

## BAB IV

### PASANG SURUT AIR LAUT TIPE *MIXED TIDES PREVAILING DIURNAL* (PELABUHAN TANJUNG MAS SEMARANG) UNTUK PENENTUAN AWAL BULAN KAMARIAH

#### A. Validitas Data Pasang Surut Air Laut Dari Tiga Sumber Berbeda

Penelitian ini membutuhkan data pasang surut air laut dalam rentang waktu yang lama, yakni kurang lebih tiga tahun. Dengan demikian, dari sekian data pasang surut air laut yang terkumpul perlu penulis cek kesesuaiannya dengan pergerakan pasang surut yang sebenarnya di lokasi penelitian untuk mengantisipasi terjadinya kesalahan dalam pengambilan atau penggunaan data.

1. Perbandingan data pasang surut air laut BMKG dengan data prediksi pasang surut [www.pasanglaut.com](http://www.pasanglaut.com).

Berikut data pasang surut laut pelabuhan Tanjung Mas Semarang pada tanggal 4 Januari, 31 Maret, dan 15 Juni 2011 dari BMKG Maritim.

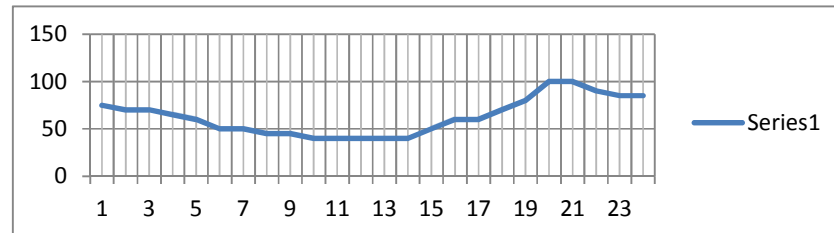
Jam	4	31	15	Jam	4	31	15
01.00	75	55	40	13.00	40	50	70
02.00	70	55	45	14.00	40	50	70
03.00	70	50	55	15.00	50	50	65
04.00	65	50	60	16.00	60	60	60
05.00	60	55	60	17.00	60	70	50
06.00	50	60	70	18.00	70	80	45
07.00	50	60	75	19.00	80	70	45
08.00	45	60	75	20.00	100	65	45
09.00	45	55	80	21.00	100	60	45
10.00	40	55	85	22.00	90	50	40
11.00	40	50	85	23.00	85	40	35
12.00	45	50	75	24.00	85	35	35

Tabel 2  
Data pasang surut BMKG

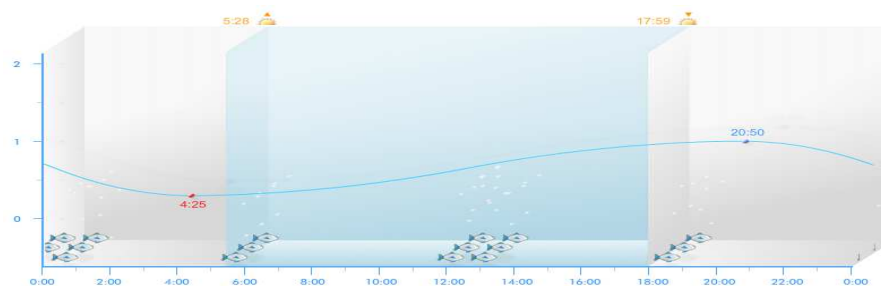
Perlu diketahui bahwa tabel 2 merupakan data pasang surut air laut hasil observasi langsung secara manual oleh BMKG Maritim Semarang. Sehingga data yang terekam tentu bukan hanya pergerakan pasang surut akibat pergerakan astronomis saja. Namun juga beberapa pengaruh dari faktor kelautan.

Untuk mempermudah mendapatkan gambaran perbandingan antara pergerakan pasang surut air laut secara nyata dengan pergerakan pasang surut setelah proses koreksi menurut teori kesetimbangan dan teori dinamis, selanjutnya penulis membuat data tabel 2 menjadi grafik dan membandingkannya dengan grafik pasang surut dalam situs [www.pasang-laut.com](http://www.pasang-laut.com).

a. 4 Januari 2011

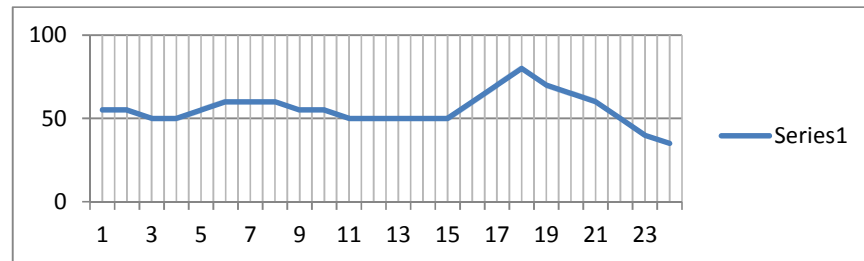


Gambar 1 Grafik Pergerakan Pasang Surut Semarang 4 Januari 2011 menurut observasi BMKG

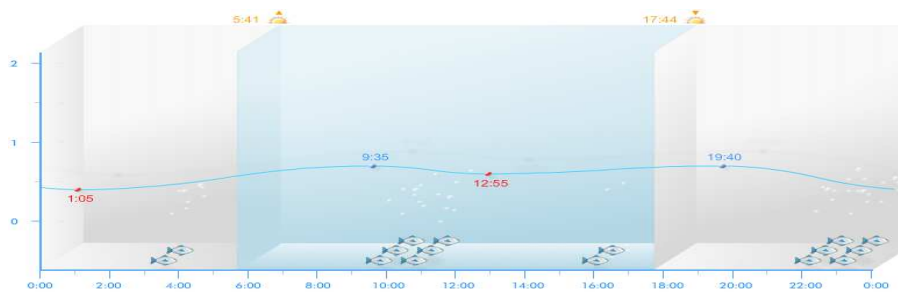


Gambar 2 Grafik Pergerakan Pasang Surut Semarang 4 Januari 2011 menurut [www.pasanglaut.com](http://www.pasanglaut.com)

## b. 31 Maret 2011

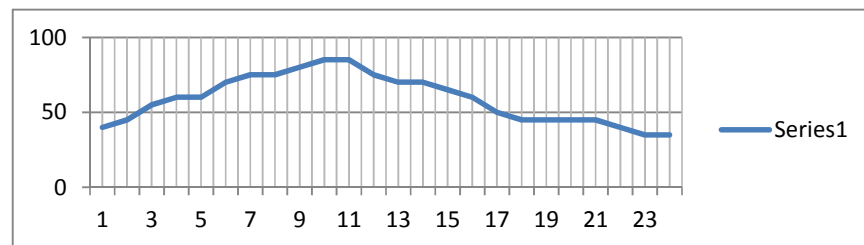


Gambar 3 Grafik Pergerakan Pasang Surut Semarang 31 Maret 2011 menurut observasi BMKG

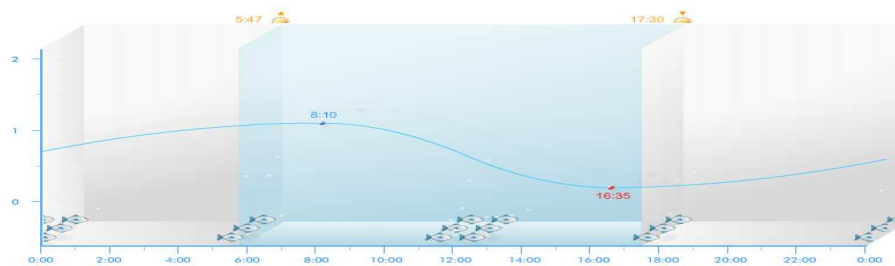


Gambar 4 Grafik Pergerakan Pasang Surut Semarang 31 Maret 2011 menurut www.pasanglaut.com

## c. 15 Juni 2011



Gambar 5 Grafik Pergerakan Pasang Surut Semarang 15 Juni 2011 menurut observasi BMKG



Gambar 6 Grafik Pergerakan Pasang Surut Semarang 15 Juni 2011 menurut www.pasanglaut.com

Perbandingan antara data BMKG dengan data prediksi dari [www.pasanglaut.com](http://www.pasanglaut.com) memperlihatkan kesesuaian grafik walaupun dalam ketidaksempurnaan bentuk grafik seperti data kedua. Pada dasarnya, terlihat sebuah keadaan yang agak berbeda dalam grafik-grafik tersebut. Grafik yang terbentuk dari pergerakan pasang surut air laut dari sumber pertama tidak terbentuk secara sempurna sebagaimana grafik dari sumber kedua, namun dengan bentuk dan periode waktu yang relatif sama.

