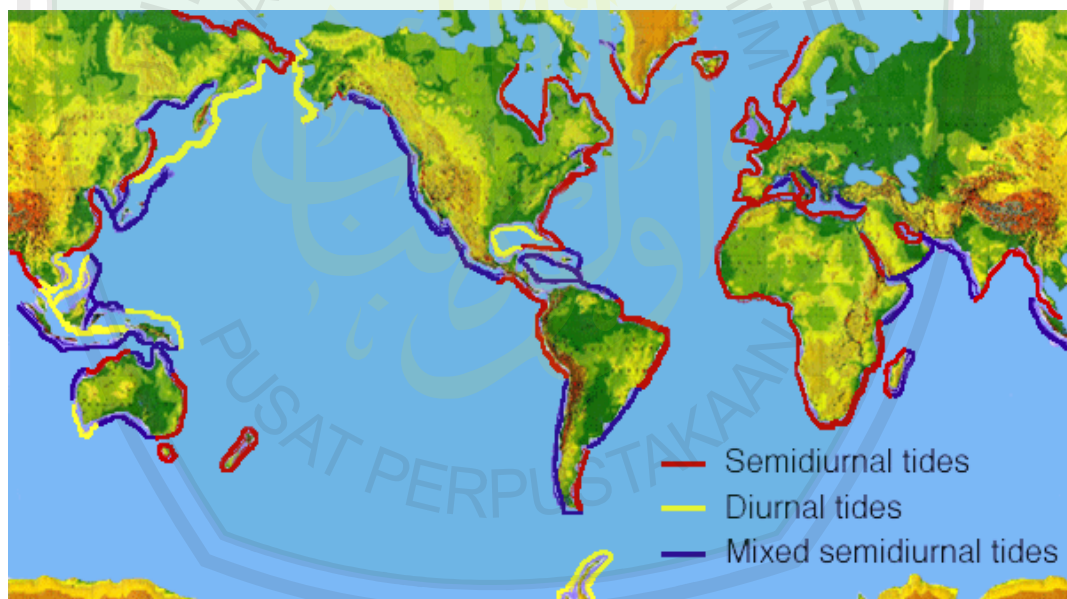
2.1.1 Pengertian Pasang Surut

Pasang surut mempunyai hubungan yang erat terhadap pengaruh gaya gravitasi benda-benda langit khususnya bulan dan matahari. Menurut Pariwono (1989), fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Sedangkan menurut Dronkers (1964) pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Pond dan Pickard (1983) dalam Rufaida (2008) menjelaskan peristiwa naik turunnya muka air adalah periodik dengan rata-rata periodenya 12,4 jam yang terkadang di beberapa tempat mempunyai periode 24,8 jam.

Untuk mengetahui posisi titik pasut terendah atau tertinggi di suatu wilayah pengamatan pasut yang ideal dilakukan adalah selama 18,6 tahun (Dahuri et al., 1996; Djunarsjah, 2007; Malik, 2007). Selain faktor astronomi, terdapat faktor lain yang mempengaruhi ketinggian air. (Soebyakto, 2009) Faktor non astronomi yang mempengaruhi pasut terutama di perairan semi tertutup adalah bentuk garis pantai dan topografi dasar perairan.

2.1.2 Tipe Pasang Surut

Jika bumi berbentuk bola sempurna tanpa benua besar, semua area di bumi akan mengalami dua macam tinggi dan rendah dengan porsi ketinggian yang sama dalam sehari, namun benua besar di bumi memblokir arus pasang surut karena pengaruh perputaran bumi. Menurut (Sumich, J.L, 1996) Air laut tidak dapat bergerak bebas di seluruh dunia, pasang menetapkan pola kompleks dalam setiap cekungan samudera yang menjadikan perbedaan ketinggian pasang surut yang berbeda ditempat yang berbeda. Perbedaan ketinggian pasang surut juga terjadi di beberapa daerah di Indonesia, hal ini menjadikan periodisasi tipe pasang surut yang bergantung pada cekungan samudera di Indonesia.

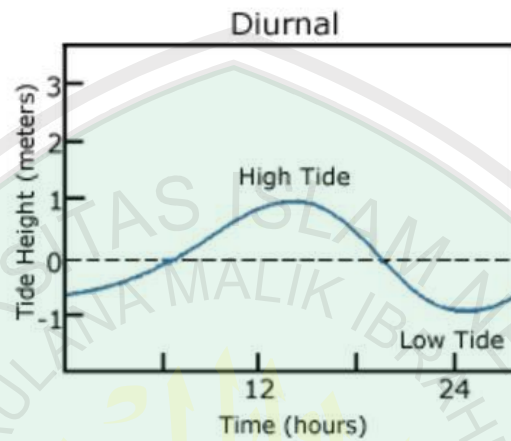


Gambar 2.1 Terjadi perbedaan tipe pasang surut di berbagai benua

(Sumber: www.oceanservice.noaa.gov)

Menurut Wyrcki (1961), pasang surut di Indonesia dibagi menjadi 4 tipe yaitu: Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide diurnal*) dan pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide semidiurnal*).

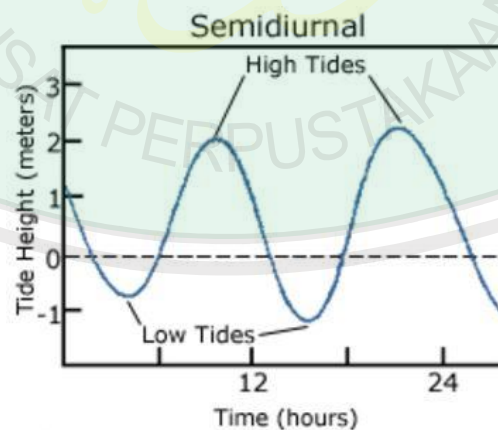
1. Tipe pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*) merupakan tipe pasang surut yang terjadi dalam periode harian, dalam satu hari (24 jam 50 menit) terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Secara skematik dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 2.2 Tipe pasang surut harian tunggal (Sumber: www.oceanservice.noaa.gov)

2. Pasang surut tipe harian ganda (*semi diurnal tide*)

Pada tipe pasang surut ini terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari, mempunyai periode 12 jam 24 menit. Periode



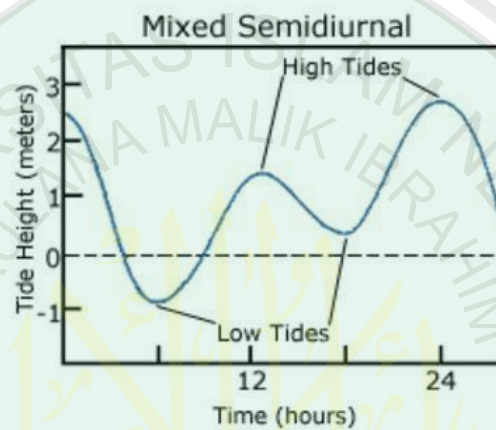
Gambar 2.3 Tipe pasang surut harian ganda (Sumber: www.oceanservice.noaa.gov)

3. Pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide diurnal*) tipe pasang surut ini hampir sama dengan tipe pasang surut harian tunggal yang

terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari namun mempunyai periode yang berbeda.

4. Pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide semidiurnal*).

Tipe pasang surut ini hampir sama dengan tipe pasang surut diurnal yang terjadi dua kali pasang dan surut dalam sehari namun mempunyai ketinggian yang dan periode yang berbeda.

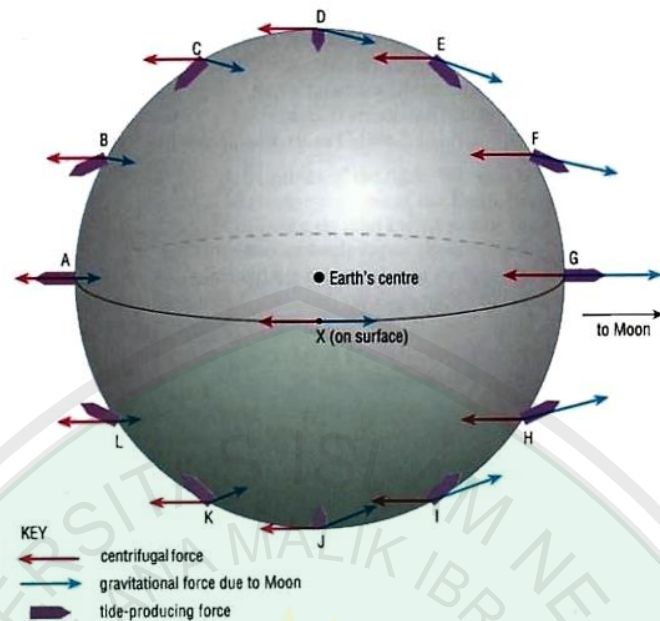


Gambar 2.4 Tipe pasang surut campuran

(Sumber: www.oceanservice.noaa.gov)

2.1.3 Gaya Pembangkit Pasang Surut

Gejala pasang surut yang terjadi diakibatkan oleh gaya pembangkit pasang surut, yang pembangkit ini dapat diketahui melalui gerakan bulan dan matahari terhadap bumi. Tiga gerakan utama yang perlu diperhatikan dalam peristiwa pasang surut adalah gerakan rotasi bumi pada sumbunya, orbit bulan mengelilingi bumi dan orbit bumi mengelilingi matahari. Khasanah (2014) menjelaskan bahwa gaya pembangkit pasang surut merupakan gaya tarik bulan, matahari dan gaya sentrifugal yang mempertahankan kesetimbangan dinamik pada seluruh sistem yang ada.

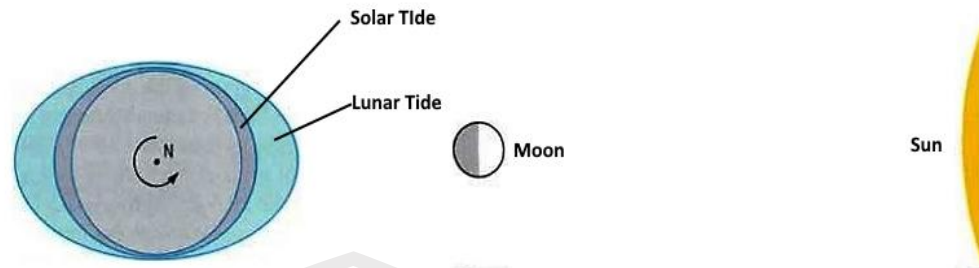


Gambar 2.5 Muncul tonjolan akibat gravitasi dan sentrifugal

(Sumber: The Open University 1999)

Prakoso, Y. (2015) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa gaya tarik menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (bulge) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, yaitu sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari. Fraga, M. (2015) menjelaskan bahwa terjadi perbedaan ketinggian permukaan air laut pada kondisi kedudukan-kedudukan tertentu dari bumi bulan dan matahari. Saat posisi *Spring* yaitu kondisi dimana matahari, bumi, dan bulan berada pada kedudukan segaris, yaitu terjadi pada saat *new moon*, dan *full moon*. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.

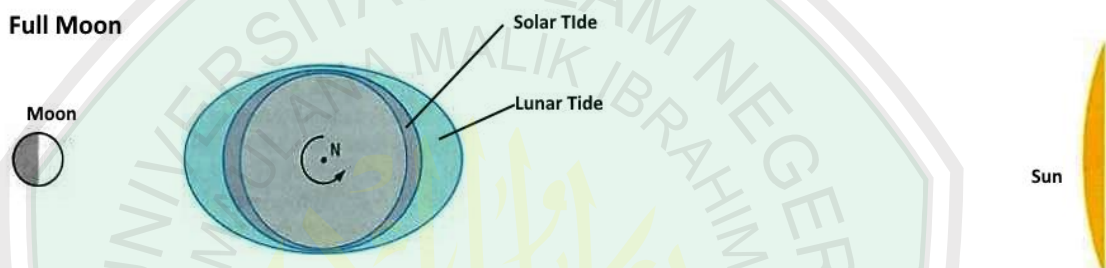
New Moon



Gambar 2.6 Kondisi *New Moon* terjadi *Spring Tide*

(Sumber: The Open University 1999)

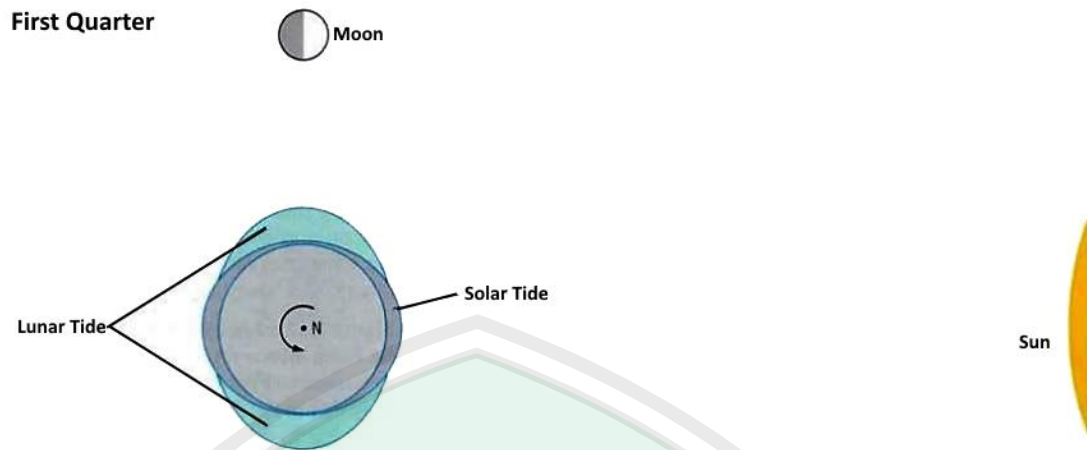
Full Moon



Gambar 2.7 Kondisi *Full Moon* terjadi *Spring Tide*

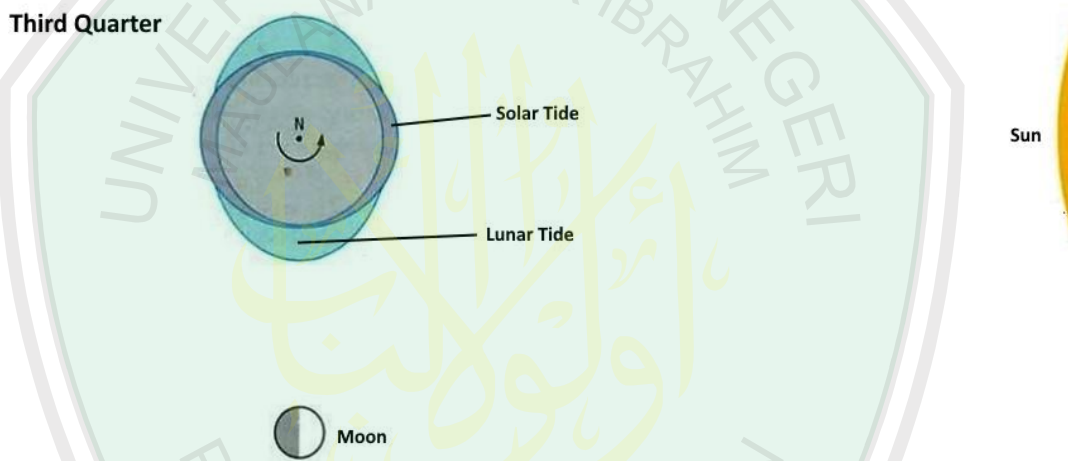
(Sumber: The Open University 1999)

Pada Gambar 2.6 dan 2.7 terjadi fenomena pasang surut purbani atau *Spring Tide* dimana terjadi pasang tertinggi dan surut terendah akibat gaya gravitasi dari bulan dan matahari saling menguatkan, sehingga menimbulkan terjadinya pasang yang lebih tinggi dan surut yang lebih rendah di titik lain. Kedudukan yang lain terjadi kebalikan dari *Spring* adalah *Neep*. *Neep* merupakan kondisi dimana kedudukan matahari tegak lurus dengan sumbu bumi dan bualan maka terjadi pasang surut minimum pada titik di permukaan bumi yang tegak lurus dengan sumbu bumi-bulan. Kondisi ini terjadi di perempat bulan awal dan perempat bulan akhir, seperti yang terlihat pada Gambar 2.8 dan Gambar 2.9.



Gambar 2.8 Kondisi *First Quarter* terjadi *Neap Tide*

(Sumber: The Open University 1999)

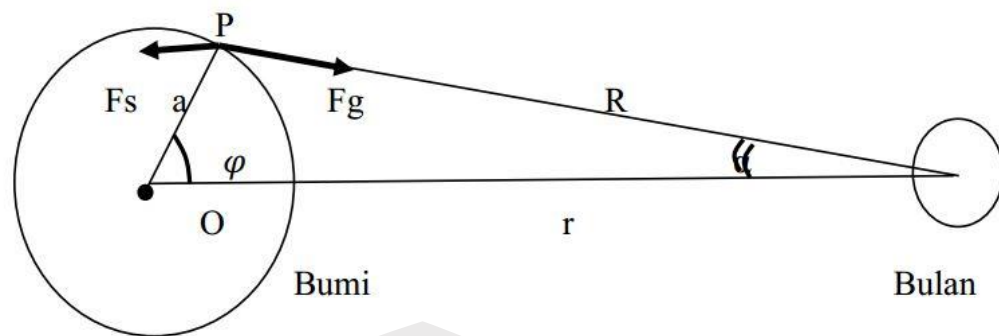


Gambar 2.9 Kondisi *Third Quarter* terjadi *Neap Tide*

(Sumber: The Open University 1999)

Kedudukan pada Gambar 2.8 dan 2.9 disebut pasut mati yaitu terjadi pasang surut minimum akibat gaya gravitasi bulan dan matahari saling mengurangi.

Dari berbagai fenomena pasang surut *Spring* dan *Neap* pada penjelasan sebelumnya, maka arah gaya sentrifugal (F_s) dan gaya pembangkit (F_g) mempunyai arah yang berlawanan. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Arah gaya sentrifugal dan gaya tarik bulan yang bekerja

(Sumber: Fragal, M. 2015)

Gambar 2.10 menjelaskan bagaimana gaya sentrifugal dan gaya gravitasi yang bekerja terhadap permukaan laut. Peristiwa gaya tarik tersebut dinamakan gaya pembangkit pasut (*Tide Generating Force*), akibat gaya tarik benda langit ini timbul beberapa gaya pembangkit pasang surut. Mihardja (Ongkosongo, 1989), merumuskan besar elevasi pasang-surut (η) adalah sebagai penjumlahan dari elevasi pasut faktor astronomi, elevasi pasut akibat faktor meteorologi, seperti tekanan udara dan angin, dan elevasi pasut yang ditimbulkan oleh efek gesekan dasar laut atau dasar perairan. Sehingga faktor astronomis berpengaruh terhadap ketinggian air. Untuk menghitung faktor astronomi Vanicek merumuskan pengaruh astronomi terhadap pasang surut sebagai berikut (Vanicek, 1975):

$$T = \frac{3}{4} \kappa M \frac{a^2}{\rho^3} \sin 2\phi \sin 2\delta \cos t$$

dimana:

k = Konstanta universal gravitasi

M = Massa bulan

a = Radius Bumi

p = Jarak pusat bumi dengan pusat bulan

ϕ = Lintang pengamat

- δ = Deklinasi bulan
 t = Sudut jam (*hour angle*)

2.2 Teori Keseimbangan

Sir Isaac Newton (1642-1727) pertama kali memperkenalkan teori keseimbangan yang dapat diterapkan untuk memodelkan ketinggian air laut, teori ini didasarkan kepada teori gaya keseimbangan akibat gaya gravitasi dan gaya sentrifugal yang bekerja. Teori ini menerangkan sifat-sifat pasang surut, yang mengasumsikan pada bumi ideal berbentuk bulat sempurna yang seluruh permukaannya ditutupi oleh air dengan distribusi massa yang seragam dan pengabaian terhadap pengaruh kelembaman (*Inertia*). Aplikasi Hukum Newton untuk gaya pembangkit pasang surut di permukaan bumi dalam kondisi yang ideal hanya mempertimbangkan efek dari gaya tarik bulan dan matahari terhadap permukaan bumi yang hampir seluruhnya penuh dengan air sehingga menghasilkan pasut yang ideal (*equilibrium tide*). Pasang surut laut merupakan resultan dari gaya gravitasi bulan dan gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi akibat revolusi bumi-bulan yang mengelilingi sumbu bersama. Setiap titik di permukaan bumi akan dipengaruhi oleh gaya sentrifugal, gaya ini memiliki besar yang sama di setiap titik di permukaan bumi.

Newton menjelaskan gaya pembangkit pasang surut melalui hukum *Universal Gravity*. Teori ini menyatakan bahwa dua benda dengan massa dan jarak tertentu akan mengalami gaya tarik-menarik, gaya ini dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.1.

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2} \quad (2.1)$$

Keterangan:

F : Gaya tarik-menarik antara dua benda

G : Konstanta gaya tarik = $6.67 \times 10^{-11} \text{ N kg}^{-2} \text{ m}^{-2}$

m_1 : Massa benda (1)

m_2 : Massa benda (2)

r_2 : Jarak antara pusat benda (1) dan pusat benda (2)

Gaya sentrifugal memiliki besar yang sama di setiap titik yang arah dari gaya ini selalu menjauh dari pusat bulan. Newton menjelaskan gaya sentrifugal menggunakan persamaan. 2.2.

$$F_s = G \frac{M_m}{r^2} \quad (2.2)$$

Sehingga gaya pembangkit pasang surut dapat diketahui melalui resultan dari gaya gravitasi oleh bulan dan gaya sentrifugal yang dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.3.

$$F_{pp} = F_g + F_s \quad (2.3)$$

$$F_{pp} = G \frac{M_m}{R^2} - G \frac{M_m}{r^2} \quad (2.4)$$

Keterangan:

F_g : Gaya tarik bulan

F_s : Gaya sentrifugal di permukaan bumi

F_{pp} : Gaya pembangkit pasang surut

G : Konstanta gaya tarik = $6.67 \times 10^{-11} \text{ N kg}^{-2} \text{ m}^{-2}$

M_m : massa bulan

R : Jarak antara suatu titik di permukaan bumi dengan pusat bulan

r : Jarak antara pusat benda (1) dan pusat benda (2)

Teori pasang surut setimbang dengan kondisi ideal pada rumusan 2.4 pada kenyataannya tidak pernah terjadi, hal tersebut terjadi karena ketidaksesuaian kondisi muka bumi dan laut yang sebenarnya dari kondisi ideal akan menyebabkan terjadinya perubahan amplitudo serta keterlambatan fase setiap komponen harmonik pasut (Khasanah, 2014).

2.2 Data *Ephemeris* dan Metode Jean Meeus

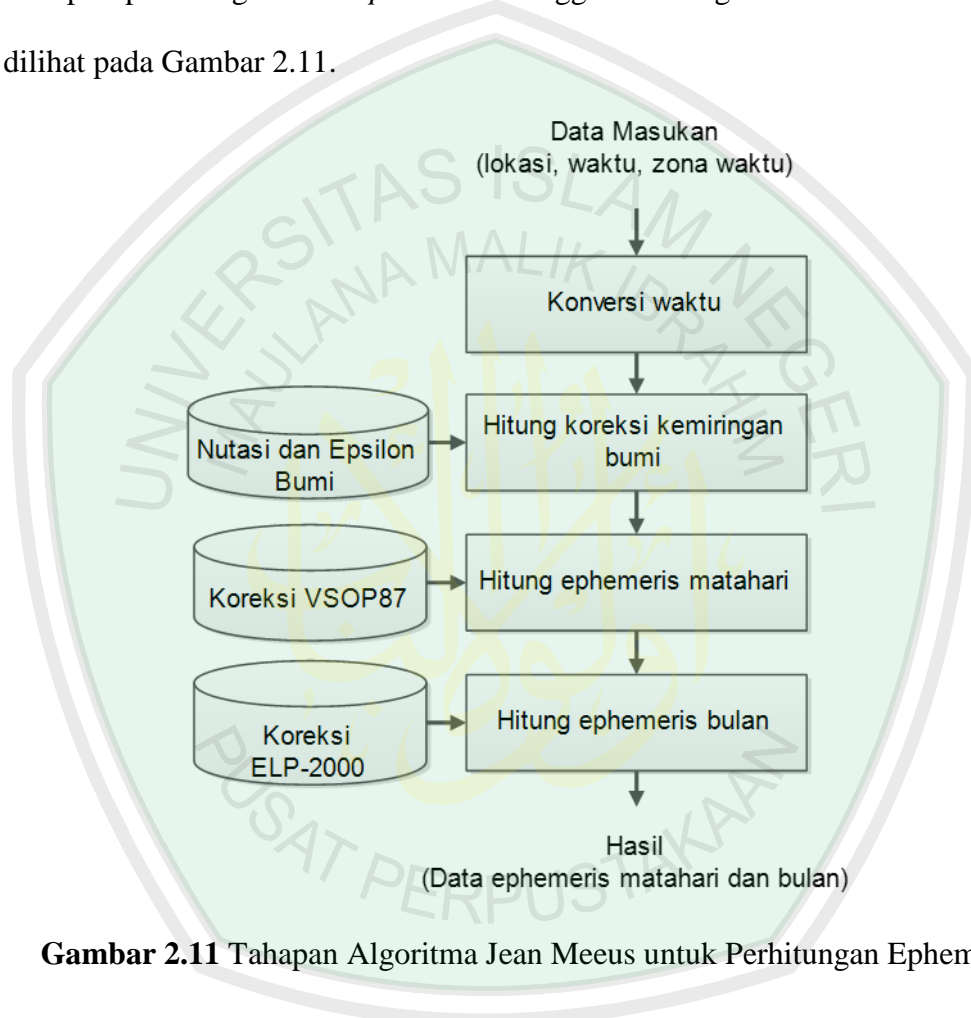
Untuk mengetahui tentang jarak, posisi dan pergerakan benda-benda langit para ilmuwan melakukan pendekatan perhitungan dan pengamatan. Sehingga kegiatan pengamatan dan perhitungan menjadi hal yang penting bagi ilmu astronomi. Dari perhitungan tersebut kemudian diperoleh data-data astronomis yang menunjukkan jarak dan posisi benda-benda langit. Data-data tersebut kemudian dirangkum menjadi sebuah tabel data astronomis yang biasa disebut dengan tabel *ephemeris* (pannekoek, 1989). VSOP87 merupakan salah satu data *ephemeris* yang memuat data jarak, dan posisi koordinat planet-planet ditata surya termasuk bumi. Sedangkan salah satu tabel data yang memuat data *ephemeris* bulan adalah ELP-2000/82. Kedua tabel *ephemeris* tersebut memuat koreksi-koreksi jarak dan koordinat benda langit sepanjang tahun yang mempunyai nilai error dengan kesalahan yang kecil. Total jumlah koreksi pada tabel VSOP87 adalah 2425 buah, yang terdiri dari 1080 koreksi untuk bujur ekliptika, 348 koreksi untuk lintang ekliptika dan 997 koreksi untuk jarak bumi dengan matahari. Sedangkan Total

koreksi pada tabel ELP-2000/82 adalah sebanyak 37.862, terdiri dari 20.560 koreksi bujur Bulan, 7.684 koreksi lintang Bulan, dan 9.618 koreksi jarak Bulan ke Bumi.

Algoritma Jean Meeus merupakan salah satu metode perhitungan *ephemeris* planet di tatasurya yang mempunyai akurasi tinggi (*high accuracy computing method*), metode ini diperkenalkan oleh ilmuwan astronomi kebangsaan belgia. Merupakan sebuah metode reduksi dari tabel VSOP87 dan ELP-2000/82, meeus hanya mengambil beberapa ratus suku data koreksi yang dianggap bernilai besar dan memberi pengaruh signifikan terhadap koreksi data ephemeris, data koreksi tersebut mempunyai akurasi dan ketelitian yang tinggi meskipun telah dilakukan reduksi sehingga mempunyai kelebihan kecepatan perhitungan yang lebih tinggi dari data asal.

Metode yang diperkenalkan Meeus mempunyai beberapa tahapan dalam perhitungan data *ephemeris*, sebelumnya data lokasi, waktu, dan zona waktu digunakan sebagai data masukan. Data masukan ini kemudian diolah untuk dilakukan konversi waktu menjadi beberapa satuan waktu yang nantinya digunakan sebagai data perhitungan nutasi (gerak gelombang pada rotasi bumi) dan epsilon (kemiringan sumbu rotasi bumi). Setelah dilakukan perhitungan nutasi dan epsilon bumi data hasil perhitungan digunakan sebagai masukan untuk perhitungan data *ephemeris* matahari dengan menggunakan data koreksi posisi matahari (VSOP87), dalam proses perhitungan data ephemeris matahari mempunyai beberapa tahapan, diantara tahapan perhitungan terdapat bagian yang paling penting yaitu perhitungan bujur heliosentris, lintang heliosentris dan geosentris *distance* (jarak matahari dan bumi), proses perhitungan ini membutuhkan data koreksi koordinat matahari (VSOP87). Hasil perhitungan data *ephemeris* matahari selanjutnya digunakan

sebagai salah satu data masukan untuk perhitungan data *ephemeris* bulan, perhitungan ini membutuhkan data koreksi koordinat bulan yaitu (ELP-2000). Hasil akhir dari perhitungan metode ini berupa data *ephemeris* matahari dan bulan yang meliputi nilai deklinasi, lintang, bujur ekliptika, serta azimut dan elevasi sudut. Tahapan perhitungan data *ephemeris* menggunakan algoritma Jean Meeus dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Tahapan Algoritma Jean Meeus untuk Perhitungan Ephemeris

Penelitian terdahulu yang juga melakukan penelitian terkait penggunaan metode Jean Meeus diantaranya adalah Armstrong dan zygon, yang membandingkan akurasi dan kecepatan algoritma untuk menghitung posisi matahari (Armstrong dan zygon, 2013). Pengguna dapat memilih dua algoritma untuk membandingkan evolusi dan perilaku posisi vektor komponen matahari, deklinasi, lintang dan bujur ekliptika, serta azimut dan elevasi sudut selama rentang

waktu tertentu. Selain itu, pengguna dapat mengevaluasi algoritma mereka sendiri dengan mengimpor file *ephemeris*. Dapat dengan mudah mengidentifikasi kesalahan, kelainan dan ketidakstabilan numerik dalam setiap algoritma yang dibandingkan. Program tersebut memanfaatkan GPU serta semua core CPU, menghasilkan data *ephemeris* matahari dengan kecepatan 95 juta vektor per-detik pada tingkat akurasi busur kedua. Membandingkan dua algoritma dengan ketepatan 1 detik pada busur, selama periode 30 tahun dengan ukuran langkah waktu 5 menit, memakan waktu kurang dari 20 detik. Perbedaan maksimum di Azimut dan elevasi dibandingkan dengan algoritma Meeus, ditampilkan bersama dengan deviasi standar masing-masing. Algoritma Grena-5 menghasilkan nilai yang paling mendekati terhadap Algoritma Meeus tipe presisi tinggi, dalam rentang waktu 100 tahun.

Bermani dan Baghdadi (2011) dalam jurnalnya merancang sebuah program simulasi komputer untuk menghitung tanggal, ekliptika, khatulistiwa dan horisontal koordinat setiap bulan baru di kota suci al Najaf. Teori yang menjadi dasar perhitungan diambil dari perhitungan data *ephemeris* bulan yang dikembangkan oleh EW Brown pada awal abad ke-20 yang menggambarkan gerakan *lunar analitic*. Perhitungan *Ephemeris* bulan kemudian ditingkatkan oleh Almanak Nautika Diraja pada tahun 1954. Tabel relevan tersebut mampu memprediksi dalam kurun waktu yang lama dan menjadi dasar untuk perhitungan modern dari koordinat bulan dan yang terakhir untuk akurasi *lunar ephemeris*. Penelitian lebih lanjut dilakukan untuk meningkatkan metode (Hill_Brown). Program ini dapat digunakan untuk memprediksi tanggal munculnya bulan baru selama sepuluh tahun lebih. Kesalahan relatif perhitungan bulan baru hasil penelitian tersebut dibandingkan

dengan data *United State Naval Observatory Circular* pada tahun 2009, 2010, 2011 dan 2012, memberikan hasil bahwa model simulasi dan perhitungan dapat memberikan hasil yang baik untuk menghitung bulan baru dengan kisaran akurasi (95.76% - 99.99%) selama sepuluh tahun atau lebih.

Rizal dan Wibowo (2012) menyajikan metode untuk sistem pelacakan matahari. Dengan menggunakan algoritma Jean Meeus tersebut, diharapkan hasil simulasi dapat digunakan untuk mengevaluasi parameter lokal yang dimasukkan dalam program. Dari hasil simulasi, sudut zenith dan Azimut matahari selama satu tahun (dari Januari sampai Desember 2012) dapat diperkirakan. Dengan digabungkan dengan *Control Area Network* (CAN) sistem komunikasi, menggunakan banyak modul *Panel Photovoltaic* (PV) yang dapat dikendalikan dari jauh oleh komputer, berguna untuk skenario sistem PV Panel yang lebih besar. Karya ini telah disajikan dalam bentuk aplikasi algoritma Solar posisi untuk memperkirakan posisi sudut zenith dan sudut Azimut matahari. Algoritma ini dapat digunakan untuk panel surya yang didistribusikan dari jarak jauh dan dikontrol secara mandiri oleh satu komputer. Mempunyai akurasi estimasi sedekat $\pm 0.0003^\circ$ dalam periode tahun 2000 hingga 6000. Namun, untuk aplikasi modul PV, akurasi tersebut tidak terlalu berpengaruh signifikan, lokasi matahari dapat diperkirakan sepanjang tahun dari bulan Januari sampai Desember.

Dalam penelitian Salim dan Dwarakish (2015) memanfaatkan *Artificial Neural Network* (ANN) yang diterapkan secara luas dalam bidang teknik pesisir untuk memecahkan berbagai masalah. Penelitian ini terkait dengan prediksi data ketinggian air laut yang mampu memberikan informasi setiap jam di Mangalore, sebagai masukan menggunakan data ketinggian pasang surut per-jam dalam satu

minggu. Jaringan FFBP menghasilkan nilai korelasi koefisien 0.564 dan jaringan NARX menghasilkan koefisien korelasi sangat tinggi dari urutan 0.915 untuk prediksi kadar air pasang per-musim. Penelitian ini membuktikan bahwa teknik ANN dapat berhasil digunakan untuk prediksi pasang-surut di Mangalore. Sedangkan untuk memprediksi data set mingguan dengan panjang 4 minggu menggunakan FFBP memberikan hasil yang tidak memuaskan, dengan nilai korelasi koefisien 0.56. Dapat disimpulkan bahwa jaringan NARX dengan arsitektur tiga tingkat dan lapisan tersembunyi mempunyai 5 neuron telah berhasil digunakan untuk memprediksi ketinggian pasang di Mangalore menggunakan data pasang surut selama satu minggu.



BAB III

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Desain Penelitian

Berikut adalah hasil uji coba perhitungan data ephemeris serta ketinggian muka air laut di Pelabuhan Nusantara Brondong (PPN) Brondong Lamongan, mempunyai koordinat Latitude: -6.87410° dan Longitude: 112.27829° .

3.1.1 Sumber Data

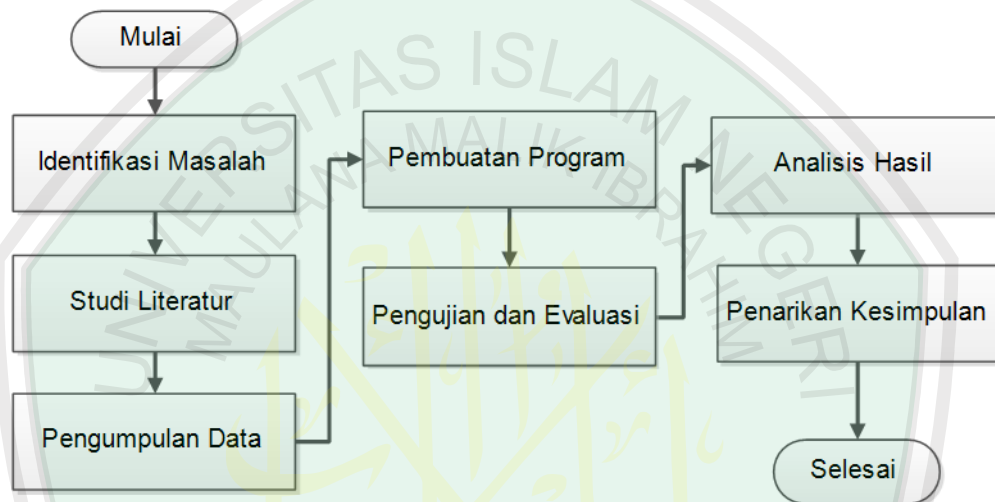
Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan dua data skunder, data skunder yang pertama digunakan sebagai data masukan koreksi perhitungan ephemeris bulan yaitu menggunakan data ELP-2000/82, data ini berisi dan bumi berupa data perbaikan koreksi VSOP87 untuk matahari dan ELP-2000 untuk bulan. Sedangkan data skunder yang kedua merupakan data ketinggian pasang surut yang diambil dari data Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir (P3SDLP), data ini nantinya akan digunakan sebagai data pembanding dari perhitungan pasang surut.

3.1.2 Lokasi Penelitian

Tempat yang digunakan sebagai objek penelitian adalah PPN Brondong kabupaten Lamongan. Dipilihnya lokasi tersebut karena diharapkan penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh pihak yang berkepentingan untuk membantu para nelayan mengetahui waktu pasang surut serta ketersediaan data pasang surut pembanding di PPN Brondong oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir (P3SDLP).

3.1.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan rumusan masalah dimulai dari tahap identifikasi masalah, kemudian dilanjutkan tahap studi literatur, pengumpulan data, pembuatan program, pengujian dan evaluasi, analisis hasil dan yang terakhir pembuatan laporan. Untuk lebih jelas mengenai tahapan dalam prosedur penelitian yang dilakukan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Prosedur penelitian

Penjelasan Gambar:

1. Identifikasi Masalah

Bagian ini merupakan tahapan dimana dilakukan analisa awal untuk mendapatkan permasalahan ilmiah terkait dengan rumusan masalah dan latar belakang penelitian, sehingga nantinya permasalahan tersebut digunakan untuk tahapan selanjutnya, yaitu mengidentifikasi sistem yang akan dibuat.

2. Identifikasi Sistem

Pada tahapan ini masalah yang telah teridentifikasi akan dianalisa kembali untuk mengidentifikasi kebutuhan, guna membangun sistem yang baik terkait dengan kebutuhan data, perangkat lunak dan juga perangkat keras.

3. Studi Literatur

Mempelajari kegunaan data ephemeris untuk mendukung perhitungan pengaruh gaya gravitasi terhadap ketinggian permukaan air laut, serta kebutuhan data yang akan digunakan untuk membangun perangkat lunak untuk memvisualisasikan pergerakan matahari, bulan, dan menghitung fase bulan.

4. Pengumpulan data

Pada tahap ini dikumpulkan data-data terkait dengan kebutuhan pembangunan perangkat lunak yaitu data VSOP87, ELP-2000 dan juga data dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir (P3SDLP).

5. Pembuatan Program

Pada tahap ini dibuat program yang mempunyai alur sesuai dengan desain sistem yang telah dirancang, semua perhitungan diimplementasikan kedalam kode program sehingga program visualisasi pergerakan bulan bisa direalisasikan.

6. Pengujian dan Evaluasi

Setelah program telah selesai dibuat, program diuji menggunakan data yang telah disediakan dari sumber data sekaligus diberikan nilai masukan waktu dan lokasi sesuai dengan kebutuhan, dari sini nanti bisa dilakukan proses

tracking bagaimana pergerakan bulan dan matahari bisa diamati serta bisa dilihat bagaimana pengaruh gaya pasang surut terhadap ketinggian muka air laut.

7. Analisis Hasil

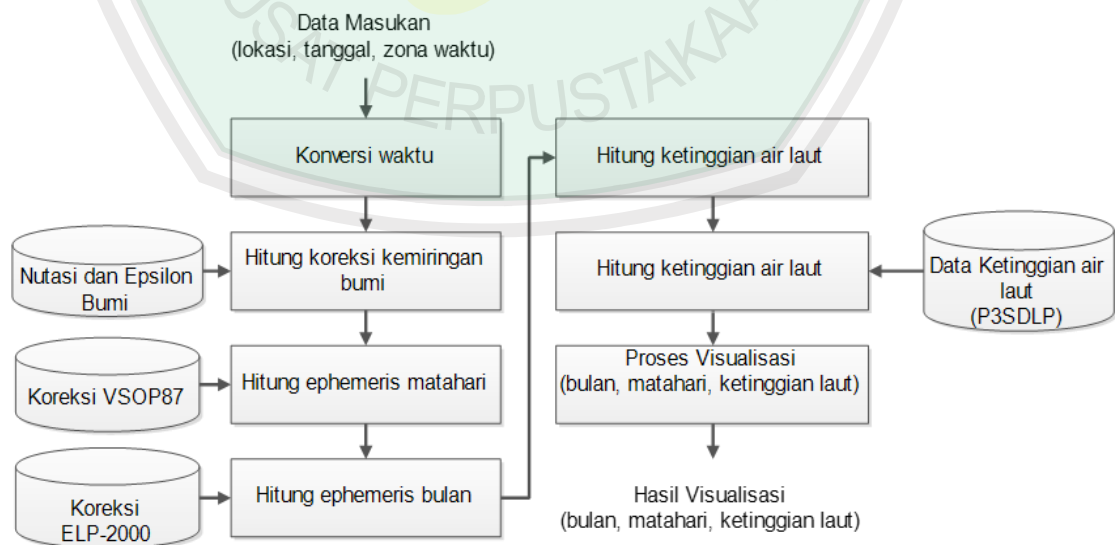
Selanjutnya dilakukan analisis hasil bagaimana keakuratan penggunaan metode Jean Meeus dalam memvisualisasikan pergerakan bulan dan matahari serta keakuratan dalam perhitungan pasang surut air laut.

8. Penarikan Kesimpulan

Selanjutnya adalah penarikan kesimpulan dari hasil analisis apakah metode perhitungan pasang surut melalui gaya pasang surut akibat pengaruh gravitasi bulan dan bumi cukup akurat dan layak untuk digunakan sebagai metode untuk mengetahui ketinggian pasang surut.

3.1.4 Desain Sistem

Merupakan tahapan-tahapan dari sistem yang akan dibangun, yang secara garis besar terdapat 7 tahapan, yaitu:



Gambar 3.2 Desain Sistem

a. Data masukan

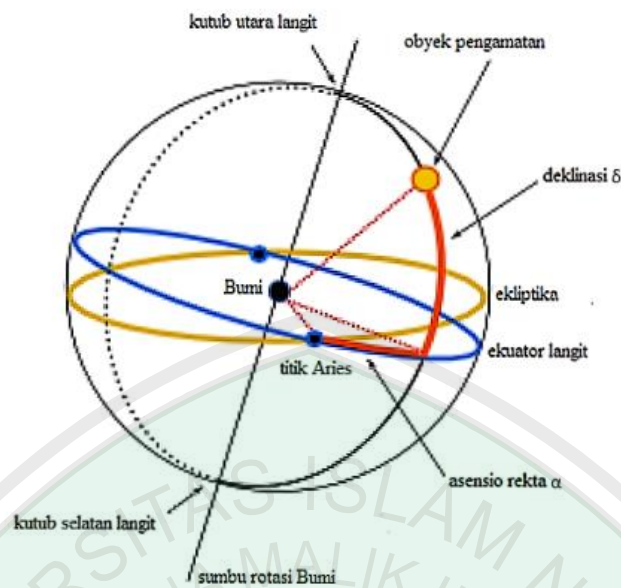
Data masukan berupa koordinat lokasi, waktu, dan zona waktu. Data ini akan digunakan perhitungan untuk menentukan nilai koordinat bujur dan lintang objek yang akan diamati.

b. Konversi waktu

Data waktu yang dimasukkan harus dikonversi ke berbagai satuan waktu agar dapat dilakukan proses perhitungan data *ephemeris*, data-data itu berupa satuan waktu Julian Day, Selisih antara Universal Time dan Dynamical Time (ΔT), Julian Day Ephemeris, Julian Centuries (T) dan Julian Millenia (T).

c. Perhitungan *ephemeris* matahari dan bulan

Tahap ini merupakan tahapan terpenting yaitu menghitung data-data astronomis bulan dan matahari. Dalam proses perhitungan data *ephemeris* terdiri dari berbagai tahapan, dari perhitungan data *ephemeris* ini data-data koreksi berupa nutasi digunakan untuk mengoreksi kemiringan sumbu putar bumi, sedangkan data-data koreksi berupa VSOP87 dan ELP2000 digunakan untuk mengoreksi koordinat matahari dan bulan. Hasil perhitungan data *ephemeris* meliputi Koreksi Posisi Planet Bumi (LBR) yaitu L (bujur heliosentris planet), B (lintang heliosentris planet), R (Jarak planet), kemudian menghitung Nutasi ($\Delta\psi$) dan *True Obliquity* (ϵ), True Longitude λ , *Right Ascension* (α) / Asensio rekta dan Deklinasi (δ), Equation of Time (Eq), Menghitung Semi Diameter Matahari (Sd), untuk lebih jelas tentang system koordinat ekuator bisa dilihat Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sistem koordinat ekuator

(Sumber: http://www.wikiwand.com/id/Sistem_koordinat_ekuator)

Merupakan sistem koordinat yang bersifat geosentrik. Mirip dengan sistem koordinat geografi yang dinyatakan dalam bujur dan lintang, sistem koordinat ekuator dinyatakan dalam asensio rekta α dan deklinasi δ . Ekuator langit sebenarnya adalah perpotongan perpanjangan bidang ekuator Bumi pada bola langit, dan kutub-kutub langit sebenarnya merupakan perpanjangan poros rotasi Bumi (yang melewati kutub-kutub Bumi) pada bola langit (Sutantyo, 1984).

d. Menghitung sudut fase dan iluminasi bulan

Untuk memvisualisasikan bentuk muka bulan diperlukan perhitungan fase bulan yang juga membutuhkan data ephemeris bulan yaitu presentase iluminasi cahaya bulan, dari data tersebut juga dapat digunakan juga untuk menghitung umur bulan.

Untuk menghitung sudut fase bulan i , bisa menggunakan rumus berikut:

$$i = \text{atan}(R \times \text{Sin}(\text{elongasi_bulan})) / (\text{TGD_bulan} - R \times \text{Cos}(\text{elongasi_bulan}))$$

kemudian menghitung cahaya iluminasi bulan FIB

$$FIB = (1 + \cos(i)) / 2$$

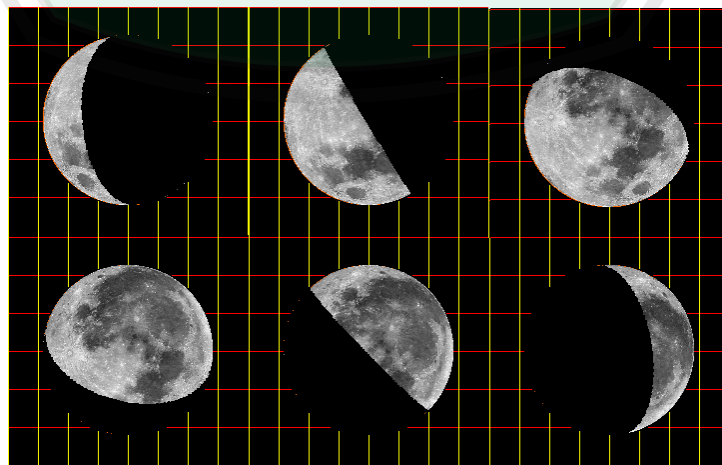
e. Mengitung gaya pasang surut

Setelah didapatkan data *ephemeris* bulan dan matahari, bisa dihitung gaya gravitasi bulan dan bumi terhadap sudut pengamat dengan menurunkan hukum gravitasi newton akan didapatkan rumusan perhitunganya, sehingga bisa dihitung seberapa besar pengaruh gravitasi tersebut mempengaruhi ketinggian air laut.

f. Visualisasi bentuk muka, dan pergerakan bulan dan matahari

Untuk pemodelan sudut fase dibutuhkan nilai sudut fase bulan dari data *ephemeris* bulan kemudian digunakan untuk mengatur kemiringan bulan.

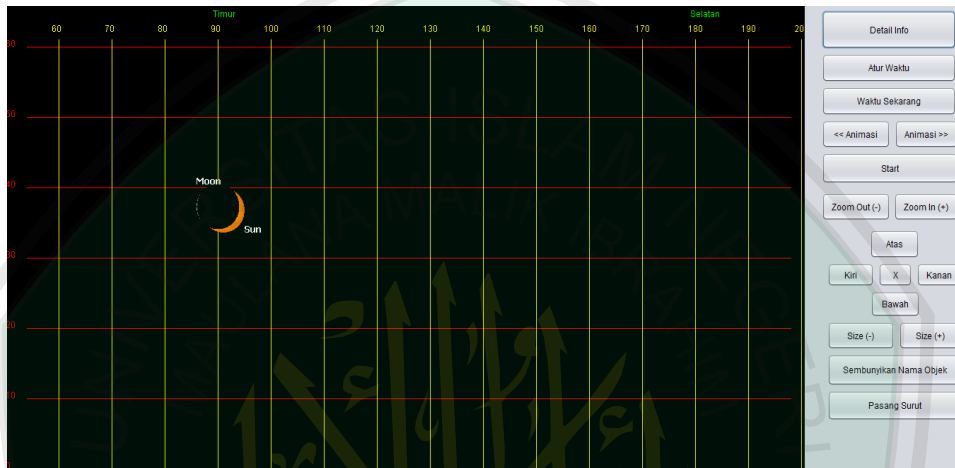
Untuk memvisualisasikan muka bulan, digunakan iluminasi bulan untuk menggambar bagian terang dari bulan. Sehingga dengan menutup bagian gelap dari bulan sehingga akan didapatkan muka terang dari cahaya bulan.



Gambar 3.4 Visualisasi sudut fase bulan dan iluminasi bulan

Untuk memvisualisasikan pergerakan bulan dan matahari dibutuhkan pemodelan ruang, sehingga perlu menghitung skala koordinat sesuai dengan desain *interface* yang telah dibuat.