Hal ini menunjukkan bahwa pergerakan pasang surut air laut dalam kenyataannya juga dipengaruhi oleh faktor-faktor nonastronomis, yaitu faktor-faktor kelautan yang mempengaruhi air laut dalam merespon gaya pembangkit pasang surut. Namun, oleh karena faktor-faktor lain selain faktor astronomis tidak terjadi secara periodik, maka untuk selanjutnya perubahan permukaan laut yang disebabkan oleh faktor nonastronomis tidak penulis singgung. Di samping juga pembahasan dalam sub bab ini memang lebih kepada hubungan dinamika pergerakan pasang surut air laut dengan pergerakan objek-objek astronomis.

Dengan kesesuaian data pasang surut dari kedua sumber di atas, untuk selanjutnya analisa data akan difokuskan pada pergerakan pasang surut dari data prediksi pasang surut [www.pasanglaut.com](http://www.pasanglaut.com) dengan data hasil observasi langsung secara pribadi. Hal ini penting dilakukan untuk mengetahui validitas data prediksi pasang surut dengan keadaan pasang surut sebenarnya sebagaimana yang penulis amati.

2. Perbandingan data pasang surut observasi langsung dengan data prediksi pasang surut [www.pasanglaut.com](http://www.pasanglaut.com).

Dalam hal ini, penulis melakukan pengamatan langsung di stasiun meteorologi maritim BMKG Semarang dalam beberapa hari untuk cek data waktu pasang tertinggi. Dari hasil pengamatan penulis menemukan kesesuaian data waktu pasang tertinggi antara data observasi langsung dengan data prediksi pasang surut dari situs [www.pasanglaut.com](http://www.pasanglaut.com). Berikut gambaran kesesuaian data tersebut:

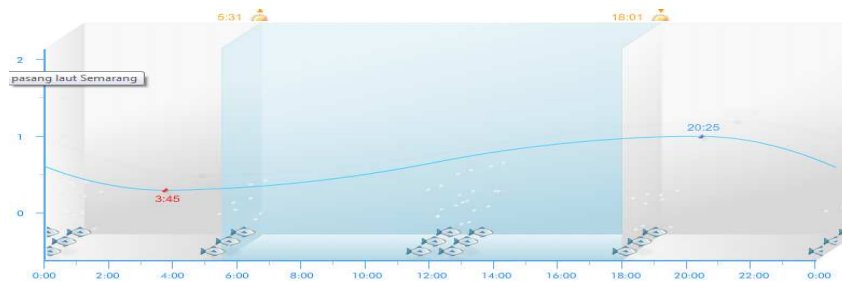
Jam	11	15	16	Jam	12	16	17
18.00	99	115	101	00.00	100	130	119
18.30	105	115	102	00.30	100	137	116
19.00	108	118	105	01.00	99	133	120
19.30	115	117	108	01.30	92	127	119
20.00	119	118	110	02.00	92	119	117
20.30	119	123	112	02.30	92	103	114
21.00	117	129	115	03.00	80	100	111
21.30	116	131	117	03.30	80	103	106
22.00	114	131	120	04.00	80	110	107
22.30	113	132	120	04.30	76	96	99
23.00	110	145	120	05.00	82	83	93
23.30	100	135	123	05.30	82	77	86

Tabel 3

Hasil observasi pasang surut secara langsung

Pengamatan langsung secara mandiri dilakukan dalam 3 malam pada tanggal 11-12, 15-16, dan 16-17 Januari 2013. Dilakukan pada malam hari karena deklinasi pada hari-hari tersebut adalah negatif jauh, sehingga tentu pasang tinggi dan surut rendah terjadi pada malam hari (penjelasan lebih lengkap pada sub bab analisa tahunan).

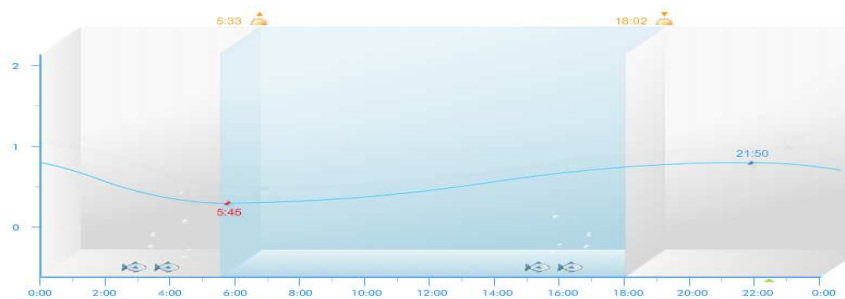
Pada tanggal 11-12 Januari 2013, puncak pasang tinggi terlihat terjadi pada jam antara 20.00 WIB sampai 20.30 WIB tanggal 11 Januari 2013. Dengan demikian, mari dibandingkan dengan grafik dalam situs:



Gambar 7 Grafik pasang surut air laut 11 Januari 2013 dari [www.pasanglaut.com](http://www.pasanglaut.com)

Dari grafik di atas, tampak kesesuaian waktu terjadi pasang tinggi antara data observasi langsung dengan data prediksi pasang surut air laut dalam situs [www.pasanglaut.com](http://www.pasanglaut.com) untuk tanggal 11 Januari 2013.

Selanjutnya pada tanggal 15-16 Januari 2013, tampak terjadi ketidakteraturan pada waktu terjadinya pasang tertinggi. Hal ini dikarenakan pada saat itu terjadi hujan lebat dengan curah hujan yang sangat tinggi beserta angin kencang antara jam 22.30 WIB sampai 23.30 WIB dengan puncak hujan lebat dan angin kencang pada observasi jam 23.00 WIB.



Gambar 8 Grafik pasang surut air laut 15 Januari 2013 dari [www.pasanglaut.com](http://www.pasanglaut.com)

Dengan demikian, ada kesesuaian di antara dua data diatas. Kesesuaian ini juga tampak pada data-data selanjutnya.

## **B. Analisa Hubungan Dinamika Pasang Surut Air Laut Dengan Pergerakan Matahari, Bumi, dan Bulan.**

Analisa ini melibatkan tiga objek astronomis yang saling terkait, yakni bumi, bulan, dan matahari. Ketiga objek tersebut saling bergerak sesuai karakter dan periode masing-masing. Revolusi bumi mengelilingi matahari, bulan mengelilingi bumi dan matahari, dan rotasi ketiga objek tersebut mengelilingi sumbu-sumbunya mempunyai arah yang sama.<sup>227</sup>

Pergerakan ketiga objek astronomis tersebut mempengaruhi dinamika pergerakan pasang surut air laut secara empiris. Sehingga memungkinkan adanya kausalitas dalam dinamika yang konstan, itulah sebenarnya fokus utama dari kajian awal ini. Identifikasi atas dinamika yang konstan dari ketiga objek terkait akan sangat berharga dalam pemetaan hubungan pasang surut air laut dengan penentuan awal bulan Kamariah.

Tiga objek astronomis tersebut membentuk sebuah sistem yang dikenal dengan sistem matahari-bumi-bulan.<sup>228</sup> Salah satu fenomena alam yang diakibatkan oleh sistem ini adalah fenomena fase bulan. Fase bulan bergantung pada posisinya yang relatif terhadap bumi dan matahari. Oleh karena itu, analisa pasang surut air laut dengan pergerakan matahari, bumi, dan bulan cukup dengan membandingkan data pasang surut air laut berdasar fase-fase bulan. Selanjutnya menganalisisnya dengan beberapa komponen data astronomis yang berkaitan.

---

<sup>227</sup> Bayong Tjasyono, *Ilmu Kebumihan Dan Antarikasa*, (Bandung: Remaja Rosdakarya), 2009, hal. 39.