Hasil visualisasi dan penyekalaan koordinat bulan dan matahari terlihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Penyekalaan langit serta koordinat bulan dan matahari

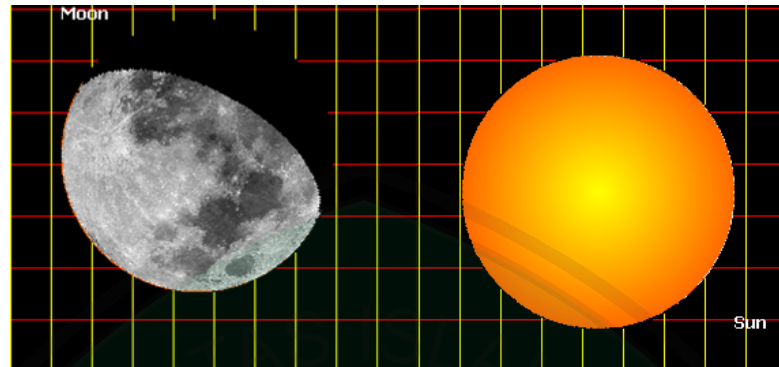
Untuk memvisualisasikan pergerakan bulan, dan matahari dibutuhkan data altitude dan azimuth dari setiap objek. Data ini dapat diperoleh dari perhitungan apparent right ascension (α), dan apparent declination (δ). Menurut (Meeus, 1991) dapat digunakan rumus berikut:

$$\text{hour_angle} = \text{LST} - \alpha$$

$$\text{azimuth} = \text{atan2}(\sin(\text{hour_angle}_r), \cos(\text{hour_angle}_r) \times \sin(\text{lin_geo}_r) - \tan(\delta) \times \cos(\text{lin_geo}_r))$$

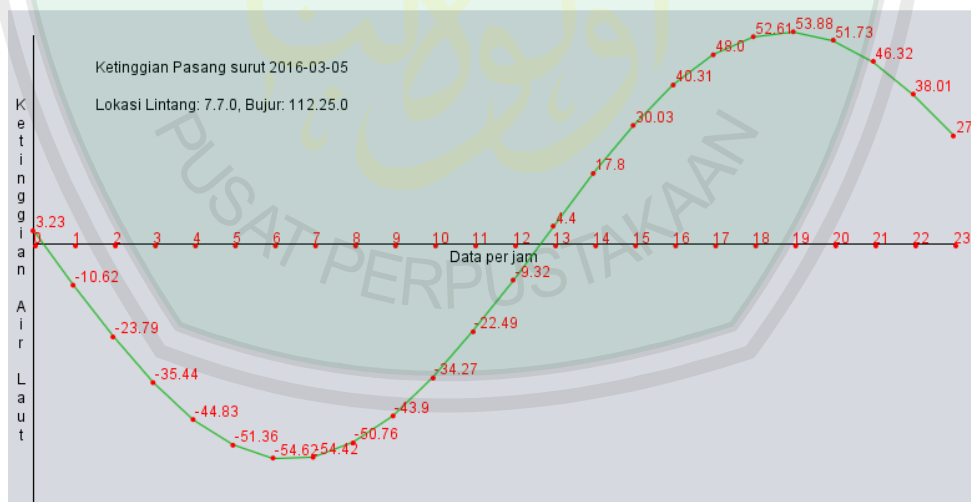
$$\text{altitude} = \text{asin}(\sin(\text{lin_geo}_r) \times \sin(\delta) + \cos(\text{lin_geo}_r) \times \cos(\delta) \times \cos(\text{hour_angle}_r))$$

Setelah didapatkan koordinat *altitude* dan *azimuth*, objek digambar pada posisi tersebut. Gambar bulan pada posisi koordinat *azimuth* dan *altitude*:



Gambar 3.6 Penggambaran objek pada koordinat yang ditentukan

Untuk menghitung ketinggian air laut berdasarkan pengaruh gaya astronomis dihasilkan dari penjumlahan 3 komponen penggerak pasang-surut utama yaitu long period, diurnal, dan semi diurnal, berikut adalah hasil visualisasi ketinggian air laut selama 24 jam, dalam satuan cm.



Gambar 3.7 Visualisasi ketinggian air laut dalam 24 Jam

3.2 Implementasi Metode

Tahapan dari Algoritma Jean Meeus yang diambil dari buku *Astronomical Algorithms* (Meeus, 1991) sebagai berikut:

3.2.1 Konversi Waktu

Sebelum melakukan perhitungan ephemeris bulan dan bumi data waktu harus dikonversi dulu kedalam berbagai satuan waktu yaitu Julian Day, Selisih antara Universal Time dan Dynamical Time (ΔT), Julian Day Ephemeris, Julian Centuries (T) dan Julian Millenia (T) (Meeus, 1998). Rumus yang digunakan untuk mengkonversi waktu yaitu:

1. Menghitung nilai *Julian Day* (JD)

Untuk menghitung JD jika bulan > 2 , maka

M = bulan dan Y = tahun

Jika bulan = 1 atau 2 maka

M = bulan+12 dan Y = tahun-1

Kemudian untuk menghitung JD dapat menggunakan rumus berikut:

$A = \text{Integer}(Y / 100)$

$B = 2 - A + (\text{Integer}(A / 4))$

$$JD = 1720994.5 + ((\text{integer})(365.25 \times Y)) + ((\text{integer})(30.60001 \times (M + 1))) + B + \text{tanggal} + (\text{jam} + \text{menit} / 60 + \text{detik} / 3600 + \text{ms} / 3600000) / 24 - \text{zona} / 24$$

2. Menghitung waktu *Dynamical Time* (ΔT)

Nilai *Dynamical Time* (ΔT) untuk setiap tahun berubah-ubah. *Jean Meeus* dan *Fred Espenak* telah membuat rumus untuk menentukan nilai ΔT . Nilai tersebut dapat dihitung menggunakan rumus *polynomial expression for ΔT* sebagai berikut:

Sebelum tahun -500

$u = (y-1820) / 100$

$$\Delta T = -20 + 32 \times u^2$$

Diantara tahun -500 dan tahun 500

$$u = y/100$$

$$\Delta T = 10583.6 - 1014.41 \times u + 33.78311 \times u^2 - 5.952053 \times u^3 - 0.1798452 \times u^4 + 0.022174192 \times u^5 + 0.0090316521 \times u^6$$

Diantara tahun 500 dan tahun 1600

$$u = (y-1000)/100$$

$$\Delta T = 1574.2 - 556.01 \times u + 71.23472 \times u^2 + 0.319781 \times u^3 - 0.8503463 \times u^4 - 0.005050998 \times u^5 + 0.0083572073 \times u^6$$

Diantara tahun 1600 dan tahun 1700

$$t = y - 1600$$

$$\Delta T = 120 - 0.9808 \times t - 0.01532 \times t^2 + t^3 / 7129$$

Diantara tahun 1700 dan tahun 1800

$$t = y - 1700$$

$$\Delta T = 8.83 + 0.1603 \times t - 0.0059285 \times t^2 + 0.00013336 \times t^3 - t^4 / 1174000$$

Diantara tahun 1800 dan tahun 1860

$$t = y - 1800$$

$$\Delta T = 13.72 - 0.332447 \times t + 0.0068612 \times t^2 + 0.0041116 \times t^3 - 0.00037436 \times t^4 + 0.0000121272 \times t^5 - 0.0000001699 \times t^6 + 0.000000000875 \times t^7$$

Diantara tahun 1860 dan tahun 1900

$$t = y - 1860$$

$$\Delta T = 7.62 + 0.5737 \times t - 0.251754 \times t^2 + 0.01680668 \times t^3 - 0.0004473624 \times t^4 + t^5 / 233174$$

Diantara tahun 1900 dan tahun 1920

$$t = y - 1900$$

$$\Delta T = -2.79 + 1.494119 \times t - 0.0598939 \times t^2 + 0.0061966 \times t^3 - 0.000197 \times t^3$$

Diantara tahun 1920 dan tahun 1941

$$t = y - 1920$$

$$\Delta T = 21.20 + 0.84493 \times t - 0.076100 \times t^2 + 0.0020936 \times t^3$$

Diantara tahun 1941 dan tahun 1961

$$t = y - 1950$$

$$\Delta T = 29.07 + 0.407 \times t - t^2/233 + t^3/2547$$

Diantara tahun 1961 dan tahun 1986

$$t = y - 1975$$

$$\Delta T = 45.45 + 1.067 \times t - t^2/260 - t^3/718$$

Diantara tahun 1986 dan tahun 2005

$$t = y - 2000$$

$$\Delta T = 63.86 + 0.3345 \times t - 0.060374 \times t^2 + 0.0017275 \times t^3 + 0.000651814 \times t^4 + 0.00002373599 \times t^5$$

Diantara tahun 2005 dan tahun 2050

$$t = y - 2000$$

$$\Delta T = 62.92 + 0.32217 \times t + 0.005589 \times t^2$$

Diantara tahun 2050 dan tahun 2150

$$\Delta T = -20 + 32 \times ((y - 1820)/100)^2 - 0.5628 \times (2150 - y)$$

Setelah tahun 2150

$$u = (y-1820)/100$$

$$\Delta T = -20 + 32 \times u^2$$

3. Hitung *Julian Day Ephemeris* (JDE) untuk waktu *Dynamical Time* (TD).

$$TD = JD + \Delta T$$

4. Hitung nilai T yang diperoleh dari JDE.

$$T = (JDE - 2451545) / 36525$$

3.2.2 Hitung Nutasi dan Kemiringan Bumi

Untuk menghitung Nutasi $\Delta\psi$ langkah pertama adalah menghitung kemiringan sumbu rotasi Bumi rata-rata atau *mean obliquity* (E_0) (Meeus, 1998).

$$U = T/100$$

$$E_0 = 23^{\circ} 26' 21,448'' + (-4680,93 \times U - 1,55 \times U^2 + 1999,25 \times U^3 - 51,38 \times U^4 - 249,67 \times U^5 - 39,05 \times U^6 + 7,12 \times U^7 + 27,87 \times U^8 + 5,79 \times U^9 + 2,45 \times U^{10})/3600$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung koreksi elongasi rata-rata Bulan D , anomali rata-rata Matahari M_0 , anomali rata-rata bulan M_c , argumen lintang Bulan F , dan Bujur ascending node rata-rata Matahari-Bulan Ω_c .

$$D = 297,85036 + 445267,11148 \times T - 0,0019142 \times T^2 + T^3/189474$$

$$M_0 = 357,52772 + 35999,05034 \times T - 0,0001603 \times T^2 + T^3/300000$$

$$M_c = 134,96298 + 477198,867398 \times T + 0,0086972 \times T^2 + T^3/56250$$

$$F = 93,27191 + 483202,017538 \times T - 0,0036825 \times T^2 + T^3/327270$$

$$\Omega_c = 125,04452 - 1934,136261 \times T + 0,0020708 \times T^2 + T^3/450000$$

Selanjutnya baru menghitung koreksi nutasi $\Delta\psi$ dan koreksi kemiringan sumbu bumi *obliquity* $\Delta\epsilon$ menggunakan tabel koreksi *terms of the 1980 IAU*.

Untuk menghitung koreksi digunakan rumus:

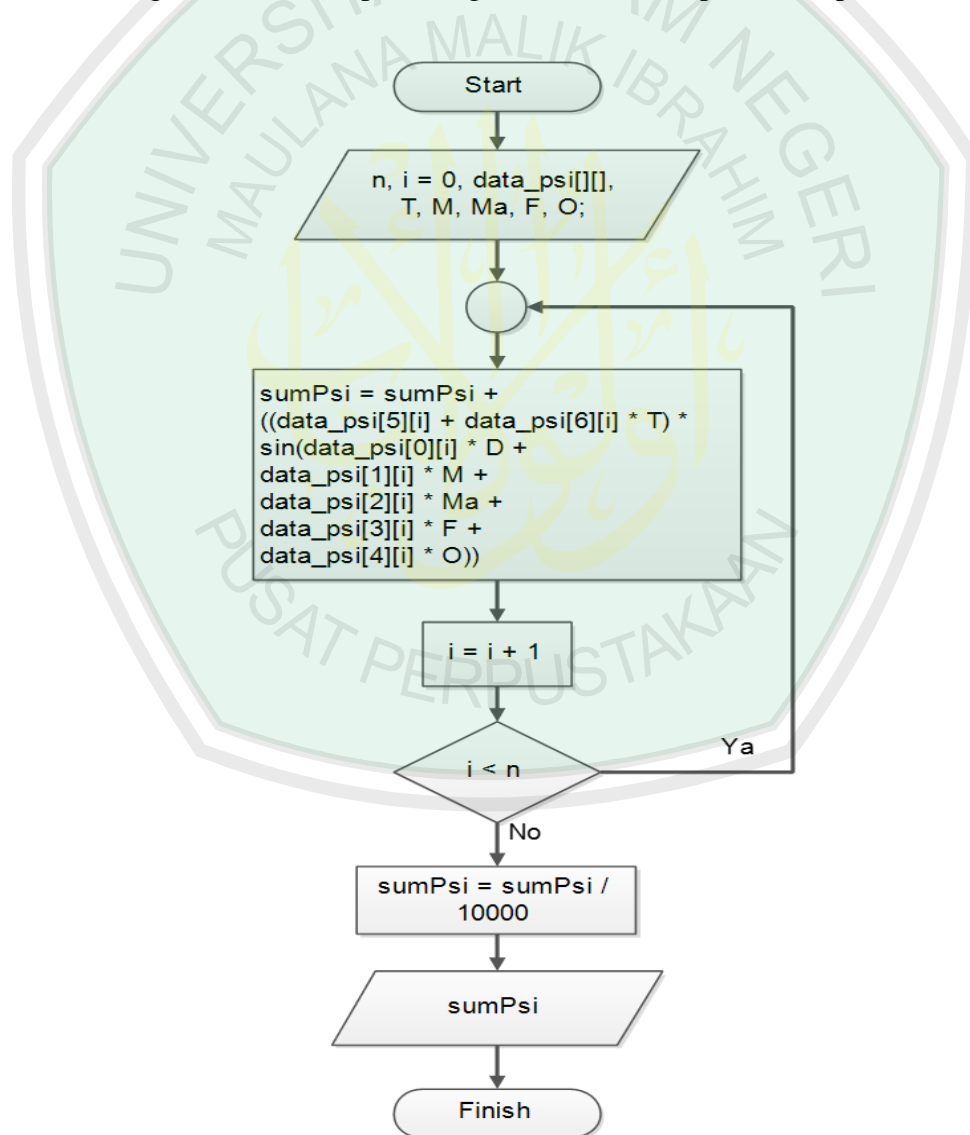
$$\text{Multiple_Argument} = \text{var1} \times D + \text{var2} \times M_0 + \text{var3} \times M_c + \text{var4} \times F + \text{var5} \times \Omega_c$$

Kemudian dari Multiple_Argument dihitung jumlah koreksi dari nutasi dan kemiringan menggunakan rumus:

$$\Sigma \text{koreksi} = (\text{Coefficient1} + \text{Coefficient2} \times T) \times \sin(\text{Multiple_Arguments})$$

$$\Delta\psi = \Sigma \text{koreksi_nutasi} / 10000 / 3600$$

Untuk menghitung nilai nutasi, tabel koreksi *terms of the 1980 IAU* mempunyai fungsi untuk mengoreksi data nutasi. Karena dalam setiap waktu mempunyai periode yang berbeda beda sehingga suku-suku koreksi harus dioperasikan dengan nilai T. Diagram alir terkait perhitungan nilai nutasi dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Flowchart menghitung nilai $\Delta\psi$ (koreksi nutasi)

Sourcecode untuk menghitung nilai $\Delta\psi$ menggunakan metode Jean Meeus adalah sebagai berikut:

```
private double calcSumPsi(double[][] var, double T) {
    double Q = 0.0;
    for (double[] data_psi: var) {
        Q += (data_psi[5] + data_psi[6] * T) *
            sin(data_psi[0] * D + data_psi[1] * M +
                data_psi[2] * Ma + data_psi[3] * F +
                data_psi[4] * O);
    }
    return Q;
}

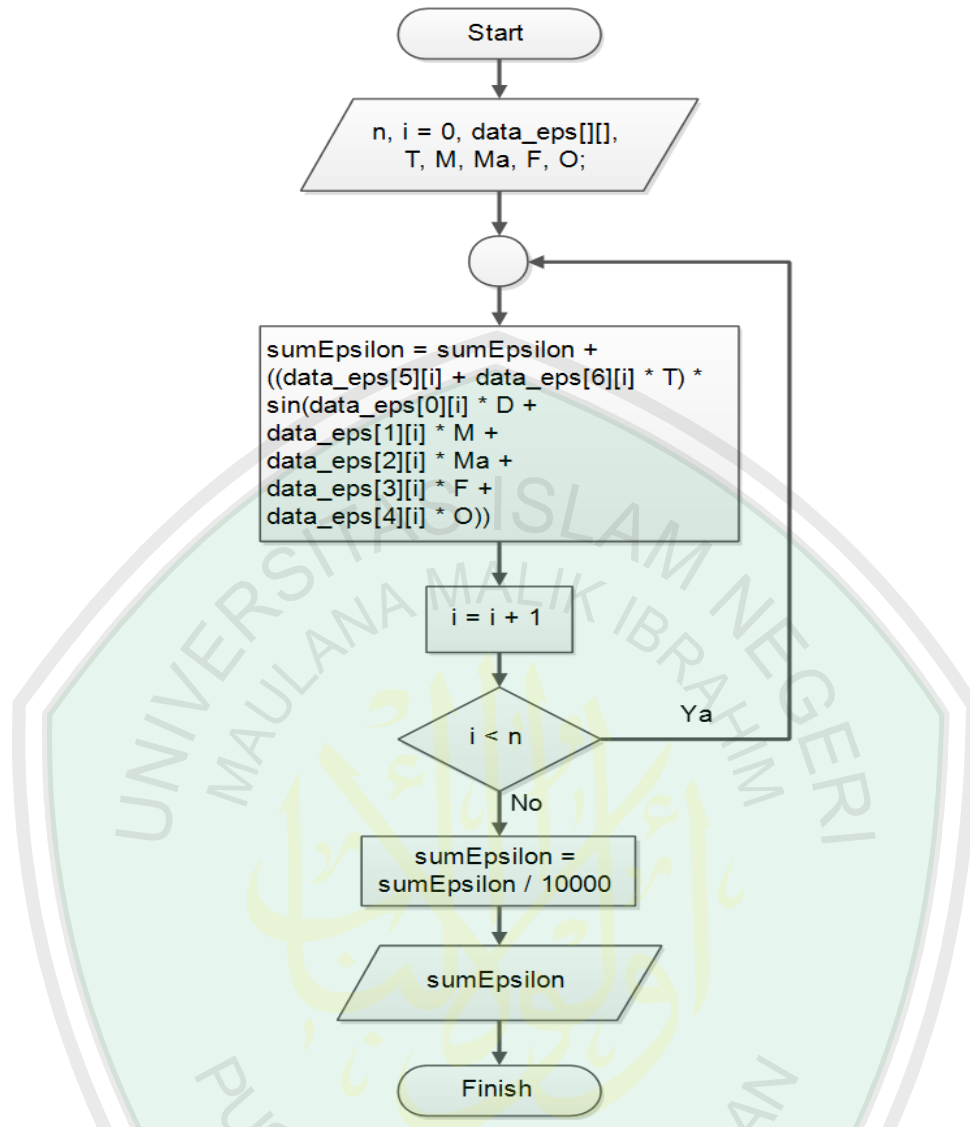
double sumPsi = calcSumPsi(data_psi, T) / 10000;
```

Gambar 3.9 Sourcecode menghitung nilai $\Delta\psi$ (koreksi nutasi)

Untuk menghitung kemiringan bumi dibutuhkan nilai epsilon (*obliquity*), perhitungan nilai epsilon menurut Meeus dapat dihitung menggunakan rumus

$$\Delta\epsilon = \Sigma \text{koreksi_epsilon} / 10000 / 3600$$

Dalam perhitungan nilai *epsilon* hal yang terpenting adalah menghitung nilai koreksi epsilon, data ini merupakan hasil dari penjumlahan nilai koreksi data epsilon yang diambil dari tabel *terms of the 1980 IAU*, data dari tabel dioperasikan dengan variable pengali kemudian dihitung nilai total dari hasil penjumlahan operasi. Tahapan dalam perhitungan data koreksi epsilon dapat dilihat pada *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Flowchart menghitung nilai $\Delta\epsilon$ (koreksi epsilon)

Perhitungan nilai koreksi pada diagram alir yang terdapat pada Gambar 3.10 menunjukkan bahwa nilai koreksi merupakan hasil dari penjumlahan dari tabel koreksi epsilon yang dioperasikan dengan variabel D atau elongasi rata-rata Bulan, M atau anomali rata-rata Matahari, Ma atau elongasi rata-rata Bulan, F atau argumen lintang Bulan dan O atau Bujur ascending node rata-rata Matahari-Bulan. Hasil akhir dari penjumlahan kemudian dibagi 10000.

Sourcecode untuk menghitung nilai $\Delta\varepsilon$ menggunakan metode Jean Meeus diperlihatkan pada Gambar 3.11:

```
private double sumEpsilon(double[][] var, double T) {
    double Q = 0.0;
    for (double[] data_eps : var) {
        Q += (data_eps[5] + data_eps[6] * T) *
            cos(data_eps[0] * D + data_eps[1] * M +
                data_eps[2] * Ma + data_eps[3] * F +
                data_eps[4] * O);
    }
    return Q;
}

epsTotal = sumEpsilon(data_eps, T) / 10000;
```

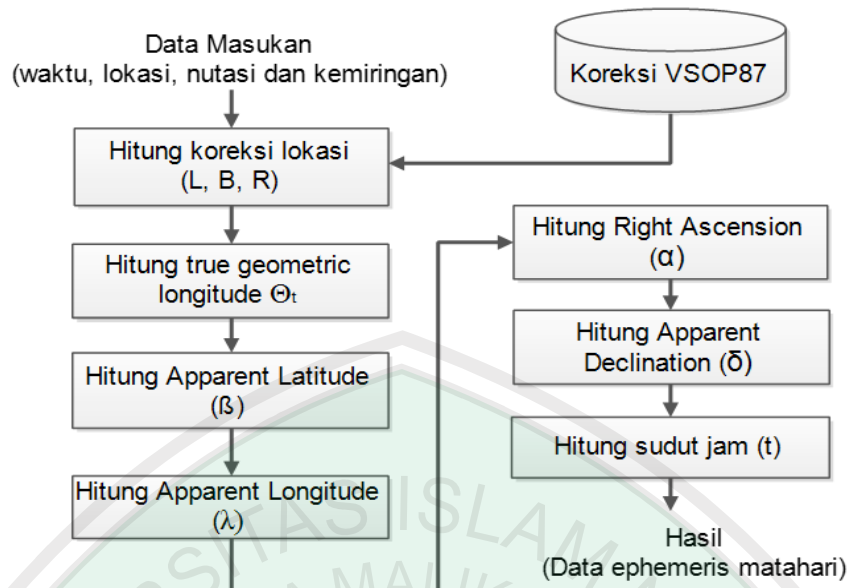
Gambar 3.11 *Sourcecode* menghitung nilai (*epsilon*)

Setelah nilai dari nutasi dan epsilon sudah didapatkan kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk mencari nilai kemiringan sumbu putar Bumi sebenarnya (ε), nilai tersebut dapat dihitung dengan menjumlahkan ke dua nilai yaitu nilai nutasi dan epsilon. Sehingga secara matematis dapat ditulis menggunakan rumus berikut:

$$\varepsilon = E_0 + \Delta\varepsilon$$

3.2.3 Hitung Ephemeris Matahari

Untuk menghitung data *ephemeris* matahari membutuhkan data dari hasil perhitungan nutasi dan epsilon bumi, data koreksi posisi matahari (VSOP87) juga digunakan untuk menghitung nilai bujur heliosentris dan lintang heliosentris serta nilai *True geometric distance* atau jarak bumi dan matahari. Dalam metode *Jean Meeus* (Meeus, 1998) secara umum memiliki tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Perhitungan data ephemeris Matahari

- a. Hitung koreksi *Periodic Terms* untuk planet Bumi

Rumus perhitungan koreksi table VSOP87

$$\Sigma \text{koreksi} = A \times \cos(B + C \times \mathcal{T})$$

Selanjutnya perhitungan L, B, R

L : Bujur heliosentris planet

B : Lintang heliosentris planet

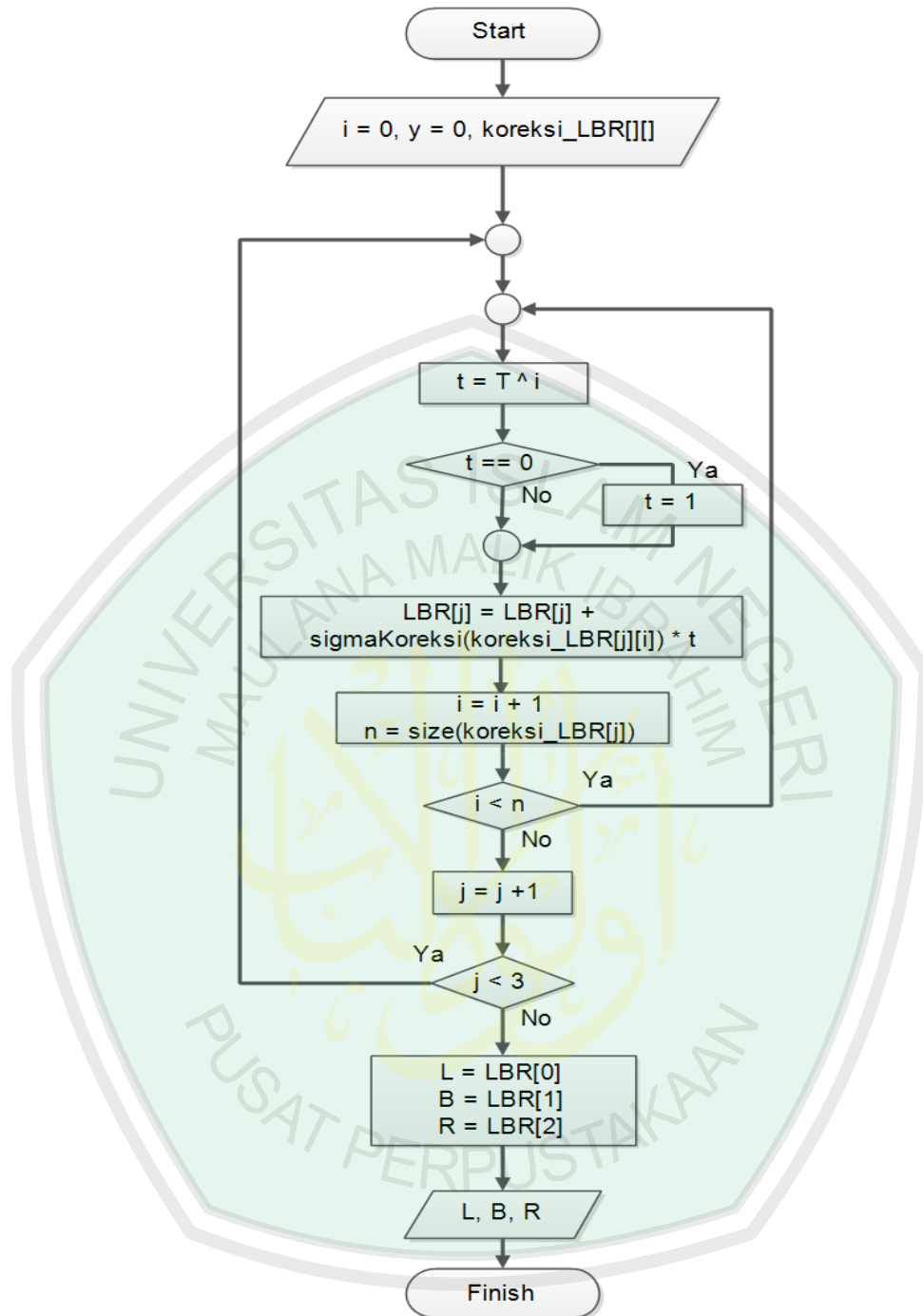
R : True geocentric distance

$$L = (\Sigma L_0 + \Sigma L_1 \times \mathcal{T} + \Sigma L_2 \times \mathcal{T}^2 + \Sigma L_3 \times \mathcal{T}^3 + \Sigma L_4 \times \mathcal{T}^4 + \Sigma L_5 \times \mathcal{T}^5) / 10^8$$

$$B = (\Sigma B_0 + \Sigma B_1 \times \mathcal{T}) / 10^8$$

$$R = (\Sigma R_0 + \Sigma R_1 \times \mathcal{T} + \Sigma R_2 \times \mathcal{T}^2 + \Sigma R_3 \times \mathcal{T}^3 + \Sigma R_4 \times \mathcal{T}^4) / 10^8$$

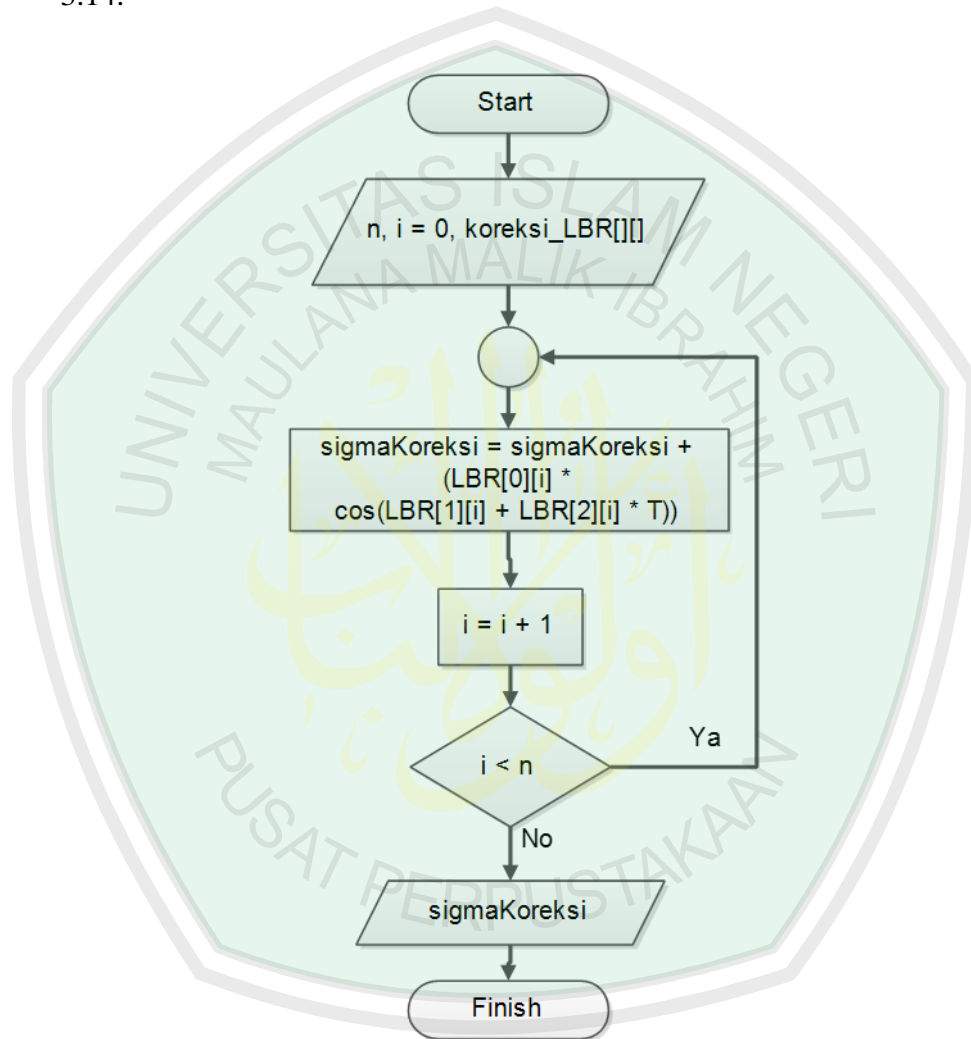
Diagram alir perhitungan nilai bujur heliosentris, lintang heliosentris dan jarak bumi dengan matahari dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Flowchart menghitung koreksi L, B dan R

Pada Gambar 3.13 dapat dilihat bahwa dalam perhitungan nilai L, B dan R membutuhkan nilai koreksi dari nilai L, B dan R yang diambil dari data VSOP87.

Dalam perhitungan nilai L, B dan R membutuhkan fungsi untuk menghitung sigma dari koreksi nilai yang dihitung. Dalam perhitungan nilai sigma inilah dilakukan operasi dari nilai koreksi dari data VSOP87 dengan nilai T. Diagram alir terkait perhitungan nilai sigma koreksi LBR dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Flowchart menghitung Sigma Koreksi

Diagram alir pada Gambar 3.14 memperlihatkan bahwa nilai koreksi hasil perhitungan dijumlahkan sebanyak data koreksi dari data VSOP87. Data hasil perhitungan ini nanti akan dijumlahkan kembali sebanyak jumlah dari

keseluruhan data koreksi. *Sourcecode* untuk perhitungan nilai L, B dan R dapat dilihat pada gambar 3.15 dan Gambar 3.16.

```
private double sigmaKoreksi(double[][] koreksi_LBR, double
T) {
    double sigmaKoreksi = 0.0;
    for (double[] LBR : koreksi_LBR) {
        sigmaKoreksi += LBR[0] * cos(LBR[1] + LBR[2] * T);
    }
    return sigmaKoreksi;
}
```

Gambar 3.15 *Sourcecode* method sigmaKoreksi

```
for (int j = 0; j < 3;) {
    for (int i = 0; i < n;) {
        t = Math.pow(T, i);
        if (t == 0) {
            t = 1;
        }
        LBR[j] = LBR[j] + sigmaKoreksi(koreksi_LBR, T) * t;
        i++;
        n = LBR.length;
    }
    j++;
}
```

Gambar 3.16 *Sourcecode* menghitung koreksi L, B dan R Matahari

Dari potongan kode pada Gambar 3.15 dan 3.16 memperlihatkan bahwa hasil perhitungan dari koreksi masih dijumlahkan kembali sebanyak data koreksi, salah satu contoh adalah untuk menghitung nilai L, perlu dilakukan penjumlahan dari keseluruhan data koreksi yaitu L0, L1, L2, L3, L4 dan L5. Hal ini dikarenakan data-data koreksi yang diambil dari tabel VSOP87 memuat data koreksi yang terpisah, sehingga semakin banyak data koreksi yang dijumlahkan maka akurasi dari perhitungan akan semakin meningkat.

- b. Menghitung koreksi *true geometric longitude* Θ_t (koreksi bujur matahari)

Pertama hitung bujur (longitude) ekliptika geosentris matahari Θ

$$\Theta = L + 180$$

Dilanjutkan menghitung Θ_t

$$\Theta_t = \Theta - 0,09033''$$

- c. Menghitung *apparent latitude* β (lintang tampak matahari)

Hitung λ' menggunakan rumus berikut:

$$\lambda' = \Theta - 1,397 \times T - 0,00031 \times T^2$$

kemudian hitung koreksi lintang (latitude) ΔB :

$$\Delta B = 0,03916 \times (\cos(\lambda') - \sin(\lambda'))$$

Hingga didapat nilai *apparent latitude* β

$$\beta = B + \Delta B$$

- d. Menghitung *apparent longitude* λ (bujur tampak matahari)

Langkah awal adalah menghitung koreksi aberasi

$$\text{Aberasi} = (-20,4898'' / R) / 3600$$

Sehingga dapat dihitung bujur matahari

$$\lambda = \Theta_t + \Delta\psi + \text{Aberasi}$$

- e. Menghitung *Right Ascension* α (Asensia Rakta)

$$\alpha = \text{Atan}((\sin(\lambda) \times \cos(\epsilon) - \tan(\beta) \times \sin(\epsilon)) / \cos(\lambda))$$

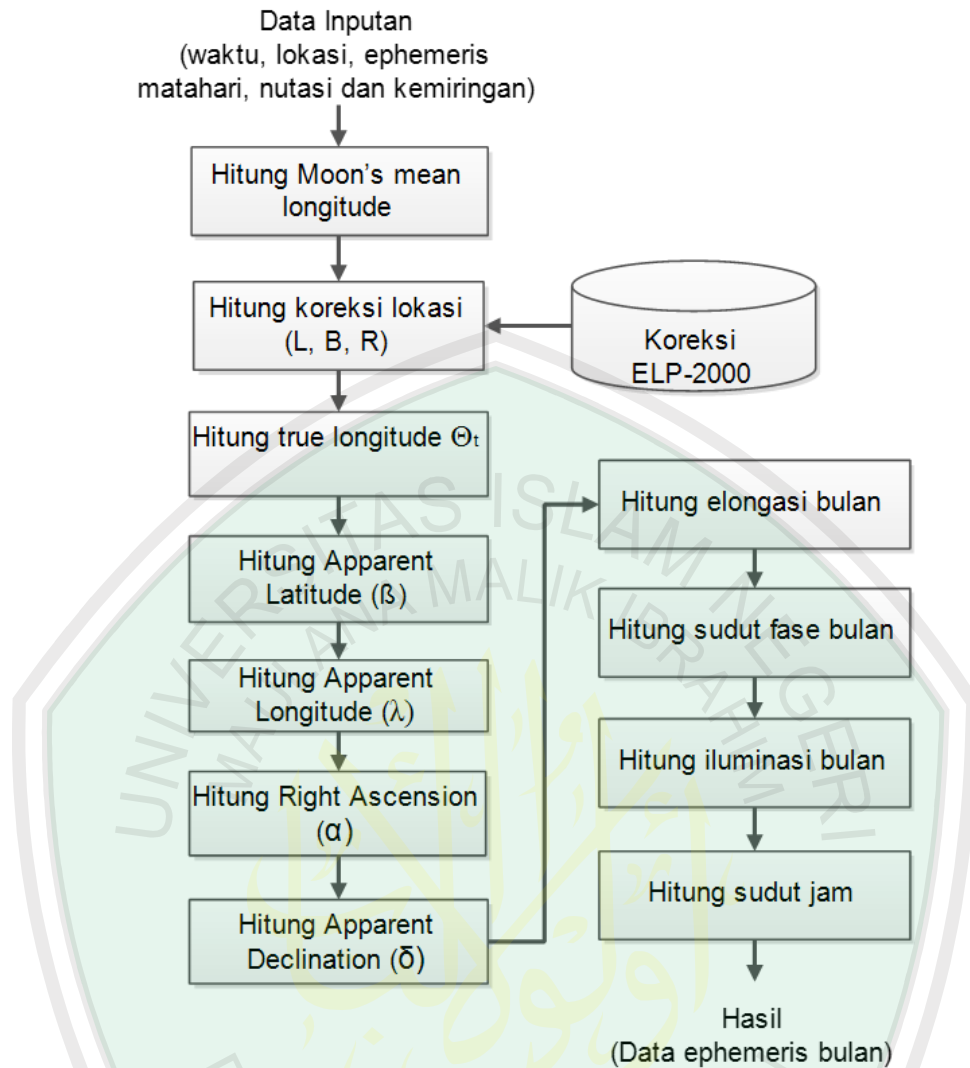
- f. Menghitung *Sun Declination* δ (sudut deklinasi matahari)

Untuk menghitung *Sun Declination* (δ)

$$\delta = \text{Asin}(\sin \beta \times \cos \epsilon + \cos \beta \times \sin \epsilon \times \sin \lambda)$$

3.2.4 Hitung Ephemeris Bulan

Untuk menghitung data ephemeris bulan digunakan data koreksi bulan yaitu ELP-2000. Metode Jean Meeus digunakan untuk menghitung data ephemeris bulan (Meeus, 1998), diagram alur dari perhitungan data ephemeris sebagai berikut:



Gambar 3.17 Perhitungan data ephemeris Bulan

- a. Menghitung *Moon's mean longitude* L' (bujur rata rata bulan)

$$L' = (218,3164591 + 481267,88134236 \times T - 0,0013268 \times T^2 + T^3 / 538841 - T^4 / 65194000) \text{ Mod } 360$$

- b. Menghitung argumen posisi bulan

Rumus *mean elongation of the Moon* D (elongasi rata rata bulan)

$$D = (297,8502042 + 445267,1115168 \times T - 0,00163 \times T^2 + T^3 / 545868 - T^4 / 113065000) \text{ Mod } 360$$

Rumus perhitungan *Sun's mean Anomaly* M

$$M = (357,5291092 + 35999,0502909 \times T - 0,0001536 \times T^2 + T^3 / 24490000) \text{ Mod } 360$$

Rumus perhitungan *Moon's mean Anomaly* M'

$$M' = (134,9634114 + 477198,8676313 \times T + 0,008997 \times T^2 + T^3 / 69699 - T^4 / 14712000) \text{ Mod } 360$$

Rumus Argumen Bujur Bulan F

$$F = (93,2720993 + 483202,0175273 \times T - 0,0034029 \times T^2 - T^3 / 3526000 + T^4 / 863310000) \text{ Mod } 360$$

Dilanjutkan menghitung 3 argumen tambahan, argument ini nantinya digunakan untuk menghitung koreksi bujur dan lintang bulan dengan rumus:

$$\text{Arg1} = (119.75 + 131.849 \times T) \text{ Mod } 360$$

$$\text{Arg2} = (53.09 + 479264.29 \times T) \text{ Mod } 360$$

$$\text{Arg3} = (313.45 + 481266.484 \times T) \text{ Mod } 360$$

Selanjutnya menghitung eksentrisitas orbit Bumi E

$$E = 1 - 0,002516 \times T - 0,0000074 \times T^2$$

- c. Menghitung Koreksi Bujur, Lintang dan Jarak bulan (L, B, R)

Untuk menghitung koreksi bujur dan lintang bulan membutuhkan tabel koreksi ELP2000 menggunakan rumus sebagai berikut:

Jika M tidak sama dengan 0 maka

$$\text{Koreksi} = \text{Coefficient} \times E \times \text{Sin}(\text{Multiple_Arguments})$$

Sedangkan jika M = 0 maka

$$\text{Koreksi} = \text{Coefficient} \times \text{Sin}(\text{Multiple_Arguments})$$

Sedangkan untuk menghitung koreksi jarak bulan menggunakan cosinus:

Jika M tidak sama dengan 0 maka

$$\text{Koreksi} = \text{Coefficient} \times E \times \text{Cos}(\text{Multiple_Arguments})$$

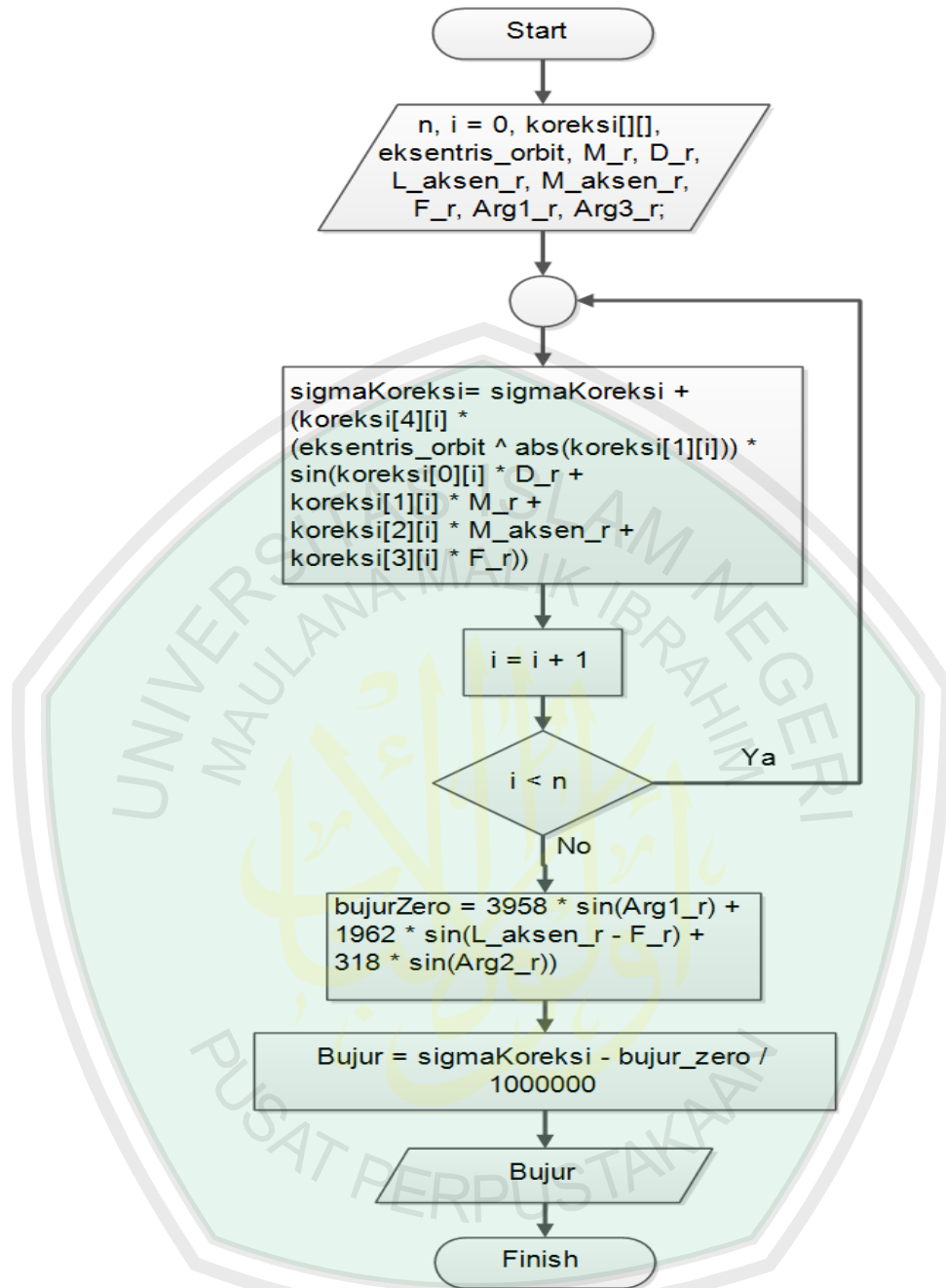
Sedangkan jika $M = 0$ maka

$$\text{Koreksi} = \text{Coefficient} \times \text{Cos}(\text{Multiple_Arguments})$$

Menghitung hasil koreksi periodik bujur Bulan Σl , hasil koreksi periodik lintang Σb , dan koreksi periodik jarak Bulan Σr .

$$\Sigma l = (\Sigma l + 3958 \times \text{Sin}(A1) + 1962 \times \text{Sin}(L'-F) + 318 \times \text{Sin}(A2)) / 1000000$$

Pada perhitungan posisi bulan baik itu bujur bulan dan lintang bulan membutuhkan data koreksi dari tabel ELP2000 yang dioperasikan dengan nilai suku dan argument-argumen dari bulan seperti nilai D , D' , M , dan M' , dari operasi suku-suku koreksi dijumlahkan total dari hasil perhitungan koreksi bujur sehingga didapatkan nilai sigma dari koreksi bujur. Setelah didapat nilai sigma koreksi dari bujur data dioperasikan dengan bujur zero untuk mendapatkan nilai dari posisi bujur yang sebenarnya. Diagram alir mengenai perhitungan bujur heliosentris bulan dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Flowchart perhitungan nilai bujur bulan

Pada Gambar 3.18 dapat dilihat bahwa hasil dari perhitungan koreksi bukan merupakan nilai *final* dari bujur bulan, data koreksi tersebut masih perlu dioperasikan dengan nilai bujur zero dengan rumus:

$$\text{bujur} = \text{sigmaKoreksi} - \text{bujurZero} / 1000000.$$

Sourcecode untuk perhitungan bujur bulan dapat dilihat pada Gambar 3.19 dan 3.20.

```
private double sum(double[][] semua_koreksi) {
    double Sum = 0.0;
    for (double[] koreksi : semua_koreksi) {
        Sum += koreksi[4]
            * (Math.pow(eksentris_orbit,
Math.abs(koreksi[1])))
            * sin(
                koreksi[0] * D_r +
                koreksi[1] * M_r +
                koreksi[2] * M_aksen_r +
                koreksi[3] * F_r
            );
    }
    return Sum;
}
```

Gambar 3.19 Sourcecode perhitungan nilai

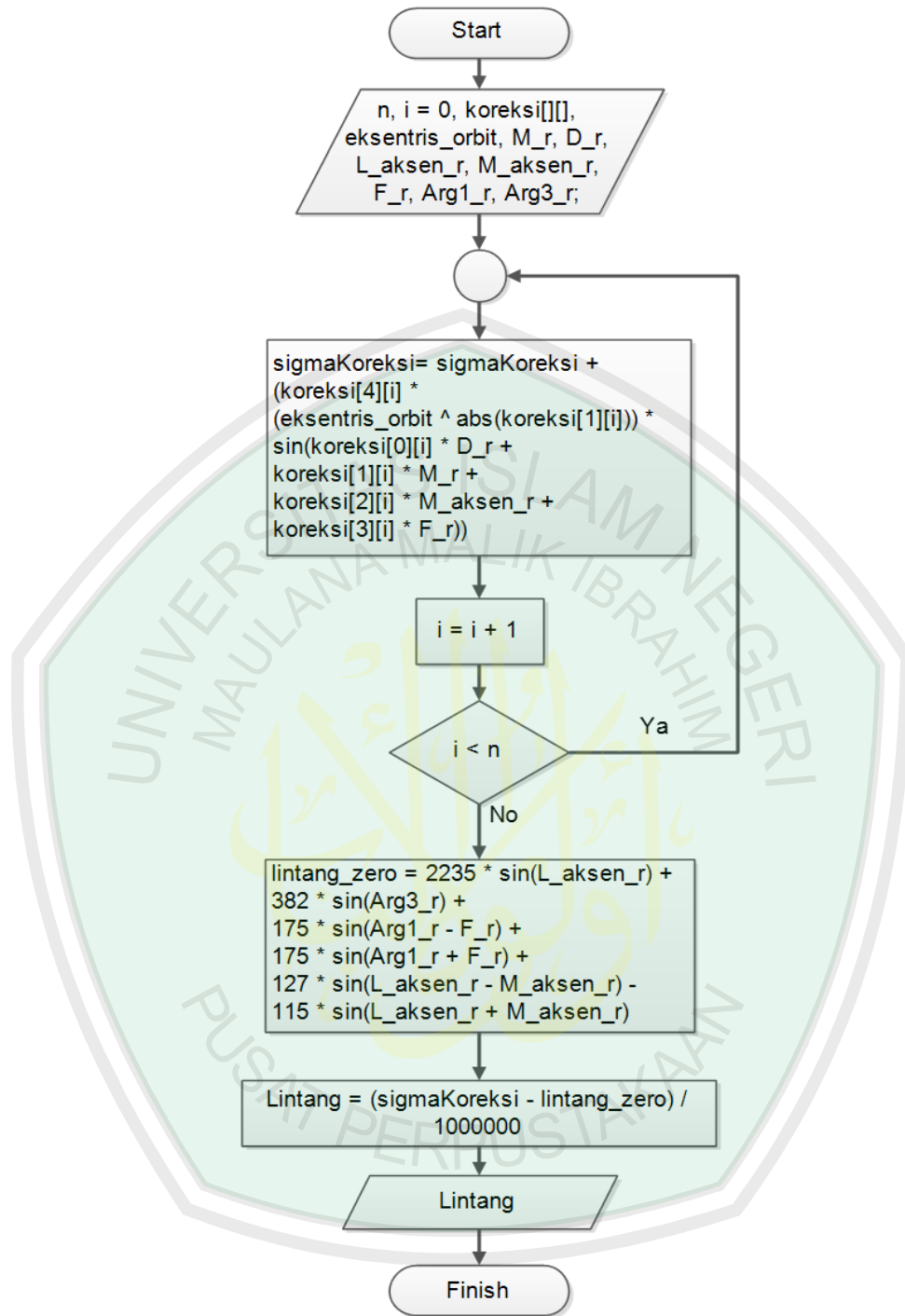
```
public double getBujur() {
    double sigmaKoreksi = sum(bujurB);
    double bujurZero = (sigmaKoreksi +
        3958 * sin(Arg1_r) +
        1962 * sin(L_aksen_r - F_r) +
        318 * sin(Arg2_r));
    double bujur = sigmaKoreksi - bujurZero / 1000000;
    return bujur;
}
```

Gambar 3.20 Sourcecode perhitungan nilai bujur bulan

Dari Gambar 3.19 dan Gambar 3.20 terlihat bahwa untuk mendapatkan nilai sigma koreksi tabel koreksi bujur pada ELP2000 harus dioperasikan dengan nilai-nilai D, M, M', F.

$$\Sigma_b = (\Sigma_b - 2235 \times \sin(L') + 382 \times \sin(A_3) + 175 \times \sin(A_1 - F) + 175 \times \sin(A_1 + F) + 127 \times \sin(L' - M') - 115 \times \sin(L' + M')) / 1000000$$

Diagram alir untuk perhitungan nilai lintang bulan dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Flowchart perhitungan nilai lintang bulan

Dari Gambar 3.21 terlihat bahwa untuk perhitungan lintang bulan tidak jauh berbeda dengan perhitungan bujur bulan, perbedaan perhitungan hanya

terdapat pada operasi setelah perhitungan koreksi bujur dan lintang. *Sourcecode* untuk perhitungan lintang dapat dilihat pada Gambar 3.22.

```
public double getLintang() {
    double sigmaKoreksi = sum(lintangB);
    double lintang_zero = 2235 * sin(L_aksen_r) +
        382 * sin(Arg3_r) +
        175 * sin(Arg1_r - F_r) +
        175 * sin(Arg1_r + F_r) +
        127 * sin(L_aksen_r - M_aksen_r) -
        115 * sin(L_aksen_r + M_aksen_r);
    double lintang = (sigmaKoreksi - lintang_zero /
        1000000);
    return lintang;
}
```

Gambar 3.22 *Sourcecode* perhitungan nilai lintang bulan

Dilanjutkan menghitung koreksi jarak bumi dan bulan dengan rumus berikut:

$$\Sigma r \text{ (Km)} = \Sigma r / 1000$$

Nilai hasil koreksi jarak ini nantinya digunakan untuk menghitung nilai

True Geocentric Distance atau jarak bumi dengan bulan yang sebenarnya.