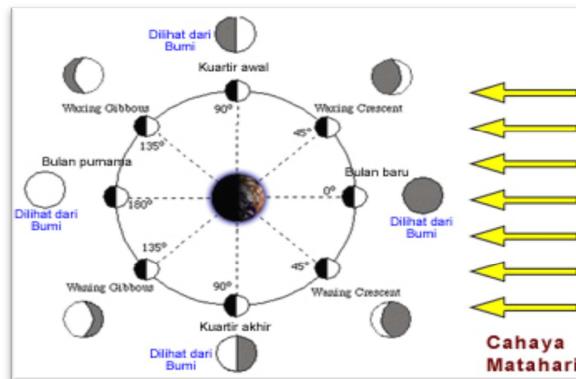
<sup>228</sup> *Ibid.*,

Berdasarkan sistem matahari-bumi-bulan, fase bulan dapat dibagi menjadi delapan macam. Pembagian ini berdasar penampakan bulan dan sudut yang dibentuk oleh ketiga benda astronomis tersebut:

1. Ijtima' / konjungsi; matahari, bulan, dan bumi berada dalam satu garis lurus, membentuk sudut  $0^\circ$ .
2. Waxing Crescent I; sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $45^\circ$ , terjadi  $\pm 88$  jam 35 menit 30,37 detik / 3 hari 16 jam 35 menit 30,37 detik setelah ijtima'.
3. Kuartal Awal, sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $90^\circ$ , terjadi  $\pm 177$  jam 11 menit 0,5 detik / 7 hari 9 jam 11 menit 0,5 detik setelah ijtima'.
4. Waxing Gibbous I, sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $135^\circ$ , terjadi  $\pm 265$  jam 46 menit 30 detik / 11 hari 1 jam 46 menit 30 detik setelah ijtima'.
5. Istikbal / Oposisi, sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $180^\circ$ , terjadi  $\pm 354$  jam 22 menit 1 detik / 14 hari 18 jam 22 menit 1 detik setelah ijtima'.
6. Waxing Gibbous II, sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $215^\circ / 135^\circ$ , terjadi  $\pm 442$  jam 57 menit 32 detik / 18 hari 10 jam 57 menit 1 detik setelah ijtima'.
7. Kuartal Akhir, sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $270^\circ / 90^\circ$ , terjadi  $\pm 531$  jam 33 menit 2 detik / 22 hari 3 jam 33 menit 2 detik setelah ijtima'.



8. Waxing Crescent II, sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $315^\circ / 45^\circ$ , terjadi  $\pm 620$  jam 8 menit 32 detik/ 25 hari 20 jam 8 menit 33 detik setelah ijtima'.<sup>229</sup>



Gambar 9  
Fase bulan

Setelah fase bulan terakhir,  $\pm 88$  jam 35 menit 30,37 detik kemudian akan terjadi ijtima' untuk bulan hijriah yang selanjutnya. Namun, Perlu diketahui bahwa data waktu untuk setiap fase bulan tersebut hanya merupakan waktu rata-rata dengan ketentuan satu periode sideris bulan adalah 708 jam 44 menit 3 detik/ 29 hari 12 jam 44 menit 3 detik dan waktu rotasi bumi untuk sekali putaran sempurna adalah 24 jam setiap hari.<sup>230</sup> Kenyataan yang ada periode sinodis bulan dan periode rotasi bumi tidak selalu sama setiap harinya.

Dengan demikian, keterangan diatas hanya bisa digunakan sebagai acuan dalam perkiraan secara rata-rata dalam analisa-analisa selanjutnya. Namun, yang terpenting sudah ada konsep jelas dalam sistem pergerakan sistem matahari-bumi-bulan walaupun dalam skripsi ini hanya menggunakan yang rata-rata saja.

<sup>229</sup> Nyoman Suwitra, *Astronomi Dasar*, (Singaraja: Jurusan Fisika Institut Keguruan Dan Pendidikan Negeri), 2001, hal. 69-71.

<sup>230</sup> Bayong Tjasyono, *Ilmu Kebumihan Dan Antarikasa*, (Bandung: Remaja Rosdakarya), 2009, hal. 40.

## 1. Analisa Pasang Surut Harian

Dari tabel 2 dan 3, dapat dibuktikan bahwa elevasi muka laut selalu bergerak secara vertikal setiap saat. Sangat jelas terlihat, dimana setiap jam ketinggian elevasi muka laut selalu mengalami perubahan, baik karena pergerakan naik ataupun turun. Pada tanggal 4 Januari 2011, jam 01.00 WIB tercatat elevasi muka laut ada pada ketinggian 75 cm. 5 jam kemudian, yaitu pada jam 06.00 WIB, elevasi muka laut ada pada ketinggian 50 cm. Ini berarti dalam 5 jam tersebut air laut sudah bergerak turun sepanjang 25 cm, dengan kecepatan  $\pm 5$  cm/jam. Kemudian antara jam 14.00 WIB sampai jam 20.00 WIB tercatat muka air laut bergerak naik 60 cm, dengan kecepatan  $\pm 10$  cm/jam.

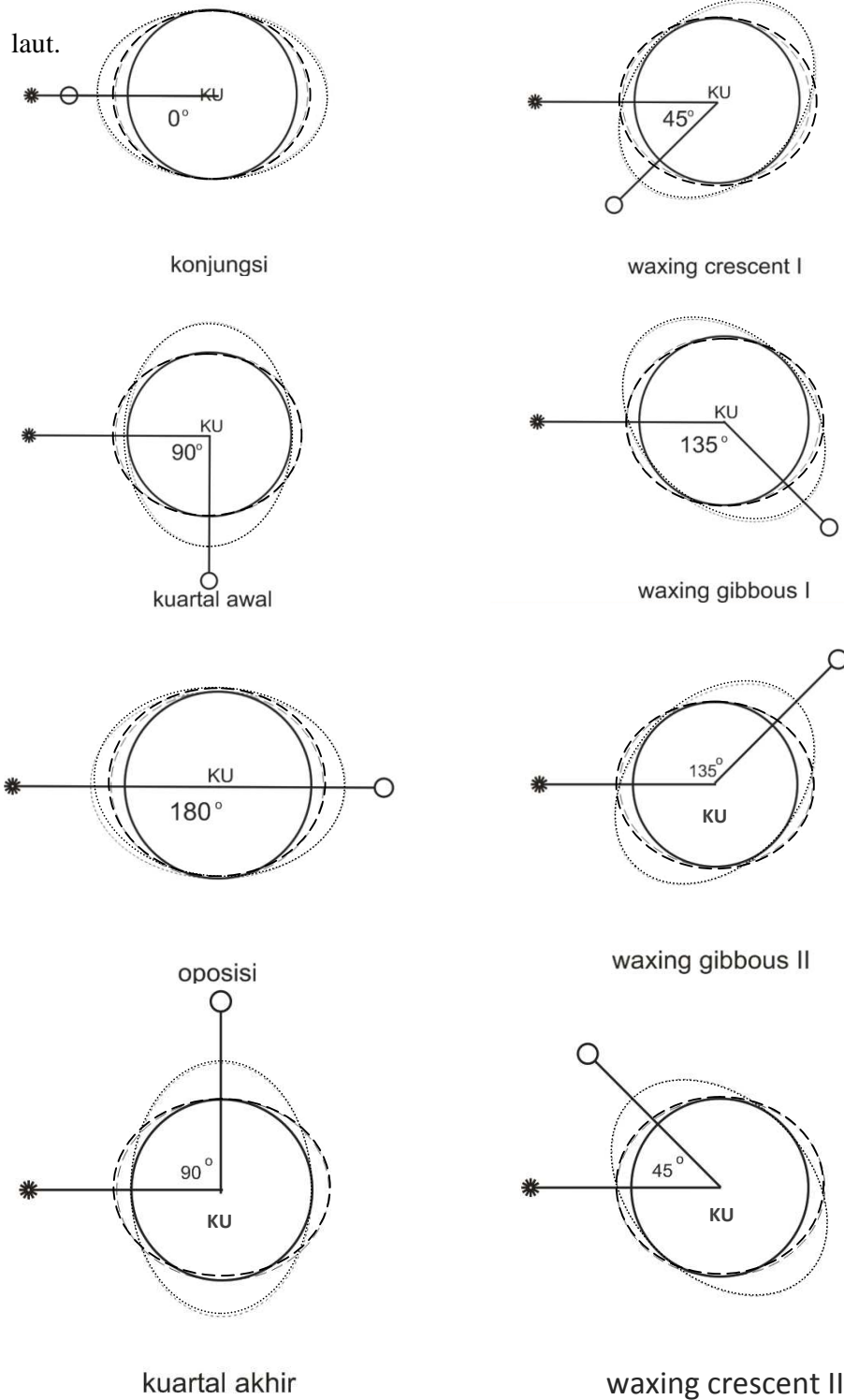
Diantara naik dan turunnya elevasi muka air laut tersebut, dalam satu hari ada saat dimana air laut mengalami pasang tinggi (puncak elevasi) dan surut rendah (lembah elevasi). Dalam tabel 2, terlihat bahwa puncak elevasi dan lembah elevasi terjadi pada jam berbeda dengan ketinggian yang berbeda pula dalam tiga hari yang dicontohkan. Pada tanggal 4 Januari 2011, pasang tinggi terjadi antara jam 20.00 WIB - 21.00 WIB dengan ketinggian 100 cm. Pada tanggal 15 Juni 2011, pasang tinggi terjadi antara jam 10.00 WIB - 11.00 WIB dengan ketinggian 85 cm.