- d. Menghitung *True Longitude* (Bujur sebenarnya) λ

$$\lambda' = L' + \Sigma l$$

- e. Menghitung *True Latitude* (Lintang sebenarnya) β

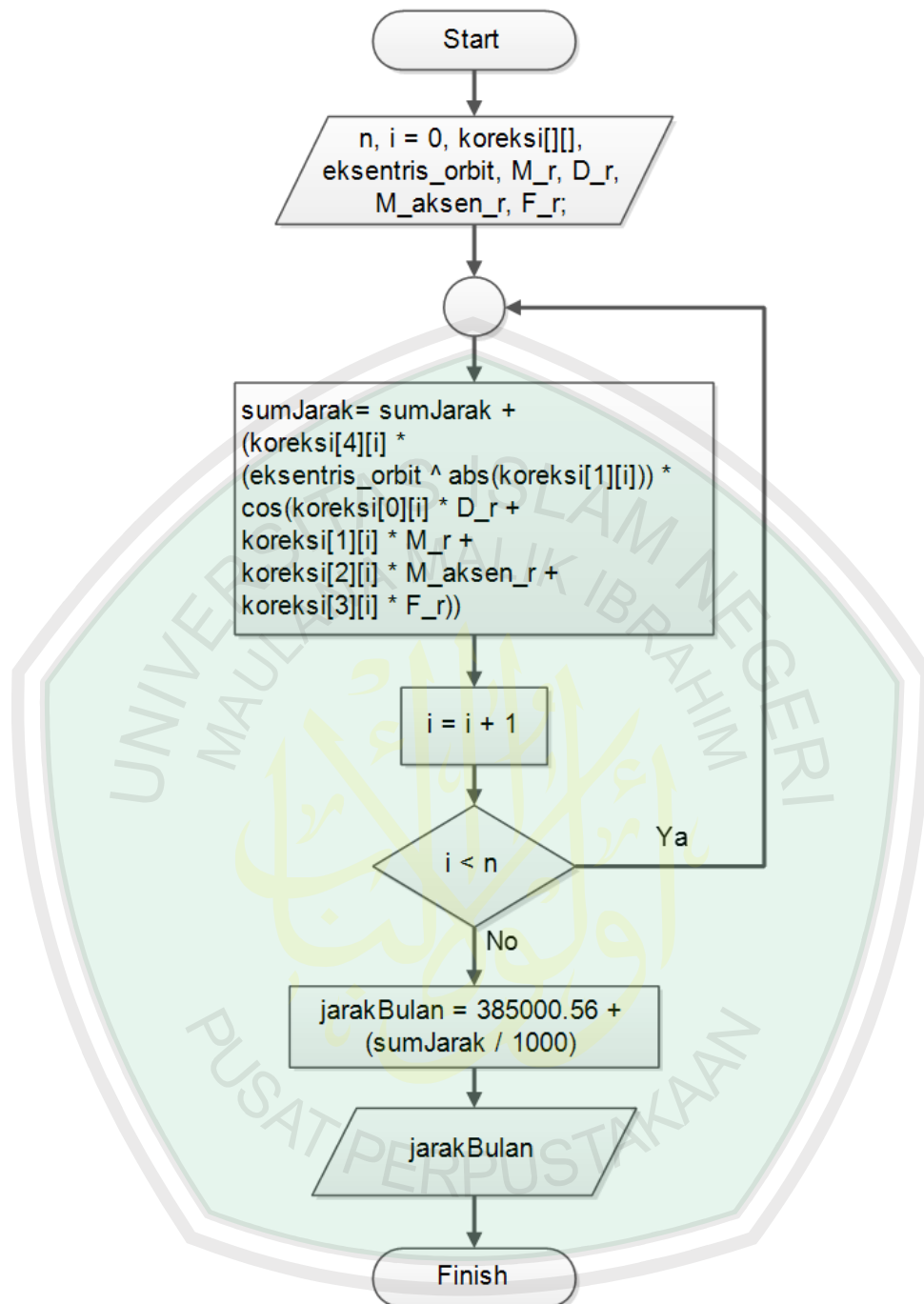
$$\beta = \Sigma b$$

- f. Menghitung *True Geocentric Distance TGD*

$$\Sigma r \text{ (Km)} = \Sigma r / 1000$$

$$\text{TGD} = 385000,56 + \Sigma r$$

Tahapan untuk menghitung nilai TGD dapat dilihat lebih jelasnya pada digram alir Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Flowchart perhitungan nilai jarak bulan

Pada Gambar 3.23 terlihat bahwa setelah dilakukan perhitungan koreksi jarak bumi dengan bulan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan jarak sesungguhnya dengan menambahkan data hasil koreksi dengan nilai 385.000,56. Data nilai TGD masih berupa satuan meter sehingga untuk

merubah satuan jarak menjadi km dapat dilakukan dengan melakukan pembagian dengan nilai 1000.

Sourcecode untuk perhitungan nilai TGD dapat dilihat pada gambar 3.24.

```
private double sumJarak(double[][] semua_koreksi) {
    double Q = 0.0;
    for (double[] koreksi : semua_koreksi) {
        Q += koreksi[4]
            * (Math.pow(eksentris_orbit,
Math.abs(koreksi[1])))
            * cos(
                koreksi[0] * D_r +
                koreksi[1] * M_r +
                koreksi[2] * M_aksen_r +
                koreksi[3] * F_r
            );
    }
    return Q;
}

double sumJarak = (sumJarak(jarakB);
double jarakBulan = 385000.56 + sumJarak / 1000);
```

Gambar 3.24 *Sourcecode* perhitungan nilai jarak bulan

g. Menghitung Apparent Longitude Bulan

$$\lambda = \lambda' + \Delta\psi$$

h. Apparent *Right Ascension* α (alpa)

$$\alpha = \text{Atan}((\text{Sin}(\lambda) \times \text{Cos}(\epsilon) - \text{Tan}(\beta) \times \text{Sin}(\epsilon)) / \text{Cos}(\lambda))$$

i. Menghitung *Apparent declination* δ (delta)

$$\delta = \text{Asin}(\text{Sin}(\beta) \times \text{Cos}(\epsilon) + \text{Cos}(\beta) \times \text{Sin}(\epsilon) \times \text{Sin}(\lambda))$$

j. Menghitung Elongasi bulan

$$\text{Elongasi_bulan} = \text{Acos}(\text{Sin}(\delta_bulan) \times \text{Sin}(\delta_mat) + \text{Cos}(\delta_bulan) \times \text{Cos}(\delta_mat) \times \text{Cos}(\alpha_bulan - \alpha_mat))$$

k. Menghitung sudut fase bulan i

$$i = \text{atan}(R \times \text{Sin}(\text{elongasi_bulan})) / (\text{TGD_bulan} - R \times \text{Cos}(\text{elongasi_bulan}))$$

- l. Menghitung iluminasi bulan FIB

$$\text{FIB} = (1 + \cos(i)) / 2$$

- m. Menghitung hour angle (sudut jam)

$$H = - \text{LST} \times \alpha$$

4.2.5 Hitung Gaya Pasang Surut

Ketinggian permukaan air laut mempunyai karakteristik yang harmonik akibat gaya penggerak pasang surut yang berinteraksi dengan massa air laut, osilasi pasang surut berulang-ulang dengan periode tertentu.

Dengan menggunakan hukum gravitasi newton serta hukum kesetimbangan interaksi bumi-bulan, diperoleh potensial pasut W di titik permukaan bumi yang berjarak a pusat bumi (Vanicek, 1975).

$$W = \frac{3}{4} \kappa M \frac{a^2}{\rho^3} \left[\cos(2Z) + \frac{1}{3} \right] \quad (3.1)$$

Dimana:

a : Radius Bumi

ρ : Jarak pusat bumi dengan pusat bulan

k : Konstanta universal gravitasi

M : Massa bulan

Z : tinggi bulan

Sedangkan Mihardja merumuskan Elevasi pasang-surut (η) (Ongkosongo, 1989) adalah sebagai berikut:

$$\eta = \eta_{ast} + \eta_{met} + \eta_{shall} \quad (3.2)$$

dimana:

η_{ast} : elevasi pasut yang ditimbulkan oleh faktor astronomi

η_{met} : elevasi pasut akibat faktor meteorologi, seperti tekanan udara dan angin yang menimbulkan gelombang dan arus

η_{shall} : elevasi pasut yang ditimbulkan oleh efek gesekan dasar laut atau dasar perairan

Dari sini terlihat bahwa elevasi pasang surut dipengaruhi oleh 3 gaya penggerak yaitu disebabkan faktor astronomi, meteorology, dan efek gesekan dasar laut perairan. Kemudian untuk menghitung faktor astronomi yaitu gaya gravitasi bulan, dan matahari bertipe diurnal dapat diturunkan dari persamaan (3.1) sebagai berikut (Vanicek, 1975):

$$T = \frac{3}{4} \kappa M \frac{a^2}{\rho^3} \sin 2\phi \sin 2\delta \cos t \quad (3.3)$$

a : Radius Bumi

p : Jarak pusat bumi dengan pusat bulan

k : Konstanta universal gravitasi

M : Massa bulan

Φ : lintang pengamat

δ : deklinasi bulan

t : sudut jam (*hour angle*)

Dari rumusan vanicek dapat digunakan untuk menghitung ketinggian air laut, *sourcecode* untuk menghitung ketinggian air laut akibat gaya gravitasi yang bekerja dapat dilihat pada Gambar 3.25.

```
double calcTidalGravity(double M, double sudut, double L,
double phi, double delta, double t) {
    double Rb = 1737000;
    double K = 0.2725076;
    double a = 6378137;
    double p = Math.pow((L + a + Rb), 3);
    double hour_angle = Math.toRadians(180 - (t + 50));
    return (3.0 / 4.0) * K * M * (a * a / p) * Math.sin(2 *
phi) * Math.sin(2 * delta) * Math.cos(hour_angle);
}
```

Gambar 3.25 *Sourcecode* perhitungan ketinggian air laut

Untuk mendapatkan ketinggian air laut diperlukan perhitungan resultan ketinggian akibat gaya gravitasi bulan dan matahari, sehingga perlu menjumlahkan pengaruh ketinggian akibat pengaruh kedua gaya tersebut. Setelah dilakukan perhitungan resultan ketinggian dilanjutkan dengan melakukan normalisasi satuan agar sesuai dengan kondisi ketinggian yang sebenarnya.

```
double calcH(double sudut, double L, double phi, double delta,
double t) {
    double h1 = calcTidalGravity(7.3477E+22, sudut, L, phi, delta,
t);
    double h2 = calcTidalGravity(1.989E+30, mat.Z_r,
mat.R_km * 1000, bas.lin_geo_r,
mat.Delta_r, mat.hour_angle);
    double h = (h1*0.3) + (h2* 0.5); // resultan ketinggian
h = h / 1E+9; // samakan satuan
h = 0.9 + (h); // samakan titik tengah
    return h;
}
```

Gambar 3.26 *Sourcecode* perhitungan resultan ketinggian air laut

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

4.1 Langkah Uji Coba

Pada bab ini akan dilakukan proses pengujian terhadap program yang telah dibuat, untuk memberikan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan maka proses uji coba perhitungan dilakukan melalui 2 tahapan pengujian. Uji coba pertama dilakukan untuk mendapatkan gambaran dari pergerakan matahari dan bulan melalui proses visualisasi posisi dan bentuk muka dari fase bulan, sedangkan proses uji coba yang ke-dua dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari pergerakan matahari dan bulan terhadap ketinggian air laut. Untuk mendapatkan perubahan ketinggian muka air laut dilakukan perhitungan gaya pasang surut yang bekerja akibat interaksi bumi terhadap matahari dan bulan melalui data *ephemeris* hasil dari proses uji coba yang pertama.

Uji coba perhitungan data *ephemeris*, pada tahap ini akan dilakukan perhitungan data *ephemeris* matahari dan bulan dengan cara menghitung data masukan dari pengguna berupa data waktu, lokasi dan zona pengamat.



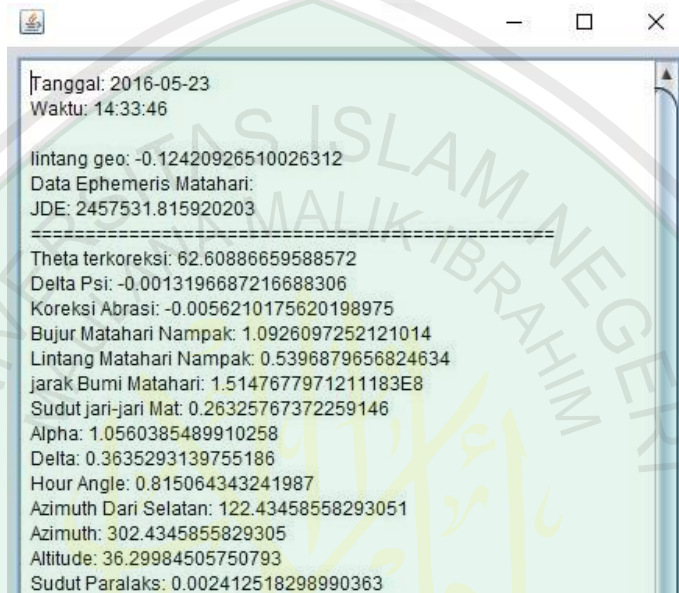
Gambar 4.1 Antarmuka menu aplikasi

Pada Gambar 4.1 merupakan antarmuka menu aplikasi yang terdapat pada tampilan utama aplikasi. Terdapat tombol pengaturan yang berfungsi untuk memasukkan data masukan waktu, lokasi dan zona waktu pengamatan.

Gambar 4.2 Antarmuka pengaturan

Gambar 4.2 merupakan *form* pengaturan yang digunakan untuk memberikan data masukan untuk menghitung data *ephemeris* matahari dan bulan. Data *inputan* tersebut adalah data waktu, lokasi, dan zona waktu. Data waktu yang dapat diinputkan kedalam program meliputi jam, menit, dan detik. Format jam yang digunakan mengikuti aturan dari 1 hari (24 jam), selain itu disediakan juga bagi pengguna menu yang digunakan untuk merubah tanggal, bulan, dan tahun. Pada bagian bawah *form* pengaturan disediakan ruang untuk memasukkan zona waktu, zona waktu yang digunakan mengikuti aturan standar yang umum (kota Greenwich di London sebagai titik acuan waktu 0). Pada bagian *layout* paling bawah pada *form* pengaturan terdapat *area* untuk memasukkan lokasi pengamatan. Lokasi pengamatan tersebut berupa koordinat *longitude* dan *latitude* pengamatan.

Setelah selesai memberikan data masukan pada *interface* tersebut dilanjutkan dengan memilih tombol *Save*, selanjutnya pada tampilan utama program memilih tombol *Detail Info* untuk mengetahui detail perhitungan data *ephemeris* matahari dan bulan.



```

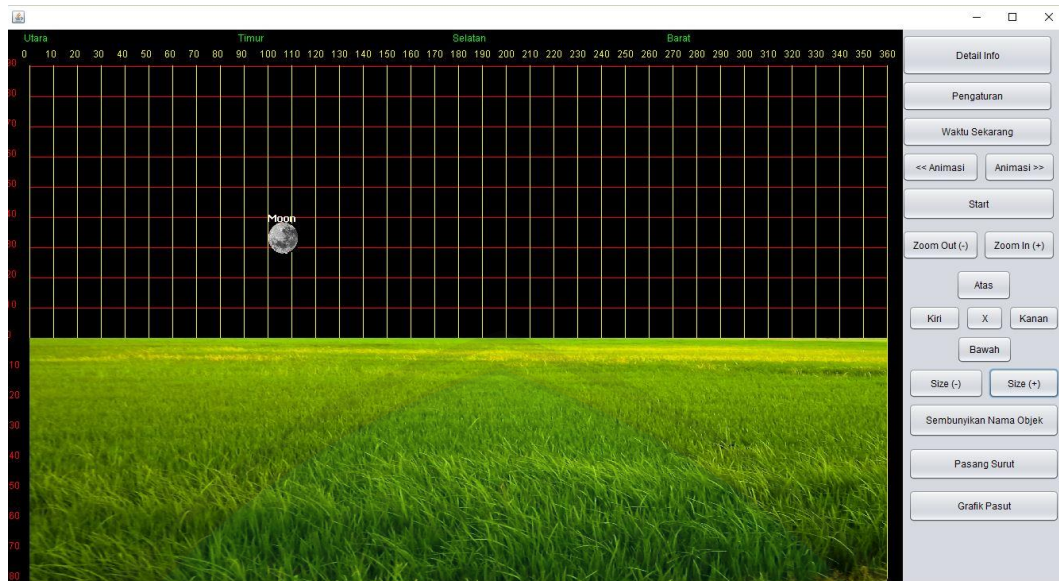
Tanggal: 2016-05-23
Waktu: 14:33:46

lintang geo: -0.12420926510026312
Data Ephemeris Matahari:
JDE: 2457531.815920203
=====
Theta terkoreksi: 62.60886659588572
Delta Psi: -0.0013196687216688306
Koreksi Abrasi: -0.0056210175620198975
Bujur Matahari Nampak: 1.0926097252121014
Lintang Matahari Nampak: 0.5396879656824634
jarak Bumi Matahari: 1.5147677971211183E8
Sudut jari-jari Mat: 0.26325767372259146
Alpha: 1.0560385489910258
Delta: 0.3635293139755186
Hour Angle: 0.815064343241987
Azimuth Dari Selatan: 122.43458558293051
Azimuth: 302.4345855829305
Altitude: 36.29984505750793
Sudut Paralaks: 0.002412518298990363

```

Gambar 4.3 Antarmuka informasi perhitungan data ephemeris

Hasil dari perhitungan data *ephemeris* matahari dan bulan dapat dilihat pada Gambar 4.3. Terdapat beberapa deskripsi terkait data posisi matahari dan bulan serta jarak matahari dan bulan terhadap bumi. Data *ephemeris* yang dihitung secara *realtime* kemudian digunakan untuk memvisualisasikan pergerakan matahari dan bulan. Penggambaran objek matahari dan bulan ini bersumber dari data posisi *altitude* dan *azimuth* yang telah dihitung sebelumnya.



Gambar 4.4 Antarmuka visualisasi pergerakan matahari dan bulan

Dari Gambar 4.4 menunjukkan hasil visualisasi pergerakan matahari dan bulan yang didapatkan dari perhitungan *ephemeris*, data *ephemeris* tersebut selanjutnya digunakan dalam proses penggambaran objek matahari dan bulan. Data-data tersebut meliputi *azimuth*, *altitude*, jarak bulan, jarak matahari dan *fraction illumination* bulan. Untuk mendapatkan animasi yang halus ketika proses *drawing* objek diberikan jeda waktu penggambaran sebesar 10 *milliseconds*, sedangkan untuk meminimalisir kebutuhan *resource* komputer yang besar ketika program dijalankan namun tetap dapat memberikan data visualisasi yang *realtime*, diberikan jeda perhitungan yang sedikit lebih lama yaitu sebesar satu detik.

4.2 Hasil Uji Coba

Berikut adaah hasil uji coba perhitungan data *ephemeris* serta ketinggian muka air laut di Pelabuhan Nusantara Brondong (PPN) Brondong Lamongan, mempunyai koordinat Latitude: -6.87410° dan Longitude: 112.27829° .

4.2.1 Hasil Uji Coba Perhitungan Data Ephemeris

Pada proses uji coba perhitungan data *ephemeris* matahari maupun bulan dibutuhkan program serupa yang mempunyai akurasi perhitungan yang tinggi. Program yang digunakan untuk uji verifikasi hasil perhitungan harus menggunakan metode perhitungan yang sama, program tersebut menggunakan algoritma Jean Meeus dengan model perhitungan *high accuracy Jean Meeus* (Dengan perbaikan parameter posisi yang lebih banyak).

Program Perhitungan Posisi Matahari dan Bulan Algoritma Meeus yang disusun oleh Rinto Anugraha digunakan sebagai alat bantu verifikasi program ini. Program tersebut disusun oleh seseorang yang memiliki *background* pendidikan tinggi dan menguasai ilmu astronomi, fisika, matematika dan ilmu falak. Dibandingkan dengan program aplikasi serupa seperti WinHisab 2010 dan WinFalak, program Anugraha lebih stabil dalam perhitungan data *ephemeris*. Dari hasil perbandingan data *ephemeris* yang dikeluarkan oleh BMKG untuk perhitungan hilal pada bulan Rajab, Sya'ban dan Ramadhan 1437 H, dibandingkan dengan program Rinto Anugraha mempunyai selisih sangat kecil yaitu dibawah 0.5 derajat, sehingga program tersebut relevan digunakan sebagai data perbandingan akurasi.

Berikut perbandingan hasil perhitungan kedua aplikasi dari pengujian perhitungan data *ephemeris* dalam beberapa waktu:

1. Tanggal Pengujian 7 Maret 2016

Tabel 4.1 Perbandingan hasil pengujian tanggal 7 Maret 2016

Jenis Data <i>Ephemeris</i> <i>Matahari</i>	Hasil Perhitungan Aplikasi	Program Rinto Anugraha	Akurasi %
Hasil Perhitungan Data <i>Ephemeris</i> Matahari			
Apparent longitude	17.57 derajat	17.57 derajat	100 %
Apparent latitude	-0.39 derajat	-0.39 derajat	100 %
Apparent right ascension	16.25 derajat	16.20 derajat	99.69 %
Apparent declination	6.77 derajat	6.89 derajat	98.23 %
TGD	1.001038 AU	1.001038 AU	100 %
Hour Angle	276.75 derajat	276.80 derajat	99.98 %
True obliquity	23.00 derajat	23.43 derajat	98.13 %
Hasil Perhitungan Data <i>Ephemeris</i> Bulan			
Apparent longitude	10.22 derajat	10.22 derajat	100 %
Apparent latitude	-1.67 derajat	-1.67 derajat	100 %
Apparent declination	2.43 derajat	2.50 derajat	97.12 %
TGD	357758.3 km	357758.3 km	100 %
Hour Angle	282.93 derajat	282.95 derajat	99.99 %
Sudut Fase	3.0098 derajat	3.0098 derajat	100 %
Elongasi (bulan - matahari)	7.53 derajat	7.53 derajat	100 %
Illuminasi	0.43 persen	0.43 persen	100 %
Akurasi Rata-Rata			99.54 %

2. Tanggal Pengujian 8 Maret 2016

Pengujian selanjutnya dilakukan pada tanggal 8 Maret 2016 waktu 06:00:00 WIB, dipilihnya tanggal tersebut karena bertepatan dengan terjadinya Oposisi planet Jupiter yaitu kondisi dimana matahari – bumi –

Jupiter berada pada garis yang sama. Berikut hasil perhitungan data *ephemeris* matahari dan bulan:

Tabel 4.2 Perbandingan hasil pengujian tanggal 8 Maret 2016

Jenis Data	Hasil Perhitungan Aplikasi	Program Rinto Anugraha	Akurasi %
Hasil Perhitungan Data <i>Ephemeris</i> Matahari			
Apparent longitude	18.55 derajat	18.55 derajat	100 %
Apparent latitude	-0.51 derajat	-0.51 derajat	100 %
Apparent right ascension	17.16 derajat	17.11 derajat	99.71 %
Apparent declination	7.14 derajat	7.26 derajat	98.32 %
TGD	1.001324 AU	1.001324 AU	100 %
Hour Angle	276.82 derajat	276.87 derajat	99.98 %
True obliquity	23.00 derajat	23.43 derajat	98.13 %
Hasil Perhitungan Data <i>Ephemeris</i> Bulan			
Apparent longitude	25.44	25.44 derajat	100 %
Apparent latitude	-2.92 derajat	-2.92 derajat	100 %
Apparent declination	6.94 derajat	7.12 derajat	97.41 %
TGD	357.217 km	357.217 km	100 %
Hour Angle	269.28 derajat	269.32 derajat	99.99 %
Sudut Fase	3.01 derajat	3.01 derajat	100 %
Elongasi (bulan - matahari)	7.48 derajat	7.48 derajat	100 %
Illuminasi	0.43 persen	0.43 persen	100 %
Akurasi Rata-Rata			99.57 %

3. Tanggal Pengujian 9 Maret 2016

Pengujian selanjutnya dilakukan pada tanggal 9 Maret 2016 waktu 06:00:00 WIB. Pada tanggal ini bertepatan dengan terjadinya gerhana matahari sebagian di koordinat pengamat.

Tabel 4.3 Perbandingan hasil pengujian tanggal 9 Maret 2016

Jenis Data <i>Ephemeris</i> Matahari	Hasil Perhitungan Aplikasi	Program Rinto Anugraha	Selisih
Hasil Perhitungan Data <i>Ephemeris</i> Matahari			
Apparent longitude	19.53 derajat	19.53 derajat	100 %
Apparent latitude	-0.60 derajat	-0.60 derajat	100 %
Apparent right ascension	18.09 derajat	18.03 derajat	99.67 %
Apparent declination	7.51 derajat	7.64 derajat	98.27 %
TGD	1.001609 AU	1.001609 AU	100 %
Hour Angle	276.88 derajat	276.94 derajat	99.98 %
True obliquity	23.00 derajat	23.43 derajat	98.13 %
Hasil Perhitungan Data <i>Ephemeris</i> Bulan			
Apparent longitude	40.65 derajat	40.65 derajat	100 %
Apparent latitude	-3.96 derajat	-3.96 derajat	100 %
Apparent declination	11.00 derajat	11.25 derajat	97.73 %
TGD	358.626 km	358.626 km	100 %
Hour Angle	255.41 derajat	255.47 derajat	99.98 %
Sudut Fase	2.77 derajat	2.77 derajat	100 %
Elongasi	21.47 derajat	21.47 derajat	100 %
Illuminasi	3.49 persen	3.49 persen	100 %
Akurasi Rata-Rata			99.68 %

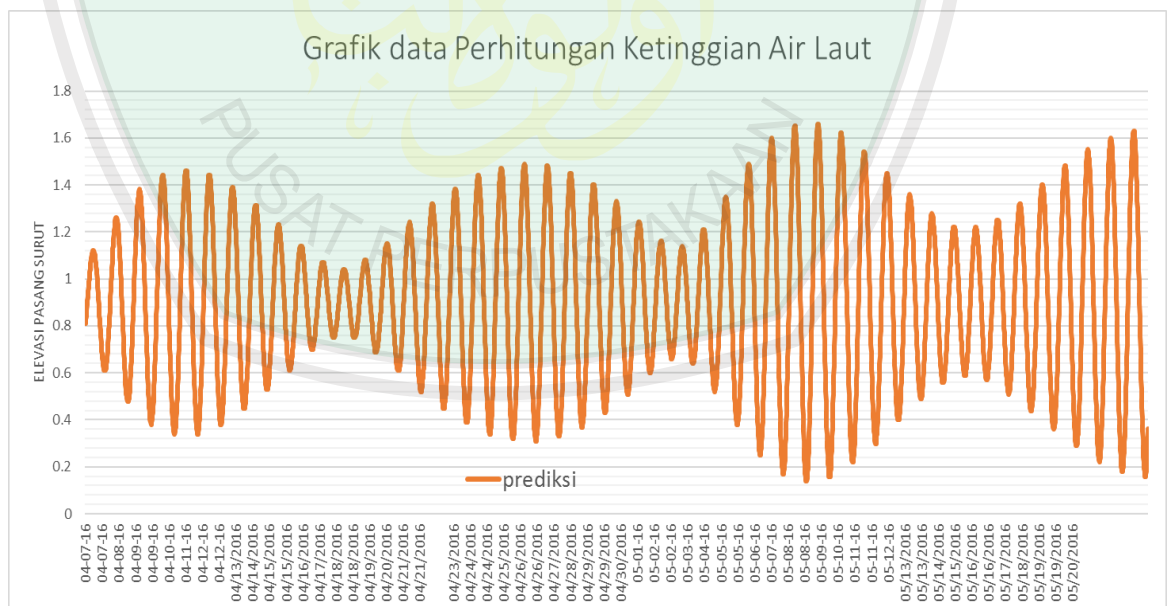
Total dari uji coba perhitungan data *ephemeris* dari 45 data:

$$\text{Akurasi rata-rata} = \frac{4480.426}{45} = 99.57 \%$$

4.2.2 Hasil Uji Coba Perhitungan Ketinggian Pasang Surut

Setelah dilakukan proses perhitungan data *ephemeris* matahari dan bulan selanjutnya dilakukan perhitungan ketinggian pasang surut air laut secara periodik dalam jangka waktu tertentu untuk mendapatkan pola ketinggian air laut. Jangka waktu yang digunakan sebagai uji coba perhitungan ketinggian air di PPN Brondong menyesuaikan ketersediaan data hasil pengukuran (observasi) dari alat yang tersedia di PPN Brondong yang disediakan oleh dinas Perikanan dan Kelautan brondong. Data observasi yang digunakan adalah periode bulan April-Mei 2016, tepatnya pada tanggal 7 April – 25 Mei 2016.

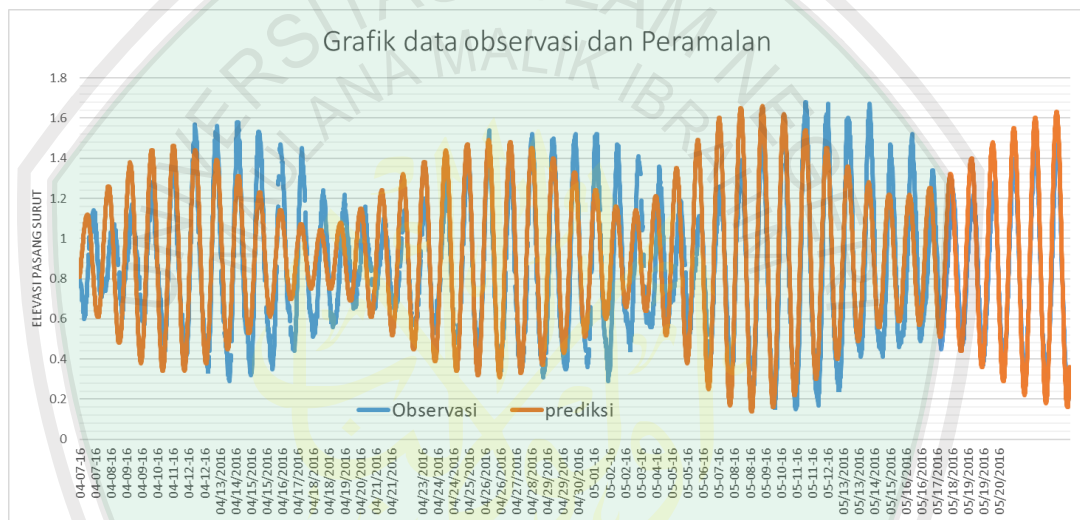
Berikut hasil perhitungan ketinggian air laut menggunakan data *ephemeris* matahari dan bulan tanggal 7 April-25 Mei 2016.



Gambar 4.5 Hasil Perhitungan Ketinggian Air

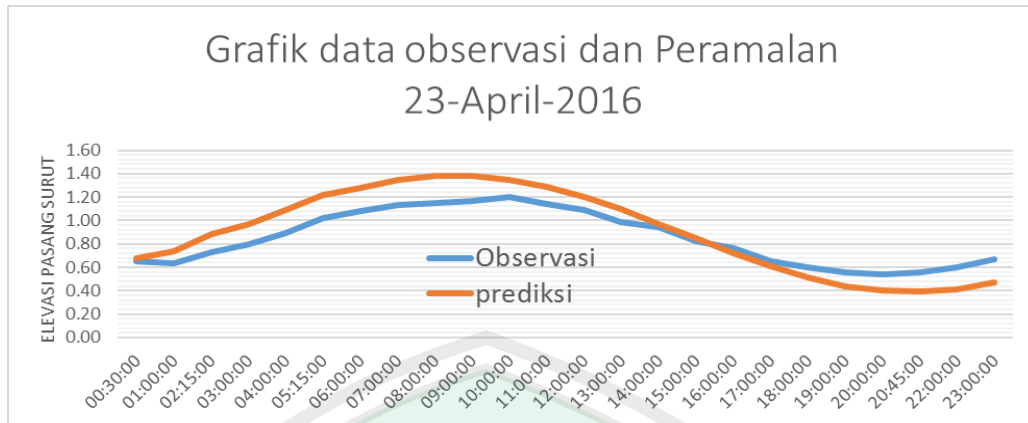
Gambar 4.5 merupakan hasil perhitungan ketinggian air laut, pasang tertinggi dan surut terendah terlihat terjadi pada tanggal 7-9 Mei 2016 sedangkan pasang

terendah dan surut tertinggi terjadi pada tanggal 16-19 April 2016. Hasil dari penggambaran data dalam sebuah diagram control pada Gambar 4.5 terlihat pola ketinggian air laut pada saat pasang tertinggi dan surut terendah berubah-ubah dipengaruhi oleh kedudukan bulan. Untuk melihat selisih data ketinggian air laut hasil observasi dan perhitungan maka perlu menggabungkan data *real* ketinggian air laut (hasil pengukuran) dengan data hasil perhitungan dalam sebuah *Control Chart* (diagram control), dapat dilihat hasilnya pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perbandingan Hasil Observasi dan Perhitungan Ketinggian Air

Gambar 4.6 merupakan data hasil penggabungan hasil observasi dan hasil perhitungan ketinggian dari tanggal 7 April hingga 25 Mei 2016. Agar dapat dilakukan analisa data yang lebih teliti dan mudah maka diambil sampel data dalam jangka 1 hari atau dengan periode 24 jam. Data yang diambil sebagai bahan percobaan adalah pada tanggal 23 April, dimulai pada jam 00:30 WIB hingga 23:00 WIB. Untuk melihat selisih diantara kedua data, maka data hasil perhitungan dan data hasil observasi dimasukkan kedalam *Control Chart* pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4.7 Perbandingan Hasil Observasi dan Perhitungan Ketinggian Air

Gambar 4.7 merupakan data hasil perhitungan dan hasil observasi dalam periode 24 jam, terdapat selisih ketinggian yang cukup terlihat. Untuk memudahkan perbandingan disajikan data dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Berikut rincian hasil perhitungan pasang surut yang dilakukan pada tanggal 23 April 2016, jam 00:30:00 – 23:00:00 WIB dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan 23 April 2016

No	Tanggal	Jam	Observasi (M)	Prediksi (M)	Akurasi %
1	04/23/2016	00:30:00	0.65	0.68	95.38
2	04/23/2016	01:00:00	0.63	0.74	82.54
3	04/23/2016	02:15:00	0.73	0.88	79.45
4	04/23/2016	03:00:00	0.80	0.97	78.75
5	04/23/2016	04:00:00	0.89	1.09	77.53
6	04/23/2016	05:15:00	1.02	1.22	80.39
7	04/23/2016	06:00:00	1.08	1.28	81.48
8	04/23/2016	07:00:00	1.13	1.35	80.53
9	04/23/2016	08:00:00	1.15	1.38	80.00
10	04/23/2016	09:00:00	1.17	1.38	82.05
11	04/23/2016	10:00:00	1.20	1.35	87.50

12	04/23/2016	11:00:00	1.14	1.29	86.84
13	04/23/2016	12:00:00	1.09	1.2	89.91
14	04/23/2016	13:00:00	0.99	1.1	88.89
15	04/23/2016	14:00:00	0.94	0.97	96.81
16	04/23/2016	15:00:00	0.82	0.85	96.34
17	04/23/2016	16:00:00	0.76	0.72	94.74
18	04/23/2016	17:00:00	0.65	0.61	93.85
19	04/23/2016	18:00:00	0.60	0.51	85.00
20	04/23/2016	19:00:00	0.56	0.44	78.57
21	04/23/2016	20:00:00	0.54	0.4	74.07
22	04/23/2016	20:45:00	0.56	0.39	69.64
23	04/23/2016	22:00:00	0.60	0.41	68.33
24	04/23/2016	23:00:00	0.67	0.47	70.15
Akurasi Rata-Rata					83.28 %

Perhitungan akurasi:

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

A = Akurasi perhitungan

Y_n = Nilai yang diharapkan

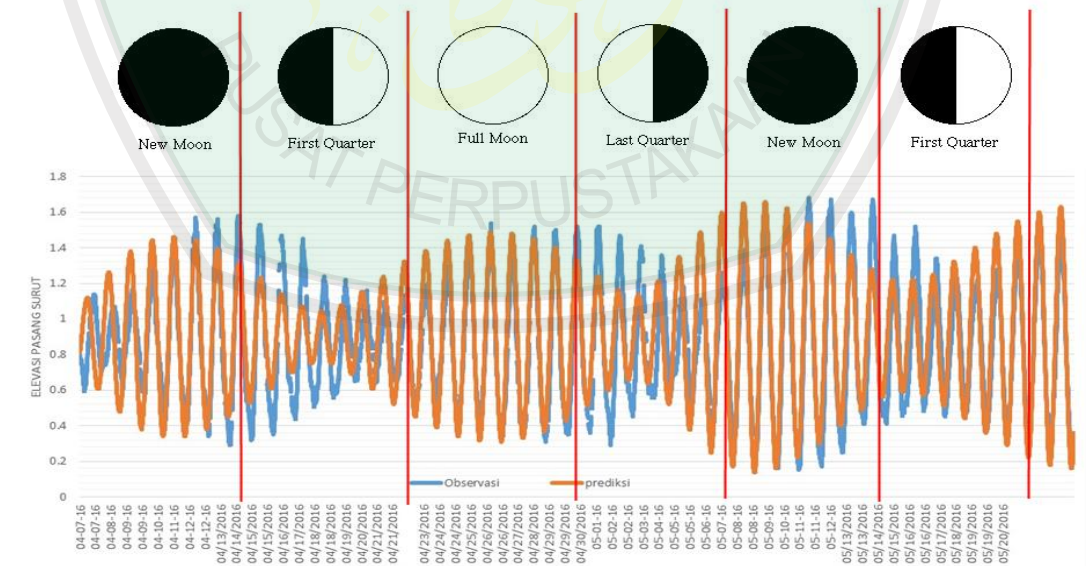
X_n = Nilai yang diukur

Dari Tabel 4.4 berisi 24 data hasil perhitungan ketinggian air laut yang dilakukan selama 24 jam. Data ketinggian air laut dihitung dengan satuan Meter. Dari tabel tersebut terlihat bahwa hasil perhitungan ketinggian air laut selama 24 jam mempunyai akurasi 83.28 %.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil uji coba perhitungan data *ephemeris* matahari dan bulan serta perhitungan ketinggian air laut, dari gambar dilakukan proses identifikasi keterkaitan antara fase bulan (umur bulan) dengan ketinggian air laut, hal ini diakibatkan oleh adanya gaya tarik menarik antara massa air laut dengan massa matahari dan bulan. Setelah dilakukan pencocokan antara data ketinggian air laut hasil observasi dan data ketinggian air laut hasil perhitungan menggunakan data *ephemeris* matahari dan bulan ternyata terjadi perbedaan ketinggian yang cukup mencolok, hal ini tentu sesuai teori gaya penggerak pasang surut yang bukan hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi.

Menurut Wibisono (2010) besar kecilnya arus dan ketinggian disamping karena pengaruh gaya gravitasi juga disebabkan oleh faktor tiupan angin musim, suhu permukaan laut yang berubah-ubah dan kecepatan angin.



Gambar 4.8 Pola ketinggian air laut hasil perhitungan sesuai dengan umur bulan

Dari Gambar 4.8 menunjukkan pola ketinggian air laut hasil perhitungan ternyata sesuai dengan kondisi *ideal* sebuah pasang surut yang disebabkan oleh gaya tarik menarik massa air laut dengan massa gravitasi dan bulan, dimana akan terjadi puncak pasang tertinggi dan surut terendah pada waktu 2 periode fase bulan yaitu pada saat bulan baru dan saat bulan purnama sedangkan pada waktu matahari – bumi - bulan membentuk sudut 90 derajat atau pada saat bulan berada pada posisi *First Quarter* dan *Last Quarter* akan terjadi pasang yang tidak begitu tinggi dan surut yang tidak begitu rendah. Berbeda dengan hasil observasi ketinggian air laut yang diambil dari data PPN Brondong yang posisi pasang tertinggi dan surut terendah tidak terjadi tepat pada *New Moon* dan *Full Moon* serta pasang terendah dan surut tertinggi tidak tepat terjadi pada bulan berada pada posisi *First Quarter* dan *Last Quarter* namun sedikit bergeser lebih lambat dari kondisi *ideal*.



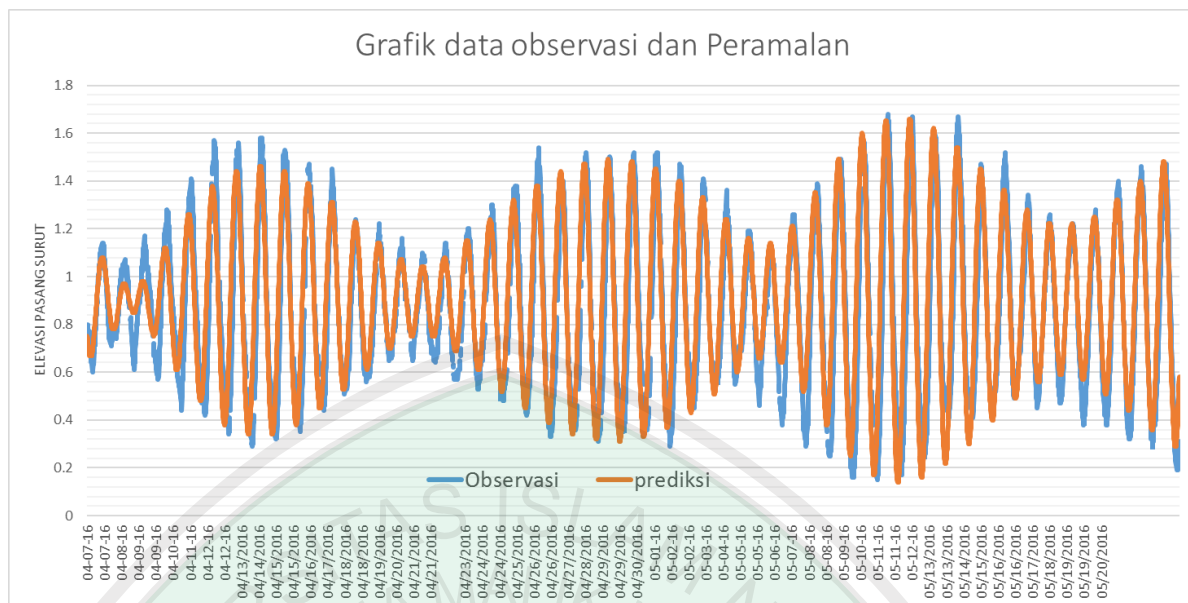
Gambar 4.9 Terjadi pergeseran terjadinya pasang terendah dan surut tertinggi

Hasil perbandingan kedua data, yaitu data hasil observasi dan perhitungan ketinggian air laut yang dibandingkan dengan posisi bulan pada saat bulan berada pada fase *First Quarter* (Gambar 4.9) memperlihatkan bahwa terjadi pergeseran pada data hasil observasi. Pasang terendah terjadi tidak tepat fase *First Quarter*

namun terjadi 3 hari lebih lambat dari kondisi *ideal*. Hal tersebut mempengaruhi ketepatan perhitungan pasang surut yang dilandaskan pada kondisi normal.

Terjadinya keterlambatan pada waktu pasang maupun surut merupakan suatu kondisi yang wajar, hal tersebut sering kali terjadi setelah dilakukan berbagai pengamatan. Hal serupa pernah terjadi pada penelitian Siregar (2012) bahwa pasang purnama juga tidak selalu berlangsung tepat pada saat syzyg (bulan baru atau bulan purnama) pasang surut di pelabuhan Hamburg Jerman berlangsung 1,5 hari lebih lambat. Minhardja merumuskan bahwa elevasi pasang surut dipengaruhi oleh 3 gaya penggerak yaitu disebabkan faktor astronomi, meteorology, dan efek gesekan dasar laut perairan. Dari ketiga gaya penggerak tersebut berpotensi memperlambat maupun mempercepat laju dari pasang dan surut air laut.

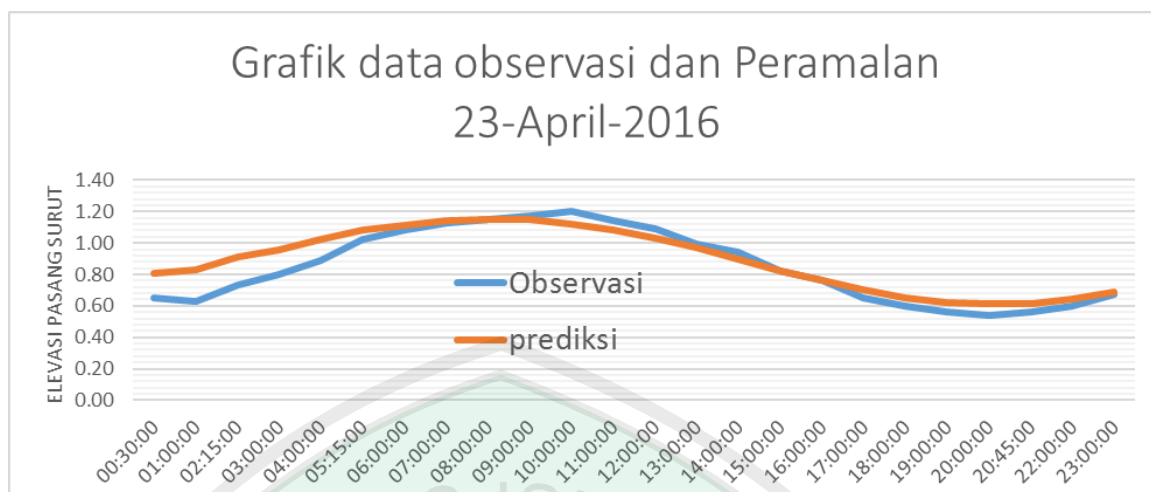
Data hasil pengamatan dilapangan ternyata menunjukkan terjadi perlambatan waktu pasang dan surut di lokasi pengujian. Sehingga data perhitungan akan menjadi tidak *valid* jika dibandingkan dengan hasil perhitungan ketinggian pasang surut. Dengan mengetahui perlambatan tersebut akurasi perhitungan ketinggian dapat ditingkatkan. Dengan menggeser hasil perhitungan pasang surut lebih lambat 3 hari akan memberikan hasil yang lebih baik. Hasil dari proses penggeseran data perhitungan yang digunakan untuk mengatasi ketidakcocokan fase gelombang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.10 Hasil pergeseran data hasil perhitungan ketinggian air laut

Gambar 4.10 merupakan perbandingan hasil perhitungan ketinggian air laut disertai dengan penggeseran sebanyak 3 gelombang (3 hari) dengan data hasil observasi pada PPN brondong. Sekilas data ketinggian pasang surut dari kedua data tidak berbeda jauh, hanya terjadi sedikit perbedaan pada awal bulan pada fase *New Moon* dan *Full Moon*. Data hasil perhitungan tersebut jauh lebih baik dibandingkan dengan data hasil perhitungan sebelum dilakukan pergeseran waktu.

Agar lebih jelas dalam mengamati perbedaan ketinggian dari kedua data, digunakan data pengamatan sebelumnya pada tanggal 23 April 2016 yang hanya mempunyai rentang waktu sebanyak 24 jam. Visualisasi ketinggian gelombang dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Hasil pergeseran data hasil perhitungan ketinggian air laut 23 April

Dari Gambar 4.11 dapat dilihat selisih terbesar hanya terjadi pada jam 00:30 hingga 04:00, yaitu dalam rentang selisih terbesar 0.2 meter hingga terkecil 0.13 meter, sedangkan data perhitungan selanjutnya pada jam 05:15 – 23:00 selisihnya sangat kecil yaitu 0.00 hingga terbesar 0.08 meter. Hal ini menunjukkan terjadi perbaikan akurasi perhitungan yang sangat besar dibandingkan data perhitungan sebelum dilakukan pergeseran data, nilai pergeseran itu telah sesuai dengan perlambatan gelombang pasang surut dilapangan akibat interaksi dengan gaya pembangkit pasang surut diluar akibat interaksi gaya gravitasi matahari dan bulan yaitu terlambat 3 gelombang (3 hari).

Untuk lebih jelas mengenai rincian selisih ketinggian air setelah dilakukan pergeseran pada data perhitungan pada tanggal 23 April, dibuat penyajian data dalam bentuk tabel yang berisi selisih data perhitungan dan data observasi ketinggian air laut. Dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data ketinggian air laut setelah dilakukan penggeseran

No	Tanggal	Jam	Observasi (M)	Prediksi (M)	Akurasi %
1	04/23/2016	00:30:00	0.65	0.81	75.38

2	04/23/2016	01:00:00	0.63	0.83	68.25
3	04/23/2016	02:15:00	0.73	0.91	75.34
4	04/23/2016	03:00:00	0.80	0.96	80.00
5	04/23/2016	04:00:00	0.89	1.02	85.39
6	04/23/2016	05:15:00	1.02	1.08	94.12
7	04/23/2016	06:00:00	1.08	1.11	97.22
8	04/23/2016	07:00:00	1.13	1.14	99.12
9	04/23/2016	08:00:00	1.15	1.15	100.00
10	04/23/2016	09:00:00	1.17	1.15	98.29
11	04/23/2016	10:00:00	1.20	1.12	93.33
12	04/23/2016	11:00:00	1.14	1.08	94.74
13	04/23/2016	12:00:00	1.09	1.03	94.50
14	04/23/2016	13:00:00	0.99	0.97	97.98
15	04/23/2016	14:00:00	0.94	0.9	95.74
16	04/23/2016	15:00:00	0.82	0.82	100.00
17	04/23/2016	16:00:00	0.76	0.76	100.00
18	04/23/2016	17:00:00	0.65	0.7	92.31
19	04/23/2016	18:00:00	0.60	0.65	91.67
20	04/23/2016	19:00:00	0.56	0.62	89.29
21	04/23/2016	20:00:00	0.54	0.61	87.04
22	04/23/2016	20:45:00	0.56	0.61	91.07
23	04/23/2016	22:00:00	0.60	0.64	93.33
24	04/23/2016	23:00:00	0.67	0.69	97.01

Selisih rata-rata	91.30 %
--------------------------	---------

Pada Tabel 4.5 dapat dilihat hasil perhitungan ketinggian air laut yang telah digeser 3 hari mempunyai akurasi yang meningkat yaitu mencapai 91.30 %. Jika dibandingkan data pengukuran yang sama sebelum dilakukan penggeseran mempunyai hasil akurasi yang lebih kecil yaitu 83.28 %, rincian perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.4. Hal ini mengindikasikan bahwa akurasi perhitungan ketinggian air laut meningkat 8.02 %.