Perlu diketahui bahwa tabel 2 merupakan data pasang surut air laut hasil observasi langsung secara manual oleh BMKG Maritim Semarang. Sehingga data yang terekam tentu bukan hanya pergerakan pasang surut akibat pergerakan astronomis saja.

Tanggal	Fase	jam	Kul M	Kul B	Selisih kulminasi B-M		Pasang surut	
					Waktu	Sudut	Surut 1	Pasang 1
01-01-2011			11:42	08:47	-02:55	-43° 45'	02:55 (0,3)	19:20 (1,0)
02-01-2011			11:42	09:43	-01:59	-29° 45'	03:20 (0,3)	19:55 (1,0)
03-01-2011			11:43	10:39	-01:04	-16° 00'	03:55 (0,3)	20:25 (1,0)
<b>04-01-2011</b>	<b>1</b>	<b>16:03</b>	<b>11:43</b>	<b>11:32</b>	<b>-00:11</b>	<b>-02° 45'</b>	<b>04:25 (0,3)</b>	<b>20:50 (1,0)</b>
05-01-2011			11:44	12:24	+00:40	+10° 00'	05:00 (0,3)	21:10 (0,9)
06-01-2011			11:44	13:10	+01:26	+21° 30'	05:30 (0,3)	21:20 (0,9)
07-01-2011			11:44	13:56	+02:12	+33° 00'	06:00 (0,3)	21:25 (0,9)
<b>08-01-2011</b>	<b>2</b>	<b>17:17</b>	<b>11:45</b>	<b>14:38</b>	<b>+02:53</b>	<b>+43° 15'</b>	<b>06:25 (0,3)</b>	<b>21:10 (0,9)</b>
09-01-2011			11:45	15:19	+03:34	+53° 30'	06:35 (0,3)	20:45 (0,8)
10-01-2011			11:46	15:59	+04:13	+63° 15'	06:00 (0,4)	20:00 (0,8)
11-01-2011			11:46	16:40	+04:54	+73° 30'	05:50 (0,4)	19:15 (0,8)
<b>12-01-2011</b>	<b>3</b>	<b>18:31</b>	<b>11:46</b>	<b>17:23</b>	<b>+05:37</b>	<b>+84° 15'</b>	<b>04:15 (0,4)</b>	<b>18:45 (0,8)</b>
13-01-2011			11:47	18:07	+06:20	+95° 00'	03:00 (0,4)	18:30 (0,9)
14-01-2011			11:47	18:55	+07:08	+107° 00'	02:35 (0,4)	18:30 (0,9)
15-01-2011			11:48	19:47	+07:59	+119° 45'	02:30 (0,3)	18:40 (0,9)
<b>16-01-2011</b>	<b>4</b>	<b>11:26</b>	<b>11:48</b>	<b>20:42</b>	<b>+08:54</b>	<b>+133° 30'</b>	<b>02:45 (0,3)</b>	<b>19:00 (0,9)</b>
17-01-2011			11:48	21:40	+09:52	+148° 00'	03:05 (0,3)	19:25 (1,0)
18-01-2011			11:49	22:39	+10:50	+162° 30'	03:25 (0,3)	19:50 (1,0)
19-01-2011			11:49	23:37	+11:48	+177° 00'	03:55 (0,3)	20:20 (1,0)
<b>20-01-2011</b>	<b>5</b>	<b>04:21</b>	<b>11:49</b>	-	-	-	<b>04:20 (0,3)</b>	<b>20:50 (1,0)</b>
21-01-2011			11:50	00:33	-11:17	-169° 15'	04:40 (0,3)	21:15 (0,9)
22-01-2011			11:50	01:27	-10:23	-155° 45'	05:00 (0,3)	21:40 (0,9)
<b>23-01-2011</b>	<b>6</b>	<b>12:09</b>	<b>11:50</b>	<b>02:20</b>	<b>-09:30</b>	<b>-142° 30'</b>	<b>05:05 (0,3)</b>	<b>21:45 (0,8)</b>
24-01-2011			11:50	03:12	-08:38	-129° 30'	05:05 (0,4)	20:25 (0,7)
25-01-2011			11:51	04:03	-07:48	-117° 00'	04:40 (0,4)	16:35 (0,8)
<b>26-01-2011</b>	<b>7</b>	<b>19:57</b>	<b>11:51</b>	<b>04:55</b>	<b>-06:56</b>	<b>-104° 00'</b>	<b>03:30 (0,4)</b>	<b>16:45 (0,9)</b>
27-01-2011			11:51	05:48	-06:03	-90° 45'	02:00 (0,4)	17:15 (0,9)
28-01-2011			11:51	06:42	-05:09	-77° 15'	01:40 (0,3)	17:55 (0,9)
29-01-2011			11:51	07:38	-04:13	-63° 15'	01:55 (0,3)	18:35 (0,9)
<b>30-01-2011</b>	<b>8</b>	<b>14:44</b>	<b>11:52</b>	<b>08:33</b>	<b>-03:19</b>	<b>-49° 45'</b>	<b>02:20 (0,3)</b>	<b>19:10 (1,0)</b>
31-01-2011			11:52	09:27	-02:25	-36° 15'	02:45 (0,3)	19:45 (1,0)
01-02-2011			11:52	10:18	-01:34	-23° 30'	03:15 (0,3)	20:15 (0,9)
02-02-2011			11:52	11:06	-00:46	-11° 30'	03:40 (0,3)	20:40 (0,9)
<b>03-02-2011</b>	<b>1</b>	<b>09:31</b>	<b>11:52</b>	<b>11:51</b>	<b>-00:01</b>	<b>-00° 15'</b>	<b>04:05 (0,3)</b>	<b>20:55 (0,9)</b>
04-02-2011			11:52	12:34	+00:42	+10° 30'	04:25 (0,3)	21:05 (0,9)
05-02-2011			11:52	13:15	+01:23	+20° 45'	04:35 (0,3)	21:00 (0,8)
06-02-2011			11:52	13:56	+02:04	+31° 00'	04:35 (0,4)	20:45 (0,8)
<b>07-02-2011</b>	<b>2</b>	<b>11:54</b>	<b>11:52</b>	<b>14:36</b>	<b>+02:44</b>	<b>+41° 00'</b>	<b>04:15 (0,4)</b>	<b>20:10 (0,7)</b>
08-02-2011			11:52	15:18	+03:26	+51° 30'	03:30 (0,5)	19:05 (0,7)
09-02-2011			11:52	16:01	+04:08	+62° 00'	02:35 (0,5)	17:50 (0,7)

Tabel 4  
perbandingan pasang surut dengan data astronomis dalam 40 hari

Untuk melengkapi tabel diatas, berikut ilustrasi umum pengaruh posisi matahari dan bulan terhadap terhadap dinamika pasang surut air laut.



Gambar 10 Ilustrasi Pengaruh Posisi Matahari Dan Bulan Pada Pasang Surut

Pada tabel 4, ada 10 kelompok data yang dibuat menyusun berdasar tanggal masehi selama 40 hari, mulai tanggal 1 Januari 2011 sampai 9 Februari 2011. Menurut tabel tersebut, dalam 40 hari terjadi 10 kali titik fase bulan dengan waktunya masing-masing yang berbeda. Dimulai dari fase ijtima'/ konjungsi yang terjadi pada jam 16:03 WIB tanggal 4 Januari 2011 sampai fase waxing crescent 1 yang kedua pada jam 11:54 WIB tanggal 7 Februari 2011. Dalam kurun waktu tersebut, tercatat waktu terjadinya pasang surut selalu bergeser setiap hari dengan ketinggian pasang tinggi dan kerendahan surut yang berbeda-beda pula.

Tanggal 3 Januari 2011, 1 hari sebelum terjadinya ijtima'/ fase 1, kulminasi bulan pada jam 10:39 WIB. 1 jam 4 menit lebih cepat dari pada kulminasi matahari. Surut rendah pada jam 03.55 WIB serendah 30 cm dan pasang tinggi pada jam 20.25 WIB setinggi 100 cm. Dengan demikian, ada selisih waktu dari surut rendah menuju pasang tinggi yaitu 16 jam 30 menit dengan selisih ketinggian air laut 70 cm. Dari 2 data tersebut didapatkan kecepatan pasang air laut 4,24 cm/jam.