4.4 Integrasi Penelitian dengan Al-Qur'an

Allah SWT menciptakan alam semesta beserta isinya bukan tanpa sebuah alasan, dibalik penciptaan alam tersembunyi begitu banyak hikmah dan manfaat yang bisa diambil oleh manusia. Salah satu bentuk hikmah yang tersembunyi dibalik fenomena alam yang ada disekitar kita adalah beredarnya benda-benda langit secara teratur, dengan mengkaji lebih jauh tentang pergerakan matahari dan bulan akan memberikan lebih banyak pengetahuan bagi kita. Sesuai yang disebutkan pada Al-Qur'an Surat Ali Imran Ayat 190.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَبْصَارِ ۙ ١٩٠

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (QS. Ali Imran 3:190).

Al-Qurtubi dalam tafsirnya menerangkan bahwa ayat ini merupakan awal ayat-ayat penutup surah Ali-Imran, dimana pada ayat ini Allah swt. memerintahkan kita untuk melihat, merenung, dan mengambil kesimpulan, pada tanda-tanda ke-

Tuhanan. Tanda itu berupa penciptaan langit dan bumi serta bergantinya malam dan siang. Pada ayat ini menyebutkan "...terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal." Inilah salah satu fungsi akal yang diberikan kepada seluruh manusia, yaitu agar mereka dapat menggunakan akal tersebut untuk merenung tanda-tanda yang telah diberikan Allah SWT (Rosyadi, et al, 2008).

Peredaran bumi beserta benda-benda yang mengelilinginya merupakan suatu hal yang telah ditetapkan Allah untuk memberi manfaat kepada makhluk-Nya. Tidak terlepas pula keterkaitan antara satu ciptaan dengan ciptaan lain untuk membentuk suatu kemanfaatan seperti halnya peredaran bulan dan matahari yang diceritakan secara detail dalam Al-Qur'an Surat Yasin ayat 38-40.

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ - ٣٨ - وَالْقَمَرَ قَدَرْنَا مَنَازِلَ حَتَّىٰ
عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ - ٣٩ - لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ
النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ٤٠

Artinya: "Dan matahari berjalan di tempat peredarannya. Demikianlah ketetapan Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui. (38) Dan telah Kami tetapkan bagi bulan manzilah-manzilah, sehingga (setelah dia sampai ke manzilah yang terakhir) kembalilah dia sebagai bentuk tandan yang tua. (39) Tidaklah mungkin bagi matahari mendapatkan bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Dan masing-masing beredar pada garis edarnya. (QS. Yaasin 36: 38- 40)".

Dijelaskan dalam tafsir Al-Misbah bahwa matahari beredar pada garis edarnya sebagai bukti kekuasaan Allah dalam dimensi ruang dan waktu. Peredaran itu terjadi karena diatur oleh Sang Mahaperkasa yang Mahakuasa, yang ilmu-Nya meliputi segala sesuatu.

Dan bulan--dengan pemeliharaan Kami--Kami jadikan menempati posisi-posisi tertentu. Dengan sebab itulah, pada awalnya, bulan terlihat kecil yang malam demi

malam semakin bertambah besar hingga sempurna membentuk bulan purnama. Setelah itu bulan--secara berangsur-angsur pula--mengecil kembali hingga terlihat seperti pertama kali muncul, bagaikan tandan yang segar kemudian menua dan mulai melengkung, layu dan menguning.

Tafsir Al-Misbah Surat Yaasin ayat 40 menjelaskan bahwa Matahari tidak akan melenceng dari tata aturannya sehingga mendahului bulan dan masuk dalam peredarannya. Demikian pula malam, tidak akan mendahului siang dan menghalangi kemunculannya. Akan tetapi siang dan malam itu selalu silih berganti. Baik matahari, bulan dan lainnya senantiasa beredar dalam garis edarnya dan tidak pernah melenceng. Ayat-ayat suci ini mengisyaratkan suatu fakta ilmiah yang baru ditemukan oleh para astronom di awal abad ke-17 M. Sebagai salah satu bintang, matahari--sebagaimana halnya bintang-bintang lainnya--memiliki gerak edarnya sendiri. Keistimewaan yang ada pada matahari adalah, pertama, posisinya sebagai bintang yang dekat dengan bumi dan, kedua, ia memiliki sekumpulan planet yang, karena gaya tarik gravitasi matahari, bergerak mengelilingi matahari dalam bentuk oval. Singkatnya, baik matahari, bumi, bulan dan seluruh planet serta benda-benda langit lainnya bergerak di ruang angkasa luar dengan kecepatan dan arah tertentu. Di sisi lain, matahari dengan tata suryanya berada dalam suatu nebula besar yang disebut dengan Bimasakti. Dalam penemuan modern, dijelaskan bahwa seluruh planet yang berada di Bimasakti itu beredar mengelilingi satu pusat dengan kecepatan yang sesuai dengan kedekatan atau kejauhannya ke pusat. Dijelaskan pula bahwa matahari, bumi dan planet-planet itu beredar dengan kecepatan dan arah tertentu. Kecepatan edarnya itu bisa mencapai sekitar 700 kilometer per detik dan peredarannya mengitari pusat membutuhkan waktu sekitar 200 juta tahun cahaya.

Demikianlah, ayat suci ini menegaskan suatu penemuan ilmiah yang belum ditemukan kecuali pada awal abad ini, bahwa matahari senantiasa bergerak pada garis edarnya. Karenanya, matahari tidak dapat mendahului bulan, karena keduanya beredar dalam suatu gerak linier yang tidak mungkin dapat bertemu. Sebagaimana malam pun tidak dapat mendahului siang, kecuali jika bumi berputar pada porosnya dari timur ke barat, tidak seperti seharusnya, bergerak dari barat ke timur. Bulan saat mengelilingi bumi, dan bumi saat mengelilingi matahari harus melewati kumpulan bintang-bintang yang kemudian memunculkan posisi-posisi (manâzil) bulan. Maka kita saksikan pada seperempat pertama dan kedua, bulan terlihat seperti tandan yang tua.

Lebih jauh mengenai pergerakan matahari dan bulan Allah SWT menggambarkan fenomena ini dalam Surat Al-Anbiyâ' ayat 33.

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ

Artinya: *“Dan Dialah yang telah menciptakan malam dan siang, matahari dan bulan. Masing-masing dari keduanya itu beredar di dalam garis edarnya”*.

Dalam tafsir Al-Misbah dijelaskan bahwa Allahlah yang menciptakan malam, siang, matahari dan bulan. Semua itu berjalan pada tempat yang telah ditentukan Allah dan beredar pada porosnya masing-masing yang tidak akan pernah melenceng dari garis edarnya. Masing-masing benda langit mempunyai poros dan garis edar sendiri-sendiri. Semua benda langit itu tidak pernah kenal diam, tetapi terus beredar pada garis edarnya yang disebut orbit.

Dari ayat tersebut dapat dijadikan pijakan skripsi yang peneliti angkat. Bahwa Allah SWT menciptakan alam semesta dalam sebuah keteraturan. Keteraturan-

keteraturan ini memberikan banyak hikmah kepada manusia salah satunya adalah membantu manusia dalam memprediksi posisi dan jarak dari benda-benda langit. Dengan mengetahui posisi dan jarak dari benda-benda langit manusia akan dimudahkan dalam kegiatan sehari-hari. Perhitungan data *ephemeris* merupakan salah satu manfaat yang didapatkan akibat keteraturan planet-planet meng-orbit kepada matahari. Para ilmuwan dengan rutin melakukan pengamatan-pengamatan posisi benda-benda langit sehingga melahirkan tabel-tabel astronomis, contohnya adalah tabel VSOP87 dan ELP2000.

Data *ephemeris* yang berisi nilai-nilai koordinat benda-benda langit dapat dimanfaatkan untuk memprediksi fenomena yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya untuk memprediksi ketinggian air laut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

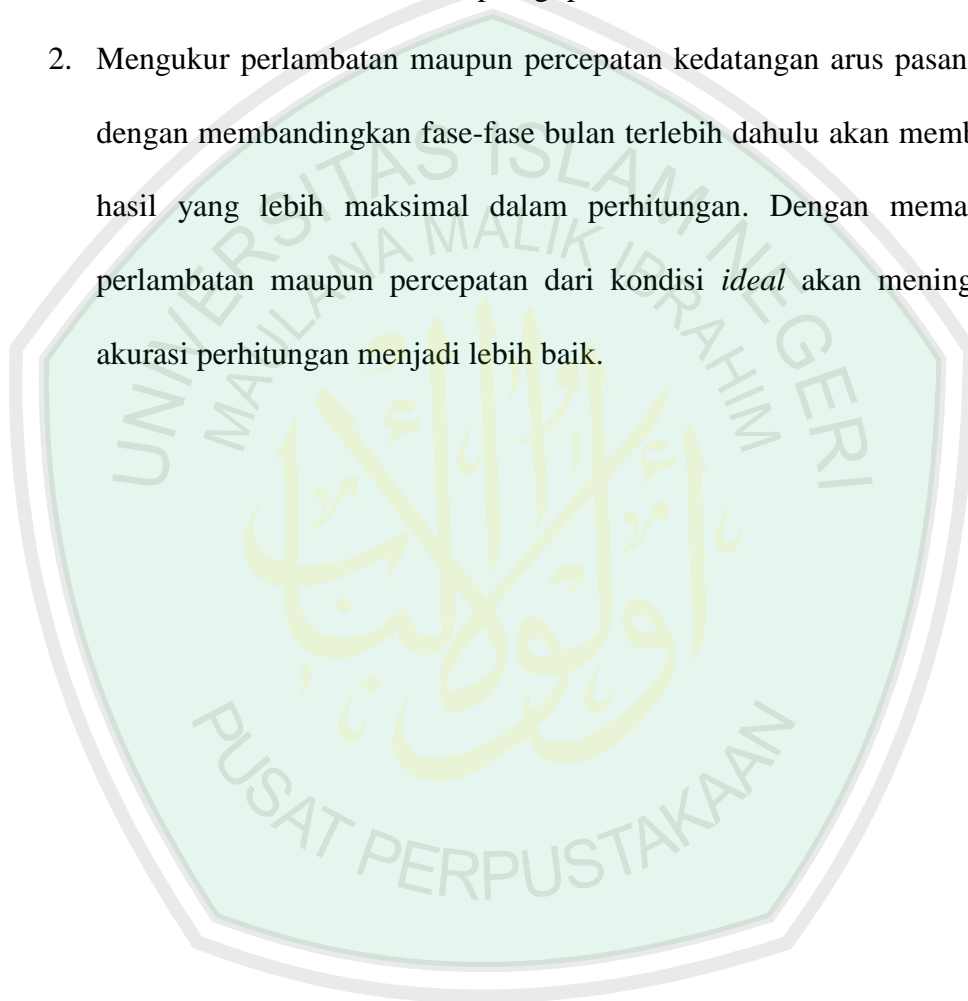
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dikerjakan, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil:

1. Algoritma Jean Meeus sebagai salah satu metode yang dikembangkan untuk perhitungan data *ephemeris* planet-planet dan satelit di tata surya seperti bumi dan bulan. Dari pengujian yang telah dilakukan menghasilkan akurasi yang cukup tinggi yaitu 99.57 %, jika dibandingkan dengan data yang dipublikasikan oleh BMKG mempunyai selisih perhitungan dibawah 1 derajat.
2. Dari hasil uji coba menunjukkan akurasi perhitungan ketinggian air laut sebesar 83.28%, karena hanya bersumber dari pengaruh gaya gravitasi bulan dan matahari. Perhitungan hanya memberikan akurasi terbaik pada kondisi *ideal* tanpa adanya pengaruh dari angin, suhu, kondisi geografis dasar laut dan topologi pantai. Dari hasil pengukuran ketinggian air laut memberikan kesimpulan terjadi perlambatan pada kedatangan gelombang pasang surut di PPN Brondong selama 3 hari. Dengan data perlambatan kedatangan arus pasang dan surut di PPN Brondong dapat digunakan untuk memperbaiki akurasi perhitungan dengan menggeser data perhitungan sebesar 3 gelombang. Hasil dari pergeseran data memberikan akurasi yang jauh lebih baik jika dibandingkan dengan sebelum dilakukan pergeseran yaitu sebesar 91.3%.

5.2 Saran

Untuk pengembangan akurasi perhitungan ketinggian air laut ini, diperlukan beberapa perbaikan untuk mencapai hasil yang lebih maksimal, diantaranya:

1. Menambahkan faktor gaya penggerak pasang surut lain seperti suhu, angin dan kondisi dasar laut serta topologi pantai.
2. Mengukur perlambatan maupun percepatan kedatangan arus pasang surut dengan membandingkan fase-fase bulan terlebih dahulu akan memberikan hasil yang lebih maksimal dalam perhitungan. Dengan memasukkan perlambatan maupun percepatan dari kondisi *ideal* akan meningkatkan akurasi perhitungan menjadi lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Al Bermani M. J. F., Baghdadi H. H. J. (2011). *New Moon Dates and Coordinates*. Iraqi Journal of science, vol.52, No.2, 2011, pp.237-246.
- Anugraha R. (2012). *Mekanika Benda Langit, Kumpulan Tulisan Tentang Ilmu Hisab atau Ilmu Falak*. Yogyakarta: Jurusan Fisika UGM, td, 2012.
- Armstrong P., Izygon M. (2013). *An Innovative Software for Analysis of Sun Position Algorithms*. SolarPACES 2013. Energy Procedia 49 (2014) 2444 – 2453.
- Bishop, J.M. 1984. *Aplied Oceanography*. John Willey and Sons, Inc. New York. 252 p.
- D. E. Wells, P. Vaniček. (1975). *Alignment of Geodetic and Satellite Coordinate Systems to The Average Terrestrial System*. Article in Bulletin Gæodésique 117(1):241-257. September 1975 With 19 Reads DOI: 10.1007/BF02521620.
- Fragal, M. (2015). *Analisis Pasang Surut Pelabuhan Dili Dari Model Pasang Surut Global Tpxo 7.1 Dan Pengamatan Langsung*. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Gross, M. 1990. *Oceanography sixth edition*. New Jersey: Prentice-Hall.Inc.
- Khasanah, Uswatun. I. (2014). *Perhitungan Nilai Chart Datum Stasiun Pasang Surut Jepara Berdasarkan Periode Pergerakan Bulan, Bumi, Dan Matahari Menggunakan Data Pasut Tahun 1994 S.D 2013*. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Manupraba, W. dkk. (2016). *Surat Ya Sin Ayat 38*. <http://tafsirq.com/36-yasin/ayat-38#tafsir-quraish-shihab> Diakses pada 10 Juni 2016
- Manupraba, W. dkk. (2016). *Surat Ya Sin Ayat 39*. <http://tafsirq.com/36-yasin/ayat-39#tafsir-quraish-shihab> Diakses pada 10 Juni 2016
- Manupraba, W. dkk. (2016). *Surat Ya Sin Ayat 40*. <http://tafsirq.com/36-yasin/ayat-40#tafsir-quraish-shihab> Diakses pada 10 Juni 2016.
- Meeus, Jean. (1998). *Astronomical Algorithms Second Edition*. Virginia: Willmann-Bell, Inc.
- Morrison, L. and Stephenson, F. R. (2004). *Polynomial Expressions for Delta T (ΔT)* [online]. Tersedia: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEcat5/deltatpoly.html> Diakses pada 17-Maret-2016 pukul 07:30 WIB.

- Mulyana Iskandar, Yel Betty Mesra. (2012). *Using Algorithm Jean Meuus and Solrad Simulation Application in Determining Early Months Qamariyah*. International Congress on Interdisciplinary Business and Social Science 2012 (ICIBSoS 2012). Procedia - Social and Behavioral Sciences 65 (2012) 845 – 853.
- Nurmila, A. (2008). *Karakteristik Fisika Kimia Perairan dan Kaitannya dengan Distribusi serta Kelimpahan Larva Ikan di Teluk Palabuhan Ratu*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Nontji, A. (2005). *Laut Nusantara*. Cetakan Keempat. Djambatan. Jakarta.
- Prakoso, Yudhoyono (2015). *Kontribusi Konstanta Pasang Surut Perairan Dangkal Terhadap Pasang Surut Di Sekitar Pulau Jawa*. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Pregiwati. (2014). *Potensi PNBK Sektor Kelautan Capai Rp 25 Triliun* [online]. Tersedia: <http://kkp.go.id/index.php/berita/potensi-pnbp-sektor-kelautan-capai-rp-25-triliun/>. Diakses pada 3-Februari-2016.
- Pannekoek, A. (1989). *A History of Astronomy*. New York: Dover Publication, Inc.
- Rizal Yusie, Wibowo Hasta. (2012). *Application of Solar Position Algorithm for Sun-Tracking System*. International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application [ICSEEA 2012]. Energy Procedia 32 (2013) 160 – 165.
- Rosyadi, Ahmad Zubairin. (2008). *Al Jami' li Ahkam Al-Qur'an: Tafsir Al Qurtubi*. Jakarta: Pustaka Azzam. hlm. 765-784.
- Rufaida, N.H. (2008). *Perbandingan Metode Meast Square (Program World Tides dan Program Tifa) dengan Metode Admiralty dalam Analisis Pasang Surut, Tugas Akhir, Oseanografi, Institut Teknologi Bandung, Bandung*.
- Salima Muhammad, Dwarakish Dr. G. S. (2015). *Weekly Prediction of Tides Using Neural Networks*. 8th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2015). Procedia Engineering 116 (2015) 678 – 682.
- Siregar Suryadi. (2012). *Mekanika Benda Langit: AS3102*. DEA Astronomi, FMIPA-ITB BANDUNG 2012.
- Sutantyo. (1984). *Astrofisika Mengenal Bintang*. Bandung. Penerbit ITB.
- Terry Mahoney. *Astronomi*. (2003). Jakarta. Elex media Komputindo.
- The Open University Course Team, 1999, "Waves, Tides and Shallow Water Processes", Edisi ke-2, Butterworth-Heinemann, Oxford.

Zulkarnain M., Purwanti P., Indrayani E. (2013). *Analisis Pengaruh Nilai Produksi Perikanan Budidaya Terhadap Produk Domestik Bruto Sektor Perikanan Di Indonesia*. Jurnal ECSOFiM Vol. 1 No. 1, 2013 52.



LAMPIRAN

Date	Time	Depth (M)	Date	Time	Depth (M)
04-07-16	00:00:00	0.79	04-08-16	18:45:00	0.96
04-07-16	00:15:00	0.8	04-08-16	19:00:00	0.89
04-07-16	00:30:00	0.76	04-08-16	19:15:00	0.9
04-07-16	00:45:00	0.77	04-08-16	19:30:00	0.88
04-07-16	01:00:00	0.78	04-08-16	19:45:00	0.87
04-07-16	01:15:00	0.77	04-08-16	20:00:00	0.87
04-07-16	01:30:00	0.77	04-08-16	20:30:00	0.82
04-07-16	01:45:00	0.76	04-08-16	20:45:00	0.82
04-07-16	02:00:00	0.77	04-08-16	21:00:00	0.83
04-07-16	02:15:00	0.74	04-08-16	21:15:00	0.78
04-07-16	02:30:00	0.74	04-08-16	21:30:00	0.78
04-07-16	02:45:00	0.69	04-08-16	21:45:00	0.75
04-07-16	03:00:00	0.7	04-08-16	22:00:00	0.75
04-07-16	03:15:00	0.71	04-08-16	22:15:00	0.73
04-07-16	03:30:00	0.69	04-08-16	22:30:00	0.7
04-07-16	03:45:00	0.68	04-08-16	22:45:00	0.72
04-07-16	04:00:00	0.69	04-08-16	23:00:00	0.68
04-07-16	04:15:00	0.64	04-08-16	23:15:00	0.67
04-07-16	04:30:00	0.68	04-08-16	23:30:00	0.67
04-07-16	04:45:00	0.63	04-08-16	23:45:00	0.65
04-07-16	05:00:00	0.63	04-09-16	00:00:00	0.63
04-07-16	05:15:00	0.6	04-09-16	00:15:00	0.63
04-07-16	05:30:00	0.64	04-09-16	00:30:00	0.64
04-07-16	05:45:00	0.61	04-09-16	00:45:00	0.61
04-07-16	06:00:00	0.61	04-09-16	01:00:00	0.68
04-07-16	06:15:00	0.65	04-09-16	01:15:00	0.68
04-07-16	06:30:00	0.65	04-09-16	01:30:00	0.65
04-07-16	06:45:00	0.63	04-09-16	01:45:00	0.7
04-07-16	07:00:00	0.69	04-09-16	02:00:00	0.72
04-07-16	07:15:00	0.68	04-09-16	02:15:00	0.76
04-07-16	07:30:00	0.68	04-09-16	02:30:00	0.73
04-07-16	07:45:00	0.71	04-09-16	02:45:00	0.77
04-07-16	08:00:00	0.73	04-09-16	03:00:00	0.79
04-07-16	08:15:00	0.72	04-09-16	03:15:00	0.8
04-07-16	08:30:00	0.77	04-09-16	03:30:00	0.82

04-07-16	08:45:00	0.78	04-09-16	03:45:00	0.8
04-07-16	09:00:00	0.81	04-09-16	04:00:00	0.81
04-07-16	09:15:00	0.84	04-09-16	04:15:00	0.84
04-07-16	09:30:00	0.84	04-09-16	04:30:00	0.85
04-09-16	04:45:00	0.85	04-10-16	12:30:00	1.21
04-09-16	05:00:00	0.87	04-10-16	12:45:00	1.19
04-09-16	05:15:00	0.9	04-10-16	13:00:00	1.14
04-09-16	05:30:00	0.9	04-10-16	13:15:00	1.13
04-09-16	05:45:00	0.9	04-10-16	13:30:00	1.08
04-09-16	06:00:00	0.92	04-10-16	13:45:00	1.06
04-09-16	06:15:00	0.91	04-10-16	14:00:00	1.03
04-09-16	06:30:00	0.89	04-10-16	14:15:00	1.01
04-09-16	06:45:00	0.92	04-10-16	14:30:00	0.97
04-09-16	07:00:00	0.92	04-10-16	14:45:00	0.98
04-09-16	07:15:00	0.93	04-10-16	15:00:00	0.95
04-09-16	07:30:00	0.96	04-10-16	15:15:00	0.92
04-09-16	07:45:00	0.97	04-10-16	15:30:00	0.92
04-09-16	08:00:00	0.98	04-10-16	15:45:00	0.9
04-09-16	08:15:00	0.96	04-10-16	16:00:00	0.9
04-09-16	08:30:00	1.04	04-10-16	16:15:00	0.86
04-09-16	08:45:00	1.02	04-10-16	16:30:00	0.86
04-09-16	09:00:00	1.06	04-10-16	16:45:00	0.87
04-09-16	09:15:00	1.07	04-10-16	17:00:00	0.82
04-09-16	09:30:00	1.08	04-10-16	17:15:00	0.82
04-09-16	09:45:00	1.07	04-10-16	17:30:00	0.83
04-09-16	10:00:00	1.12	04-10-16	17:45:00	0.77
04-09-16	10:15:00	1.12	04-10-16	18:00:00	0.76
04-09-16	10:30:00	1.13	04-10-16	18:15:00	0.77
04-09-16	10:45:00	1.11	04-10-16	18:30:00	0.73
04-09-16	11:00:00	1.14	04-10-16	18:45:00	0.74
04-09-16	11:15:00	1.17	04-10-16	19:00:00	0.75
04-09-16	11:30:00	1.15	04-10-16	19:15:00	0.7
04-09-16	11:45:00	1.13	04-10-16	19:30:00	0.69
04-09-16	12:00:00	1.13	04-10-16	19:45:00	0.67
04-09-16	12:15:00	1.12	04-10-16	20:00:00	0.7
04-09-16	12:30:00	1.08	04-10-16	20:15:00	0.66
04-09-16	12:45:00	1.09	04-10-16	20:30:00	0.65
04-09-16	13:00:00	1.11	04-10-16	20:45:00	0.65
04-09-16	13:15:00	1.07	04-10-16	21:00:00	0.62
04-09-16	13:30:00	1.03	04-10-16	21:15:00	0.6
04-09-16	14:00:00	1.03	04-10-16	21:30:00	0.58

04-09-16	14:15:00	1.04	04-10-16	21:45:00	0.57
04-09-16	14:30:00	1.04	04-10-16	22:00:00	0.56
04-09-16	14:45:00	1.02	04-10-16	22:15:00	0.58
04-09-16	15:00:00	0.96	04-10-16	22:30:00	0.55
04-09-16	15:15:00	0.99	04-10-16	22:45:00	0.56
04-10-16	23:00:00	0.54	04-11-16	09:30:00	1.32
04-10-16	23:15:00	0.55	04-11-16	09:45:00	1.35
04-10-16	23:30:00	0.55	04-11-16	10:00:00	1.35
04-10-16	23:45:00	0.54	04-11-16	10:15:00	1.37
04-11-16	00:00:00	0.52	04-11-16	10:30:00	1.37
04-11-16	00:15:00	0.5	04-11-16	10:45:00	1.37
04-11-16	00:30:00	0.5	04-11-16	11:00:00	1.4
04-11-16	00:45:00	0.49	04-11-16	11:15:00	1.41
04-11-16	01:00:00	0.47	04-11-16	11:30:00	1.38
04-11-16	01:15:00	0.48	04-11-16	11:45:00	1.37
04-11-16	01:30:00	0.44	04-11-16	12:00:00	1.4
04-11-16	01:45:00	0.5	04-11-16	12:15:00	1.35
04-11-16	02:00:00	0.5	04-11-16	12:30:00	1.35
04-11-16	02:15:00	0.51	04-11-16	12:45:00	1.31
04-11-16	02:30:00	0.56	04-11-16	13:00:00	1.33
04-11-16	02:45:00	0.57	04-11-16	13:15:00	1.27
04-11-16	03:00:00	0.59	04-11-16	13:30:00	1.25
04-11-16	03:15:00	0.66	04-11-16	13:45:00	1.18
04-11-16	03:30:00	0.65	04-11-16	14:00:00	1.15
04-11-16	03:45:00	0.7	04-11-16	14:15:00	1.12
04-11-16	04:00:00	0.72	04-11-16	14:30:00	1.08
04-11-16	04:15:00	0.78	04-11-16	14:45:00	1.05
04-11-16	04:30:00	0.8	04-11-16	15:00:00	1.05
04-11-16	04:45:00	0.82	04-11-16	15:15:00	0.97
04-11-16	05:00:00	0.87	04-11-16	15:30:00	1
04-11-16	05:15:00	0.9	04-11-16	15:45:00	0.95
04-11-16	05:30:00	0.96	04-11-16	16:00:00	0.92
04-11-16	05:45:00	1	04-11-16	16:15:00	0.94
04-11-16	06:00:00	1.02	04-11-16	16:30:00	0.92
04-11-16	06:15:00	1.06	04-11-16	16:45:00	0.89
04-11-16	06:30:00	1.1	04-11-16	17:00:00	0.85
04-11-16	06:45:00	1.14	04-11-16	17:15:00	0.82
04-11-16	07:00:00	1.16	04-11-16	17:30:00	0.82
04-11-16	07:15:00	1.19	04-11-16	17:45:00	0.81
04-11-16	07:30:00	1.18	04-11-16	18:00:00	0.75
04-11-16	07:45:00	1.24	04-11-16	18:15:00	0.73