Tanggal 4 Januari 2011, terjadi ijtima' pada jam 16.03 WIB. Kulminasi bulan pada jam 11.32 WIB, selisih 0 jam 11 menit lebih cepat dari pada kulminasi matahari, yaitu pada jam 11.43 WIB. Surut rendah pada jam 04.25 WIB dengan kerendahan 30 cm dan pasang tinggi terjadi pada jam 20.50 WIB dengan ketinggian 100 cm. Dengan demikian, kecepatan surut air laut adalah 8,75 cm/jam dan kecepatan pasang adalah 4,26 cm/jam.

Tanggal 5 Januari 2011, 1 hari setelah ijtima', kulminasi bulan pada jam 12.24 WIB. 0 jam 40 menit lebih lambat dari pada kulminasi matahari, yaitu pada jam 11.43 WIB. Pasang tinggi terjadi jam 21.10 WIB setinggi 90 cm dan surut rendah pada jam 05.00 WIB serendah 30 cm. Kecepatan surut 8,57 cm/jam dan kecepatan pasang 3,71 cm/jam.

Pada tanggal 8 Januari 2011, bulan masuk fase Waxing Crescent I pada jam 17:17 WIB. Ini berarti sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $45^\circ$  tepat pada jam 17:17 WIB. Pada hari itu, bulan transit di meridian langit semarang (kulminasi) pada jam 14.38 WIB. Selisih 2 jam 55 menit dari waktu transit matahari, yaitu pada jam 11:45 WIB. Pada hari itu pasang laut tinggi terjadi pada jam 21.10 WIB setinggi 0,9 meter dan surut rendah pada jam 06.25 WIB serendah 0,3 meter. Kecepatan surut 6,66 cm/jam dan kecepatan pasang 4,06 cm/jam.

Pada tanggal 12 Januari 2011, bulan masuk fase Kuartal Awal pada jam 18:31 WIB. Ini berarti sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $90^\circ$  tepat pada jam 18:31 WIB. Pada hari itu, bulan transit di meridian langit semarang pada jam 17.23 WIB. Selisih 5 jam 37 menit dari waktu transit matahari, yaitu pada jam 11:46 WIB. Pada hari itu pasang laut tinggi terjadi pada jam 18.45 WIB setinggi 0,8 meter dan surut rendah pada jam 04.15 WIB serendah 0,4 meter. Kecepatan surut 4,44 cm/jam dan kecepatan pasang 2,75 cm/jam.

Pada tanggal 16 Januari 2011, bulan masuk fase Waxing Gibbous I pada jam 11:26 WIB. Ini berarti sistem matahari-bumi-bulan membentuk

sudut  $135^\circ$  tepat pada jam 11:26 WIB. Pada hari itu, bulan transit di meridian langit semarang pada jam 20.42 WIB. Selisih 8 jam 54 menit dari waktu transit matahari, yaitu pada jam 11:48 WIB. Pada hari itu pasang laut tinggi terjadi pada jam 19.00 WIB setinggi 0,9 meter dan surut rendah pada jam 02.45 WIB serendah 0,3 meter. Kecepatan surut 7,42 cm/jam dan kecepatan pasang 3,69 cm/jam. (Untuk kecepatan pasang surut akan dianalisa lebih lanjut pada sub bab analisa pasang surut bulanan).

Demikian pembacaan data pada tabel 4. Secara umum, dapat dipahami bahwa matahari dan bulan bergerak dan membentuk siklus waktu dan sudut tertentu dengan periode waktu yang berbeda. Fenomena astronomis ini mempengaruhi dinamika pasang surut air laut setiap harinya (gambar 10). Hal ini dapat dibuktikan dengan data-data pada tabel 4, dimana waktu kulminasi matahari dan bulan selalu mengalami pergeseran setiap hari. Begitu pula waktu terjadinya pasang tinggi dan surut rendah selalu bergeser juga setiap hari mengikuti waktu pergeseran kulminasi matahari dan bulan tersebut. Namun, pergeseran waktu kulminasi bulan matahari dan pergeseran waktu pasang surut terlihat berulang mengikuti fase-fase bulan. (perbandingkan data kulminasi dan pasang surut pada tanggal 4 Januari 2011 dengan tanggal 3 Februari 2011, serta pada tanggal 8 Januari 2011 dengan tanggal 7 Februari 2011).

Demikian hubungan dua fenomena ini, Sebagaimana telah dijelaskan bahwa faktor pembangkit pasang surut air laut adalah gravitasi benda-benda astronomis terutama matahari dan bulan.

## 2. Analisa Pasang Surut Bulanan

Untuk menganalisa lebih lanjut tentang pasang surut, penulis mengklasifikasikan data pasang surut air laut dan data astronomis dalam tiga sampel bulan Hijriah. Data-data tersebut diambil dari tiga tahun yang berbeda untuk markaz pelabuhan Tanjung Mas Semarang, yaitu tahun 1432 H, 1433 H, dan 1434 H. Tiga bulan Hijriah tersebut adalah Safar, Rabi'ul Akhir, dan Sya'ban.

Pemakaian tiga bulan tersebut mengacu dan mewakili tiga karakter pasang surut bulanan yang berbeda pada tahun 1431 Hijriah. Tabel 6 mewakili bulan safar, tabel 7 mewakili bulan rabi'ul akhir, dan tabel 8 mewakili bulan sya'ban. Untuk setiap bulan diambil sampel 8 hari yang merupakan 8 fase bulan dalam masing-masing bulan hijriah tersebut.

Dalam 3 tabel berikut, apabila setiap fase bulan dilihat dari selisih kulminasi matahari dan bulan, maka diperoleh besaran-besaran waktu yang relatif konstan. Untuk penjabarannya bisa dilihat pada tabel 5, di bawah ini.

Fase	Nama Fase Bulan	Selisih Kulminasi
1	Ijtima'/ konjungsi	$\pm 0$ jam
2	Waxing Crescent I	$\pm 3$ jam
3	Kuartal Awal	$\pm 6$ jam
4	Waxing Gibbous I	$\pm 9$ jam
5	Istikbal/ Oposisi	$\pm 12$ jam
6	Waxing Gibbous II	$\pm 9$ jam
7	Kuartal Akhir	$\pm 6$ jam
8	Waxing Crescent II	$\pm 3$ jam

**Tabel 5**  
Selisih Kulminasi Setiap Fase Bulan



Safar

	fase	Tanggal	Jam fase	Deklinasi matahari	Deklinasi bulan	Kulminasi matahari	Kulminasi bulan	Selisih kulminasi	Pasang surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
1432 H	1	04-01-2011	16:03	-22°45'21"	-22°08'49"	11:43	11:32	00:11	04:25 (0,3)	20:50 (1,0)	-	-
	2	08-01-2011	17:17	-22°17'10"	-06°19'31"	11:45	14:38	02:53	06:25 (0,3)	21:10 (0,9)	-	-
	3	12-01-2011	18:31	-21°41'60"	12°51'42"	11:46	17:23	05:37	04:15 (0,4)	18:45 (0,8)	-	-
	4	16-01-2011	11:26	-21°00'06"	24°07'41"	11:48	20:42	08:54	02:45 (0,3)	19:00 (0,9)	-	-
	5	20-01-2011	04:21	-20°11'49"	18°41'24"	11:49	00:33	11:16	04:20 (0,3)	20:50 (1,0)	-	-
	6	23-01-2011	12:09	-19°31'36"	02°12'04"	11:50	02:20	09:30	05:05 (0,3)	21:45 (0,8)	-	-
	7	26-01-2011	19:57	-18°48'07"	-14°58'33"	11:51	04:55	06:56	03:30 (0,4)	16:45 (0,9)	-	-
	8	30-01-2011	14:44	-17°45'20"	-24°05'55"	11:52	08:33	03:19	02:45 (0,3)	19:10 (1,0)	-	-
	fase	Tanggal	Jam fase	Deklinasi matahari	Deklinasi bulan	Kulminasi matahari	Kulminasi bulan	Selisih kulminasi	Pasang surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
1433 H	1	25-12-2011	01:06	-23°24'07"	-20°55'53"	11:38	12:03	00:25	04:45 (0,2)	21:00 (1,1)	-	-
	2	28-12-2011	19:10	-23°17'47"	-09°44'13"	11:40	14:40	03:00	06:35 (0,3)	21:55 (0,9)	-	-
	3	01-01-2012	13:15	-23°02'49"	09°02'03"	11:42	17:34	05:52	07:10 (0,4)	19:00 (0,8)	-	-
	4	05-01-2012	13:52	-22°40'30"	21°28'24"	11:43	20:36	08:51	02:55 (0,3)	19:25 (0,9)	-	-
	5	09-01-2012	14:30	-22°11'01"	20°41'43"	11:45	00:04	11:41	04:30 (0,3)	20:40 (1,0)	-	-
	6	13-01-2012	03:19	-21°34'34"	04°34'54"	11:47	02:34	09:13	05:50 (0,3)	21:30 (0,9)	-	-
	7	16-01-2012	16:08	-21°02'50"	-11°21'29"	11:48	05:04	06:44	04:40 (0,4)	17:30 (0,8)	-	-
	8	20-01-2012	03:23	-20°14'53"	-22°29'37"	11:49	09:49	02:00	02:35 (0,3)	19:15 (1,0)	-	-
	fase	Tanggal	Jam fase	Deklinasi matahari	Deklinasi bulan	Kulminasi matahari	Kulminasi bulan	Selisih kulminasi	Pasang surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
1434 H	1	13-12-2012	15:42	-23°10'09"	-20°55'46"	11:33	11:22	00:11	04:10 (0,3)	20:30 (1,1)	-	-
	2	17-12-2012	02:00	-23°21'53"	-09°46'11"	11:35	15:17	03:42	07:00 (0,3)	22:30 (0,9)	-	-
	3	20-12-2012	12:19	-23°25'46"	04°22'30"	11:36	17:39	06:03	08:10 (0,4)	19:00 (0,8)	-	-
	4	24-12-2012	14:50	-23°24'23"	18°30'38"	11:38	20:40	09:02	02:55 (0,3)	19:35 (0,9)	-	-
	5	28-12-2012	17:21	-23°15'29"	19°23'38"	11:40	23:51	12:11	04:40 (0,3)	20:40 (1,0)	-	-
	6	01-01-2013	14:09	-22°59'07"	10°22'13"	11:42	02:12	09:30	06:25 (0,3)	21:25 (0,9)	-	-
	7	05-01-2013	10:58	-22°35'25"	-08°11'49"	11:44	05:18	06:26	05:50 (0,4)	18:30 (0,8)	-	-
	8	08-01-2013	18:51	-22°12'56"	-19°03'43"	11:45	08:01	03:44	02:35 (0,3)	18:45 (0,9)	-	-

Tabel 6

perbandingan pasang surut air laut dengan pergerakan benda astronomis per bulan Safar

## Rabi'ul Akhir

fase	Tanggal	Jam fase	Deklinasi matahari	Deklinasi bulan	Kulminasi matahari	Kulminasi bulan	Selisih kulminasi	Pasang surut				
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2	
1432 H	1	05-03-2011	03:46	-06°11'29"	-00°13'50"	11:50	11:55	00:05	02:55 (0,4)	11:15 (0,6)	13:05 (0,5)	20:50 (0,7)
	2	09-03-2011	05:15	-04°38'12"	17°09'24"	11:49	14:44	02:55	00:50 (0,5)	10:45 (0,7)	-	-
	3	13-03-2011	06:45	-03°04'01"	23°30'34"	11:48	18:07	06:19	00:15 (0,3)	15:30 (0,9)	-	-
	4	16-03-2011	15:57	-01°53'00"	14°12'30"	11:47	20:54	09:06	01:10 (0,3)	18:30 (0,9)	-	-
	5	20-03-2011	01:10	-00°18'09"	-09°43'16"	11:46	00:30	11:16	01:40 (0,4)	09:35 (0,8)	14:30 (0,3)	21:20 (0,6)
	6	23-03-2011	10:08	00°52'00"	-19°37'54"	11:45	02:24	09:21	-	11:05 (0,9)	21:50 (0,3)	-
	7	26-03-2011	19:07	02°03'46"	-23°22'55"	11:44	05:17	06:27	-	14:45 (0,9)	23:35 (0,3)	-
	8	30-03-2011	20:19	03°37'37"	-11°17'55"	11:43	08:31	03:12	00:50 (0,3)	09:40 (0,7)	12:05 (0,6)	19:05 (0,8)
fase	Tanggal	Jam fase	Deklinasi matahari	Deklinasi bulan	Kulminasi matahari	Kulminasi bulan	Selisih kulminasi	Pasang surut				
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2	
1433 H	1	22-02-2012	05:35	-10°24'49"	-04°37'55"	11:52	11:55	00:03	03:20 (0,3)	12:10 (0,6)	12:05 (0,5)	21:05 (0,8)
	2	25-02-2012	18:58	-09°18'47"	09°26'54"	11:51	14:05	02:14	03:05 (0,5)	12:35 (0,7)	14:50 (0,6)	19:30 (0,7)
	3	01-03-2012	08:22	-07°26'02"	22°06'56"	11:51	17:57	06:06	00:40 (0,3)	16:55 (0,8)	-	-
	4	05-03-2012	00:31	-05°51'59"	14°02'13"	11:50	21:23	09:33	01:50 (0,3)	19:10 (0,9)	-	-
	5	08-03-2012	16:40	-04°43'58"	-01°34'26"	11:49	23:58	12:09	02:20 (0,4)	10:05 (0,6)	12:45 (0,5)	20:45 (0,9)
	6	12-03-2012	00:32	-03°09'52"	-16°48'56"	11:48	02:41	09:07	00:50 (0,5)	11:20 (0,9)	23:30 (0,4)	-
	7	15-03-2012	08:25	-01°58'52"	-21°55'08"	11:47	05:36	06:04	-	15:25 (0,9)	-	-
	8	19-03-2012	03:01	-00°23'58"	-10°49'54"	11:46	09:06	02:40	01:15 (0,3)	09:55 (0,6)	11:45 (0,6)	19:30 (0,8)
fase	Tanggal	Jam fase	Deklinasi matahari	Deklinasi bulan	Kulminasi matahari	Kulminasi bulan	Selisih kulminasi	Pasang surut				
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2	
1434 H	1	10-02-2013	14:20	-14°17'47"	-09°57'49"	11:53	11:39	00:14	03:55 (0,3)	20:55 (0,9)	-	-
	2	14-02-2013	08:55	-12°57'48"	08°32'02"	11:52	14:54	03:02	04:05 (0,5)	15:35 (0,7)	-	-
	3	18-02-2013	03:31	-11°34'28"	19°58'57"	11:52	18:03	06:11	01:00 (0,4)	17:45 (0,8)	-	-
	4	22-02-2013	03:28	-10°08'14"	16°29'25"	11:52	21:16	09:24	02:10 (0,3)	19:30 (0,9)	-	-
	5	26-02-2013	03:26	-08°39'32"	00°24'21"	11:51	00:25	11:26	03:10 (0,4)	11:15 (0,6)	12:00 (0,6)	20:55 (0,8)
	6	01-03-2013	16:11	-07°31'38"	-09°10'29"	11:51	02:03	09:48	02:30 (0,5)	11:10 (0,7)	16:25 (0,6)	20:15 (0,7)
	7	05-03-2013	04:56	-05°59'35"	-20°24'11"	11:50	05:43	06:07	00:20 (0,3)	15:55 (0,9)	-	-
	8	08-03-2013	15:53	-04°49'39"	-15°35'54"	11:49	08:35	03:14	01:20 (0,3)	18:50 (0,9)	-	-

Tabel 7

perbandingan pasang surut air laut dengan pergerakan benda astronomis per bulan Rabi'ul Akhir