04-11-16	08:00:00	1.27	04-11-16	18:30:00	0.72
04-11-16	08:15:00	1.25	04-11-16	18:45:00	0.69
04-11-16	08:30:00	1.29	04-11-16	19:00:00	0.67
04-11-16	08:45:00	1.3	04-11-16	19:15:00	0.64
04-11-16	09:00:00	1.32	04-11-16	19:30:00	0.63
04-11-16	09:15:00	1.33	04-11-16	19:45:00	0.62
04-11-16	20:00:00	0.6	04-12-16	06:30:00	0.98
04-11-16	20:15:00	0.59	04-12-16	06:45:00	1.06
04-11-16	20:30:00	0.59	04-12-16	07:00:00	1.1
04-11-16	20:45:00	0.62	04-12-16	07:15:00	1.17
04-11-16	21:00:00	0.59	04-12-16	07:45:00	1.23
04-11-16	21:15:00	0.56	04-12-16	08:00:00	1.26
04-11-16	21:30:00	0.56	04-12-16	08:15:00	1.3
04-11-16	21:45:00	0.52	04-12-16	08:30:00	1.39
04-11-16	22:00:00	0.54	04-12-16	08:45:00	1.38
04-11-16	22:15:00	0.47	04-12-16	09:15:00	1.43
04-11-16	22:30:00	0.49	04-12-16	09:30:00	1.46
04-11-16	22:45:00	0.49	04-12-16	09:45:00	1.47
04-11-16	23:00:00	0.51	04-12-16	10:00:00	1.48
04-11-16	23:15:00	0.5	04-12-16	10:15:00	1.48
04-11-16	23:30:00	0.49	04-12-16	10:30:00	1.48
04-11-16	23:45:00	0.51	04-12-16	10:45:00	1.46
04-12-16	00:00:00	0.49	04-12-16	11:00:00	1.52
04-12-16	00:15:00	0.47	04-12-16	11:15:00	1.57
04-12-16	00:30:00	0.48	04-12-16	11:30:00	1.56
04-12-16	00:45:00	0.51	04-12-16	11:45:00	1.54
04-12-16	01:00:00	0.43	04-12-16	12:00:00	1.54
04-12-16	01:15:00	0.45	04-12-16	12:15:00	1.54
04-12-16	01:30:00	0.43	04-12-16	12:30:00	1.5
04-12-16	01:45:00	0.45	04-12-16	12:45:00	1.48
04-12-16	02:00:00	0.42	04-12-16	13:00:00	1.49
04-12-16	02:15:00	0.45	04-12-16	13:15:00	1.48
04-12-16	02:30:00	0.43	04-12-16	13:30:00	1.39
04-12-16	02:45:00	0.46	04-12-16	13:45:00	1.38
04-12-16	03:00:00	0.49	04-12-16	14:00:00	1.33
04-12-16	03:15:00	0.52	04-12-16	14:15:00	1.23
04-12-16	03:30:00	0.52	04-12-16	14:30:00	1.23
04-12-16	03:45:00	0.56	04-12-16	14:45:00	1.16
04-12-16	04:00:00	0.6	04-12-16	15:00:00	1.13
04-12-16	04:15:00	0.67	04-12-16	15:15:00	1.11
04-12-16	04:30:00	0.69	04-12-16	15:30:00	1.03

04-12-16	04:45:00	0.73	04-12-16	16:00:00	0.98
04-12-16	05:00:00	0.75	04-12-16	16:15:00	0.97
04-12-16	05:15:00	0.79	04-12-16	16:30:00	0.98
04-12-16	05:30:00	0.83	04-12-16	16:45:00	0.91
04-12-16	05:45:00	0.88	04-12-16	17:00:00	0.89
04-12-16	06:00:00	0.9	04-12-16	17:15:00	0.89
04-12-16	06:15:00	1.03	04-12-16	17:30:00	0.82
04-12-16	17:45:00	0.83	04/13/2016	04:30:00	0.54
04-12-16	18:00:00	0.81	04/13/2016	04:45:00	0.58
04-12-16	18:15:00	0.76	04/13/2016	05:00:00	0.6
04-12-16	18:30:00	0.79	04/13/2016	05:15:00	0.69
04-12-16	18:45:00	0.76	04/13/2016	05:30:00	0.7
04-12-16	19:00:00	0.73	04/13/2016	05:45:00	0.76
04-12-16	19:15:00	0.71	04/13/2016	06:00:00	0.79
04-12-16	19:30:00	0.64	04/13/2016	06:15:00	0.86
04-12-16	19:45:00	0.65	04/13/2016	06:30:00	0.91
04-12-16	20:00:00	0.62	04/13/2016	06:45:00	0.95
04-12-16	20:15:00	0.6	04/13/2016	07:00:00	0.99
04-12-16	20:30:00	0.61	04/13/2016	07:15:00	1.03
04-12-16	20:45:00	0.58	04/13/2016	07:30:00	1.11
04-12-16	21:00:00	0.58	04/13/2016	07:45:00	1.12
04-12-16	21:15:00	0.6	04/13/2016	08:00:00	1.22
04-12-16	21:30:00	0.53	04/13/2016	08:15:00	1.22
04-12-16	21:45:00	0.51	04/13/2016	08:30:00	1.29
04-12-16	22:00:00	0.5	04/13/2016	08:45:00	1.32
04-12-16	22:15:00	0.51	04/13/2016	09:00:00	1.35
04-12-16	22:30:00	0.5	04/13/2016	09:15:00	1.39
04-12-16	22:45:00	0.5	04/13/2016	09:30:00	1.42
04-12-16	23:00:00	0.52	04/13/2016	09:45:00	1.48
04-12-16	23:15:00	0.49	04/13/2016	10:00:00	1.49
04-12-16	23:30:00	0.47	04/13/2016	10:30:00	1.51
04-12-16	23:45:00	0.44	04/13/2016	10:45:00	1.53
04/13/2016	00:00:00	0.42	04/13/2016	11:00:00	1.52
04/13/2016	00:15:00	0.4	04/13/2016	11:15:00	1.5
04/13/2016	00:30:00	0.41	04/13/2016	11:30:00	1.51
04/13/2016	00:45:00	0.42	04/13/2016	11:45:00	1.49
04/13/2016	01:00:00	0.4	04/13/2016	12:00:00	1.52
04/13/2016	01:15:00	0.39	04/13/2016	12:15:00	1.52
04/13/2016	01:30:00	0.39	04/13/2016	12:30:00	1.56
04/13/2016	01:45:00	0.36	04/13/2016	12:45:00	1.5
04/13/2016	02:00:00	0.38	04/13/2016	13:00:00	1.5

04/13/2016	02:15:00	0.34	04/13/2016	13:15:00	1.46
04/13/2016	02:30:00	0.39	04/13/2016	13:30:00	1.44
04/13/2016	02:45:00	0.36	04/13/2016	13:45:00	1.4
04/13/2016	03:00:00	0.39	04/13/2016	14:00:00	1.38
04/13/2016	03:15:00	0.41	04/13/2016	14:15:00	1.38
04/13/2016	03:45:00	0.44	04/13/2016	14:30:00	1.33
04/13/2016	04:00:00	0.49	04/13/2016	14:45:00	1.3
04/13/2016	04:15:00	0.51	04/13/2016	15:00:00	1.23
04/13/2016	15:15:00	1.16	04/14/2016	02:45:00	0.32
04/13/2016	15:30:00	1.14	04/14/2016	03:00:00	0.3
04/13/2016	15:45:00	1.08	04/14/2016	03:15:00	0.34
04/13/2016	16:00:00	1.03	04/14/2016	03:30:00	0.34
04/13/2016	16:15:00	1.01	04/14/2016	03:45:00	0.42
04/13/2016	16:30:00	0.96	04/14/2016	04:00:00	0.41
04/13/2016	16:45:00	0.93	04/14/2016	04:15:00	0.39
04/13/2016	17:00:00	0.9	04/14/2016	04:30:00	0.42
04/13/2016	17:30:00	0.84	04/14/2016	05:00:00	0.49
04/13/2016	17:45:00	0.78	04/14/2016	05:15:00	0.54
04/13/2016	18:00:00	0.76	04/14/2016	05:30:00	0.58
04/13/2016	18:15:00	0.74	04/14/2016	05:45:00	0.63
04/13/2016	18:30:00	0.72	04/14/2016	06:00:00	0.69
04/13/2016	18:45:00	0.71	04/14/2016	06:15:00	0.77
04/13/2016	19:00:00	0.67	04/14/2016	06:30:00	0.81
04/13/2016	19:15:00	0.63	04/14/2016	06:45:00	0.82
04/13/2016	19:30:00	0.67	04/14/2016	07:00:00	0.91
04/13/2016	19:45:00	0.63	04/14/2016	07:15:00	0.91
04/13/2016	20:00:00	0.59	04/14/2016	07:30:00	0.98
04/13/2016	20:15:00	0.6	04/14/2016	07:45:00	1.01
04/13/2016	20:30:00	0.58	04/14/2016	08:00:00	1.08
04/13/2016	21:00:00	0.53	04/14/2016	08:15:00	1.19
04/13/2016	21:15:00	0.52	04/14/2016	08:30:00	1.2
04/13/2016	21:30:00	0.53	04/14/2016	08:45:00	1.24
04/13/2016	21:45:00	0.51	04/14/2016	09:00:00	1.28
04/13/2016	22:00:00	0.53	04/14/2016	09:15:00	1.29
04/13/2016	22:15:00	0.46	04/14/2016	09:30:00	1.32
04/13/2016	22:30:00	0.46	04/14/2016	09:45:00	1.36
04/13/2016	23:00:00	0.45	04/14/2016	10:00:00	1.43
04/13/2016	23:15:00	0.44	04/14/2016	10:15:00	1.45
04/13/2016	23:30:00	0.43	04/14/2016	10:30:00	1.5
04/13/2016	23:45:00	0.43	04/14/2016	10:45:00	1.51
04/14/2016	00:00:00	0.39	04/14/2016	11:00:00	1.55

04/14/2016	00:15:00	0.39	04/14/2016	11:15:00	1.58
04/14/2016	00:30:00	0.39	04/14/2016	11:30:00	1.57
04/14/2016	00:45:00	0.33	04/14/2016	11:45:00	1.56
04/14/2016	01:00:00	0.34	04/14/2016	12:00:00	1.57
04/14/2016	01:15:00	0.32	04/14/2016	12:15:00	1.57
04/14/2016	01:30:00	0.33	04/14/2016	12:30:00	1.58
04/14/2016	02:00:00	0.3	04/14/2016	12:45:00	1.49
04/14/2016	02:15:00	0.32	04/14/2016	13:00:00	1.55
04/14/2016	02:30:00	0.29	04/14/2016	13:15:00	1.54
04/14/2016	13:45:00	1.49	04/15/2016	00:15:00	0.48
04/14/2016	14:00:00	1.48	04/15/2016	00:30:00	0.44
04/14/2016	14:15:00	1.43	04/15/2016	00:45:00	0.4
04/14/2016	14:30:00	1.36	04/15/2016	01:00:00	0.41
04/14/2016	14:45:00	1.36	04/15/2016	01:15:00	0.41
04/14/2016	15:00:00	1.34	04/15/2016	01:30:00	0.39
04/14/2016	15:15:00	1.27	04/15/2016	01:45:00	0.34
04/14/2016	15:30:00	1.25	04/15/2016	02:00:00	0.34
04/14/2016	15:45:00	1.21	04/15/2016	02:15:00	0.33
04/14/2016	16:00:00	1.14	04/15/2016	02:30:00	0.34
04/14/2016	16:15:00	1.13	04/15/2016	02:45:00	0.32
04/14/2016	16:30:00	1.08	04/15/2016	03:00:00	0.33
04/14/2016	16:45:00	1	04/15/2016	03:15:00	0.34
04/14/2016	17:00:00	0.96	04/15/2016	03:30:00	0.33
04/14/2016	17:15:00	0.93	04/15/2016	03:45:00	0.38
04/14/2016	17:30:00	0.91	04/15/2016	04:00:00	0.34
04/14/2016	17:45:00	0.86	04/15/2016	04:15:00	0.38
04/14/2016	18:00:00	0.84	04/15/2016	04:30:00	0.39
04/14/2016	18:15:00	0.81	04/15/2016	04:45:00	0.45
04/14/2016	18:30:00	0.76	04/15/2016	05:00:00	0.47
04/14/2016	18:45:00	0.76	04/15/2016	05:15:00	0.52
04/14/2016	19:00:00	0.71	04/15/2016	05:30:00	0.55
04/14/2016	19:15:00	0.68	04/15/2016	05:45:00	0.59
04/14/2016	19:30:00	0.65	04/15/2016	06:00:00	0.61
04/14/2016	19:45:00	0.61	04/15/2016	06:15:00	0.73
04/14/2016	20:00:00	0.62	04/15/2016	06:30:00	0.67
04/14/2016	20:15:00	0.59	04/15/2016	06:45:00	0.75
04/14/2016	20:30:00	0.6	04/15/2016	07:00:00	0.83
04/14/2016	20:45:00	0.55	04/15/2016	07:15:00	0.87
04/14/2016	21:00:00	0.57	04/15/2016	07:30:00	0.9
04/14/2016	21:15:00	0.57	04/15/2016	07:45:00	0.94
04/14/2016	21:30:00	0.55	04/15/2016	08:00:00	1.01

04/14/2016	21:45:00	0.53	04/15/2016	08:15:00	1.09
04/14/2016	22:00:00	0.54	04/15/2016	08:30:00	1.14
04/14/2016	22:15:00	0.54	04/15/2016	08:45:00	1.14
04/14/2016	22:30:00	0.53	04/15/2016	09:00:00	1.18
04/14/2016	22:45:00	0.53	04/15/2016	09:15:00	1.27
04/14/2016	23:00:00	0.54	04/15/2016	09:30:00	1.31
04/14/2016	23:15:00	0.51	04/15/2016	09:45:00	1.32
04/14/2016	23:30:00	0.48	04/15/2016	10:00:00	1.41
04/14/2016	23:45:00	0.49	04/15/2016	10:15:00	1.37
04/15/2016	00:00:00	0.48	04/15/2016	10:30:00	1.4
04/15/2016	10:45:00	1.51	04/15/2016	22:30:00	0.54
04/15/2016	11:15:00	1.47	04/15/2016	22:45:00	0.55
04/15/2016	11:30:00	1.51	04/15/2016	23:00:00	0.51
04/15/2016	11:45:00	1.53	04/15/2016	23:15:00	0.52
04/15/2016	12:00:00	1.53	04/15/2016	23:30:00	0.51
04/15/2016	12:15:00	1.53	04/15/2016	23:45:00	0.48
04/15/2016	12:30:00	1.5	04/16/2016	00:00:00	0.5
04/15/2016	13:00:00	1.52	04/16/2016	00:15:00	0.49
04/15/2016	13:15:00	1.51	04/16/2016	00:30:00	0.52
04/15/2016	13:30:00	1.44	04/16/2016	00:45:00	0.46
04/15/2016	13:45:00	1.42	04/16/2016	01:00:00	0.43
04/15/2016	14:00:00	1.41	04/16/2016	01:15:00	0.41
04/15/2016	14:15:00	1.48	04/16/2016	01:30:00	0.39
04/15/2016	14:30:00	1.42	04/16/2016	01:45:00	0.4
04/15/2016	14:45:00	1.37	04/16/2016	02:00:00	0.41
04/15/2016	15:00:00	1.36	04/16/2016	02:15:00	0.41
04/15/2016	15:15:00	1.39	04/16/2016	02:30:00	0.38
04/15/2016	15:30:00	1.37	04/16/2016	02:45:00	0.4
04/15/2016	15:45:00	1.3	04/16/2016	03:00:00	0.39
04/15/2016	16:00:00	1.25	04/16/2016	03:15:00	0.38
04/15/2016	16:15:00	1.2	04/16/2016	03:30:00	0.39
04/15/2016	16:30:00	1.2	04/16/2016	03:45:00	0.35
04/15/2016	16:45:00	1.17	04/16/2016	04:00:00	0.37
04/15/2016	17:00:00	1.14	04/16/2016	04:15:00	0.38
04/15/2016	17:15:00	1.06	04/16/2016	04:30:00	0.39
04/15/2016	17:30:00	1.03	04/16/2016	04:45:00	0.45
04/15/2016	17:45:00	0.96	04/16/2016	05:00:00	0.42
04/15/2016	18:00:00	0.93	04/16/2016	05:15:00	0.44
04/15/2016	18:15:00	0.86	04/16/2016	05:30:00	0.47
04/15/2016	18:30:00	0.85	04/16/2016	05:45:00	0.5
04/15/2016	18:45:00	0.82	04/16/2016	06:00:00	0.53

04/15/2016	19:00:00	0.79	04/16/2016	06:15:00	0.56
04/15/2016	19:30:00	0.73	04/16/2016	06:30:00	0.57
04/15/2016	20:00:00	0.68	04/16/2016	06:45:00	0.62
04/15/2016	20:30:00	0.63	04/16/2016	07:00:00	0.68
04/15/2016	20:45:00	0.64	04/16/2016	07:15:00	0.7
04/15/2016	21:00:00	0.66	04/16/2016	07:30:00	0.76
04/15/2016	21:15:00	0.61	04/16/2016	07:45:00	0.82
04/15/2016	21:30:00	0.62	04/16/2016	08:00:00	0.83
04/15/2016	21:45:00	0.58	04/16/2016	08:15:00	0.86
04/15/2016	22:00:00	0.59	04/16/2016	08:45:00	0.96
04/15/2016	22:15:00	0.58	04/16/2016	09:00:00	1
04/16/2016	09:15:00	1.07	04/16/2016	20:45:00	0.67
04/16/2016	09:30:00	1.12	04/16/2016	21:00:00	0.67
04/16/2016	09:45:00	1.16	04/16/2016	21:15:00	0.65
04/16/2016	10:15:00	1.27	04/16/2016	21:45:00	0.65
04/16/2016	10:30:00	1.29	04/16/2016	22:00:00	0.64
04/16/2016	10:45:00	1.29	04/16/2016	22:15:00	0.67
04/16/2016	11:00:00	1.31	04/16/2016	22:30:00	0.66
04/16/2016	11:30:00	1.45	04/16/2016	22:45:00	0.63
04/16/2016	11:45:00	1.44	04/16/2016	23:00:00	0.64
04/16/2016	12:00:00	1.44	04/16/2016	23:15:00	0.62
04/16/2016	12:15:00	1.45	04/16/2016	23:30:00	0.59
04/16/2016	12:30:00	1.43	04/17/2016	00:00:00	0.56
04/16/2016	12:45:00	1.45	04/17/2016	00:15:00	0.52
04/16/2016	13:00:00	1.47	04/17/2016	00:30:00	0.55
04/16/2016	13:15:00	1.44	04/17/2016	00:45:00	0.53
04/16/2016	13:30:00	1.44	04/17/2016	01:00:00	0.53
04/16/2016	13:45:00	1.43	04/17/2016	01:30:00	0.53
04/16/2016	14:00:00	1.4	04/17/2016	01:45:00	0.49
04/16/2016	14:30:00	1.38	04/17/2016	02:00:00	0.51
04/16/2016	14:45:00	1.38	04/17/2016	02:15:00	0.48
04/16/2016	15:00:00	1.36	04/17/2016	02:30:00	0.48
04/16/2016	15:15:00	1.34	04/17/2016	02:45:00	0.47
04/16/2016	15:30:00	1.32	04/17/2016	03:00:00	0.48
04/16/2016	15:45:00	1.3	04/17/2016	03:15:00	0.45
04/16/2016	16:00:00	1.27	04/17/2016	03:30:00	0.46
04/16/2016	16:15:00	1.25	04/17/2016	03:45:00	0.45
04/16/2016	16:30:00	1.23	04/17/2016	04:00:00	0.45
04/16/2016	16:45:00	1.17	04/17/2016	04:15:00	0.47
04/16/2016	17:00:00	1.21	04/17/2016	04:30:00	0.44
04/16/2016	17:15:00	1.12	04/17/2016	04:45:00	0.47

04/16/2016	17:30:00	1.07	04/17/2016	05:00:00	0.46
04/16/2016	17:45:00	1.07	04/17/2016	05:15:00	0.5
04/16/2016	18:00:00	0.99	04/17/2016	05:30:00	0.5
04/16/2016	18:15:00	0.99	04/17/2016	05:45:00	0.51
04/16/2016	18:30:00	0.94	04/17/2016	06:00:00	0.54
04/16/2016	19:00:00	0.88	04/17/2016	06:15:00	0.57
04/16/2016	19:15:00	0.88	04/17/2016	06:30:00	0.6
04/16/2016	19:30:00	0.84	04/17/2016	06:45:00	0.62
04/16/2016	19:45:00	0.81	04/17/2016	07:00:00	0.64
04/16/2016	20:00:00	0.78	04/17/2016	07:15:00	0.71
04/16/2016	20:15:00	0.73	04/17/2016	07:30:00	0.73
04/16/2016	20:30:00	0.71	04/17/2016	07:45:00	0.76
04/17/2016	08:00:00	0.84	04/17/2016	19:00:00	0.92
04/17/2016	08:15:00	0.86	04/17/2016	19:30:00	0.86
04/17/2016	08:30:00	0.92	04/17/2016	19:45:00	0.8
04/17/2016	08:45:00	0.94	04/17/2016	20:00:00	0.83
04/17/2016	09:00:00	1	04/17/2016	20:15:00	0.77
04/17/2016	09:15:00	1.02	04/17/2016	20:30:00	0.75
04/17/2016	09:30:00	1.05	04/17/2016	20:45:00	0.74
04/17/2016	09:45:00	1.12	04/17/2016	21:00:00	0.7
04/17/2016	10:00:00	1.15	04/17/2016	21:15:00	0.69
04/17/2016	10:15:00	1.17	04/17/2016	21:30:00	0.68
04/17/2016	10:30:00	1.2	04/17/2016	21:45:00	0.65
04/17/2016	10:45:00	1.23	04/17/2016	22:00:00	0.67
04/17/2016	11:00:00	1.31	04/17/2016	22:15:00	0.63
04/17/2016	11:15:00	1.3	04/17/2016	22:30:00	0.65
04/17/2016	11:30:00	1.3	04/17/2016	22:45:00	0.63
04/17/2016	11:45:00	1.32	04/17/2016	23:00:00	0.62
04/17/2016	12:00:00	1.36	04/17/2016	23:15:00	0.61
04/17/2016	12:15:00	1.35	04/17/2016	23:30:00	0.61
04/17/2016	12:30:00	1.41	04/17/2016	23:45:00	0.62
04/17/2016	12:45:00	1.43	04/18/2016	00:00:00	0.61
04/17/2016	13:00:00	1.42	04/18/2016	00:15:00	0.59
04/17/2016	13:15:00	1.45	04/18/2016	00:30:00	0.58
04/17/2016	13:30:00	1.4	04/18/2016	00:45:00	0.57
04/17/2016	13:45:00	1.38	04/18/2016	01:00:00	0.54
04/17/2016	14:00:00	1.38	04/18/2016	01:15:00	0.57
04/17/2016	14:15:00	1.37	04/18/2016	01:30:00	0.55
04/17/2016	14:30:00	1.36	04/18/2016	01:45:00	0.51
04/17/2016	14:45:00	1.31	04/18/2016	02:00:00	0.57
04/17/2016	15:00:00	1.31	04/18/2016	02:15:00	0.52

04/17/2016	15:30:00	1.31	04/18/2016	02:30:00	0.55
04/17/2016	15:45:00	1.27	04/18/2016	02:45:00	0.55
04/17/2016	16:00:00	1.24	04/18/2016	03:00:00	0.57
04/17/2016	16:15:00	1.24	04/18/2016	03:15:00	0.55
04/17/2016	16:30:00	1.19	04/18/2016	03:30:00	0.56
04/17/2016	17:00:00	1.13	04/18/2016	03:45:00	0.54
04/17/2016	17:15:00	1.07	04/18/2016	04:00:00	0.53
04/17/2016	17:30:00	1.05	04/18/2016	04:15:00	0.53
04/17/2016	17:45:00	0.99	04/18/2016	04:30:00	0.55
04/17/2016	18:00:00	1.01	04/18/2016	04:45:00	0.59
04/17/2016	18:15:00	0.98	04/18/2016	05:00:00	0.58
04/17/2016	18:30:00	0.95	04/18/2016	05:15:00	0.62
04/17/2016	18:45:00	0.93	04/18/2016	05:30:00	0.61