## Sya'ban

fase	Tanggal	Jam fase	Deklinasi matahari	Deklinasi bulan	Kulminasi matahari	Kulminasi bulan	Selisih kulminasi	Pasang surut				
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2	
1432 H	1	01-07-2011	15:54	23°07'42"	22°01'03"	11:42	11:32	00:10	-	08:20 (1,0)	16:55 (0,3)	-
	2	05-07-2011	02:41	22°48'54"	05°26'18"	11:43	15:04	03:21	-	09:45 (0,9)	18:25 (0,3)	-
	3	08-07-2011	13:29	22°30'38"	-11°24'37"	11:43	17:35	05:52	-	06:05 (0,8)	17:20 (0,4)	-
	4	12-07-2011	01:34	22°00'52"	-23°22'20"	11:44	20:49	09:05	-	06:55 (1,0)	15:05 (0,3)	-
	5	15-07-2011	13:40	21°34'34"	-17°37'26"	11:44	00:02`	11:42	-	08:35 (1,0)	16:35 (0,3)	-
	6	19-07-2011	12:51	20°54'23"	-04°04'24"	11:45	02:44	09:01	-	09:15 (0,9)	18:05 (0,4)	-
	7	23-07-2011	12:02	20°08'32"	14°34'29"	11:45	05:09	06:36	-	06:20 (0,8)	14:40 (0,4)	-
	8	27-07-2011	06:51	19°17'17"	23°19'53"	11:45	08:24	03:21	-	06:50 (0,9)	14:50 (0,3)	-
fase	Tanggal	Jam fase	Deklinasi matahari	Deklinasi bulan	Kulminasi matahari	Kulminasi bulan	Selisih kulminasi	Pasang surut				
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2	
1433 H	1	19-06-2012	22:02	23°25'32"	21°36'35"	11:40	11:18	00:22	-	08:25 (0,9)	17:05 (0,3)	-
	2	23-06-2012	16:16	23°25'05"	11°48'34"	11:41	14:34	02:53	-	09:30 (0,9)	18:55 (0,3)	-
	3	27-06-2012	10:30	23°18'08"	-07°45'31"	11:41	17:46	06:05	-	07:05 (0,8)	18:25 (0,4)	-
	4	30-06-2012	18:11	23°08'35"	-19°52'48"	11:42	20:32	08:50	-	06:30 (0,9)	14:50 (0,3)	-
	5	04-07-2012	01:52	22°50'13"	-17°03'58"	11:43	00:32`	11:11	-	08:45 (1,0)	16:55 (0,3)	-
	6	07-07-2012	17:20	22°32'15"	-08°17'48"	11:43	02:19	09:24	-	10:00 (0,9)	18:25 (0,3)	-
	7	11-07-2012	08:48	22°02'51"	10°35'42"	11:44	05:19	06:25	-	06:30 (0,8)	15:35 (0,4)	-
	8	15-07-2012	10:06	21°27'23"	21°12'05"	11:44	08:22	03:22	-	07:15 (0,9)	15:05 (0,3)	-
fase	Tanggal	Jam fase	Deklinasi matahari	Deklinasi bulan	Kulminasi matahari	Kulminasi bulan	Selisih kulminasi	Pasang surut				
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2	
1434 H	1	08-06-2013	22:56	22°51'19"	20°02'31"	11:37	11:16	00:18	-	08:40 (0,9)	17:10 (0,3)	-
	2	12-06-2013	23:40	23°09'24"	15°03'02"	11:38	14:24	02:46	-	09:25 (0,9)	19:25 (0,3)	-
	3	17-06-2013	00:24	23°22'49"	-05°01'45"	11:39	18:10	06:31	-	07:40 (0,8)	19:45 (0,4)	-
	4	20-06-2013	09:28	23°25'56"	-17°09'07"	11:40	20:48	09:08	-	06:55 (0,9)	15:05 (0,3)	-
	5	23-06-2013	18:32	23°25'19"	-19°24'01"	11:41	23:53	12:12	-	08:15 (1,0)	16:30 (0,3)	-
	6	27-06-2013	03:13	23°18'44"	-09°11'38"	11:41	02:49	08:52	-	10:20 (0,9)	18:55 (0,3)	-
	7	30-06-2013	11:54	23°09'29"	05°21'29"	11:42	05:18	06:24	-	06:35 (0,8)	19:35 (0,4)	-
	8	04-07-2013	13:04	22°51'29"	18°36'22"	11:43	08:25	03:18	-	07:25 (0,9)	15:10 (0,3)	-

Tabel 8

perbandingan pasang surut air laut dengan pergerakan benda astronomis per bulan Sya'ban

a) Fenomena Tiga Karakter Pasang Surut

Secara umum dalam tabel 6, 7, dan 8 tercatat waktu terjadinya pasang surut yang berbeda-beda antar fase bulan. Namun, terkesan relatif sama untuk setiap fase bulan dalam 3 kelompok waktu yang berbeda. Ini berarti waktu pasang tinggi dan surut rendah terjadi secara periodik mengikuti periode fase bulan dalam 3 kelompok waktu.

Tabel 6 menggambarkan pasang surut air laut yang mana setiap hari surut rendah terjadi lebih dulu dari pada pasang tinggi dan terjadi satu kali (Untuk selanjutnya fenomena ini disebut karakter pasang surut 2).

Adapun tabel 7, terlihat keadaan waktu pasang surut yang tidak stabil. Ada 3 bentuk pasang surut dalam tabel ini, yaitu:

- 1) Pasang surut terjadi satu kali dalam sehari, dimana pasang tinggi terjadi lebih dulu dari pada surut rendah (untuk selanjutnya fenomena ini disebut karakter pasang surut 1).
- 2) Pasang surut terjadi satu kali dalam sehari, dimana surut rendah terjadi lebih dulu dari pada pasang tinggi (karakter pasang surut 2).
- 3) Pasang surut terjadi lebih dari satu kali dalam sehari (untuk selanjutnya fenomena ini disebut karakter pasang surut 3).

Sedangkan tabel 8, keadaan pasang surut tampak stabil seperti halnya tabel 6. Namun dengan karakter yang berbeda, yakni pasang tinggi terjadi lebih dulu dari pada surut rendah (karakter pasang surut 1).

Untuk mengidentifikasi fenomena pasang surut tersebut, berikut tabel perbandingan 3 bentuk karakter pasang surut air laut dengan deklinasi matahari dan bulan:

Karakter Pasut	Deklinasi Matahari	Deklinasi Bulan	Waktu Pasang Surut			
			Surut	Pasang	Surut	Pasang
1	23°07'42"	22°01'03"	-	08:20	16:55	-
2	-22°45'21"	-22°08'49"	04:25	20:50	-	-
3	-06°11'29"	-00°13'50"	02:55	11:15	13:05	20:50

**Tabel 9**  
**Analisa Awal Tentang Karakter Pasang Surut**

Tabel 9 merupakan sampel untuk fase ijtima'. Dengan tabel ini, sekilas dapat dilihat bahwa terjadinya tiga karakter pasang surut yang berbeda mengikuti posisi bulan dan matahari terhadap bumi. Dalam hal ini, posisi tersebut adalah deklinasi matahari dan deklinasi bulan. Dibuktikan oleh tabel 9 dengan tiga model kolaborasi deklinasi matahari dan bulan yang mengakibatkan tiga karakter pasang surut yang berbeda pula.

Untuk analisa lebih detail, hubungan tiga karakter pasang surut dengan deklinasi matahari dan bulan akan dibahas pada sub bab analisa pasang surut tahunan. Hal ini dikarenakan karakter pasang surut air laut berhubungan dengan deklinasi, sehingga akan lebih tepat jika analisisnya adalah analisa tahunan mengikuti periode deklinasi matahari.

b) Ukuran Ketinggian Air Laut

Adapun mengenai pasang maksimum/ pasang tertinggi dan surut minimum/ surut terendah air laut, sesuai tabel 6, 7 dan 8, secara umum terjadi pada fase konjungsi dan oposisi. Pada fase-fase tersebut, pasang maksimum tercatat pada ketinggian 1.1 m, sedangkan surut minimum pada kerendahan 0,2 m. Namun, pasang tertinggi dan surut terendah saat fase konjungsi dan oposisi akan sulit diidentifikasi jika pada hari tersebut pasang surut air laut masuk pada kondisi karakter 3. Karena pada saat itu terjadi lebih dari 1 kali pasang surut dengan ketinggian dan kerendahan air laut yang tidak masuk standar pasang tertinggi dan surut terendah.

Fenomena pasang surut pada fase konjungsi dan oposisi secara umum disebut pasang purnama/ spring tide, yaitu ketika sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $0^\circ$  dan  $180^\circ$ . Selain pasang purnama, ada satu lagi jenis pasang yang dikenal, yakni pasang perbani/ neap tide. Jenis pasang ini terjadi pada fase kuartal awal dan kuartal akhir, yaitu ketika sistem matahari-bumi-bulan membentuk sudut  $90^\circ$  atau  $270^\circ$ .

Tidak seperti pasang purnama, sesuai tabel 6, 7, dan 8, pasang perbani tidak mengenal kondisi pasang surut karakter 3. Dengan demikian, jenis pasang ini akan tetap stabil dengan ketinggian dan kerendahan yang relatif sama, yakni  $\pm 0,8$  m untuk pasang tinggi dan 0,4 m untuk surut rendah.

Namun, ada pengecualian untuk ketinggian pasang surut perbani pada bulan-bulan tertentu dengan kondisi pasang surut karakter 3. Pada

bulan-bulan tersebut ketinggian pasang tinggi perbani dan kerendahan surut rendah perbani melebihi standar pasang surut perbani. Bahkan lebih mendekati standar pasang purnama pada kondisi karakter pasang surut 1 dan 2. Oleh karena itu, pada saat fase konjungsi atau fase oposisi mengalami kondisi pasang surut karakter 3, fase kuartal awal atau kuartal akhir mengalami pasang tinggi dan surut rendah melebihi fase konjungsi atau fase oposisi pada bulan tersebut (lihat tabel 7).

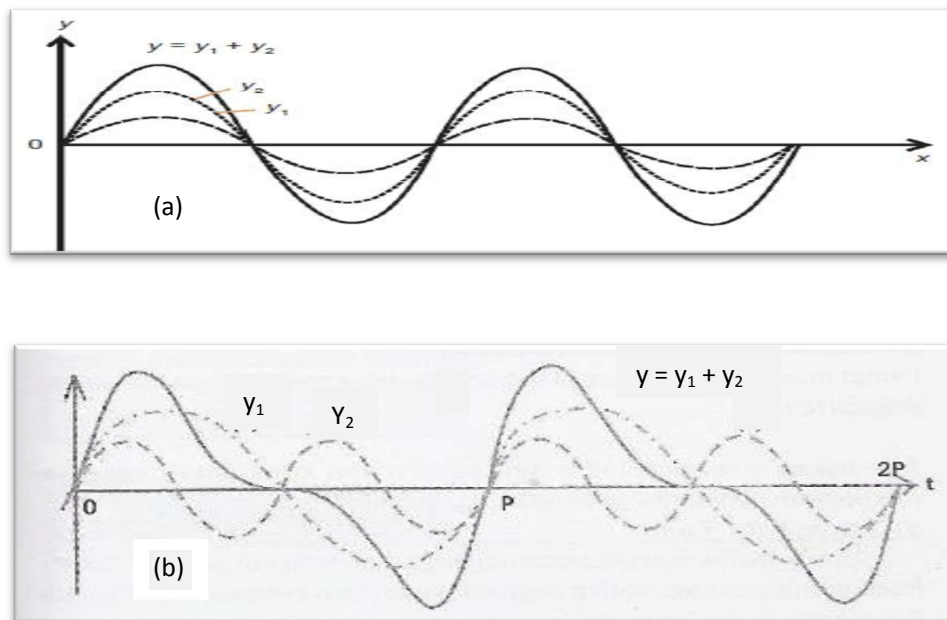
Perlu dipahami bahwa keterangan-keterangan tersebut adalah perbandingan ketinggian pasang surut antar fase bulan (sudut besar sistem matahari-bumi-bulan), yaitu perbandingan antar hari yang didalamnya ada saat titik fase bulan terjadi. Maka keterangan ketinggian pasang surut air laut ini tidak bisa merepresentasikan secara tepat hari yang terdapat titik fase bulan. Hal ini dikarenakan ketinggian air laut sesuai kriteria fase bulan tidak hanya terjadi pada hari saat titik fase bulan terjadi, tapi juga pada hari-hari sekitar titik fase bulan terjadi (lihat tabel 4).

Untuk memahami fenomena ini, perlu dipahami pula tentang teori superposisi dua gerak harmonik searah. Dengan uraian bahwa gerakan vertikal muka air laut yang periodik merupakan resultan gaya gravitasi bulan dan matahari pada waktu dan kedudukan tertentu. Sehingga gelombang pasang surut yang diamati di suatu lokasi merupakan

superposisi dari beberapa gelombang yang masing-masing pada setiap saat tertentu dibangkitkan oleh kedudukan dua benda langit tersebut.<sup>231</sup>

Pada dasarnya teori superposisi gerak harmonik merupakan teori penjumlahan dua gerak yang independen dan tidak saling mempengaruhi menjadi suatu gerak resultan.<sup>232</sup> Misalkan ada dua gerak yang bergerak serentak pada arah X, yaitu dengan persamaan  $X_1(t) = A_1 \cos(\omega_1 t + \phi_0)$  dan  $X_2(t) = A_2 \cos(\omega_2 t + \phi_0)$ . Gerak resultan dari dua persamaan tersebut;  $X(t) = X_1(t) + X_2(t) = A_1 \cos(\omega_1 t + \phi_0) + A_2 \cos(\omega_2 t + \phi_0)$ . Dengan A amplitudo,  $\phi$  fasa, t waktu,  $\omega$  frekuensi, dan X gerak gelombang.

Berikut ilustrasi dari grafik yang terbentuk berdasarkan teori ini:



Gambar 11 Grafik Superposisi Dua Gerak Harmonik

69. <sup>231</sup> Poerbondono, et al., *Survei Hidrografi*, (Bandung: Refika Aditama), 2012, hal. 68-

<sup>232</sup> Sutrisno, *Fisika Dasar: Mekanika*, (Bandung: Penerbit ITB), 1997, hal. 80.



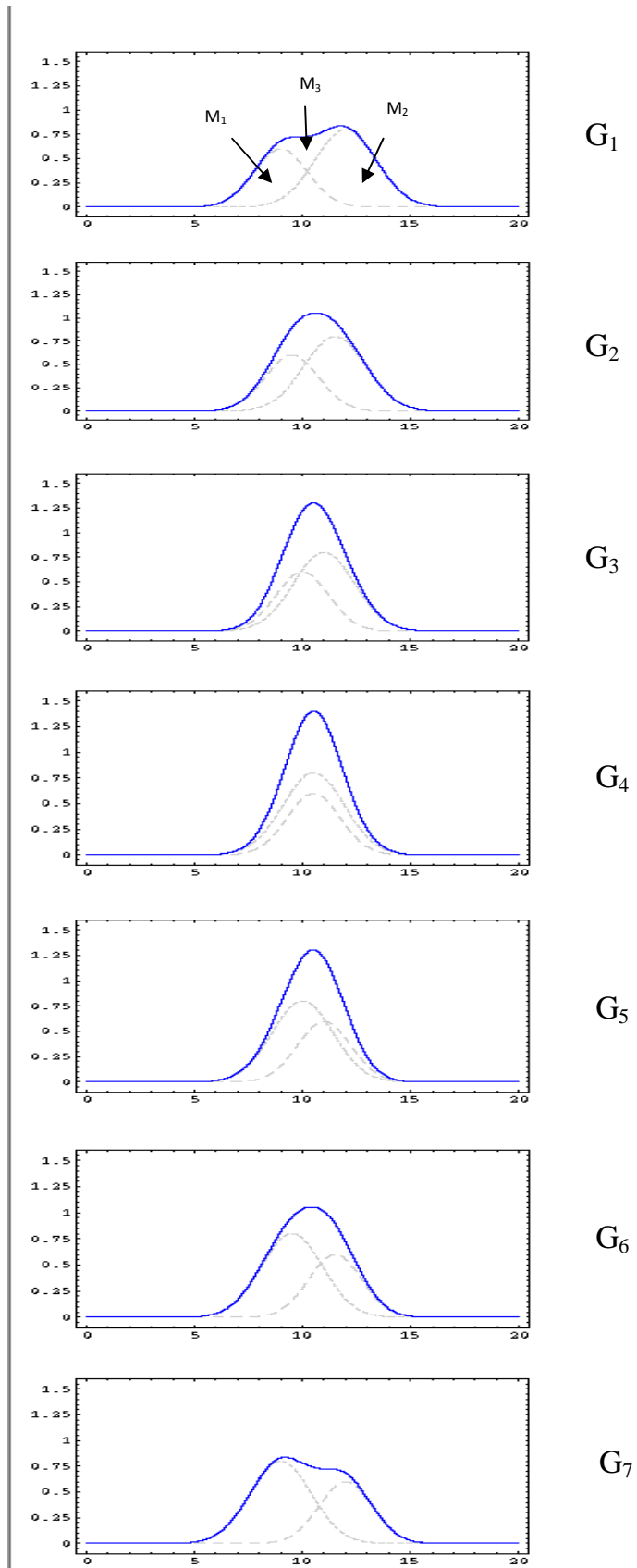
Sesuai gambar 11, ilustrasi grafik  $y$  merupakan hasil dari penjumlahan grafik  $y_1$  dan grafik  $y_2$ , dengan (a) adalah dua gerak satu periode dan (b) adalah dua gerak dengan periode yang berbeda (1 : 2). Apabila dihubungkan dengan fenomena pasang surut air laut, grafik  $y_1$  menggambarkan potensi pasang surut akibat gravitasi matahari, grafik  $y_2$  menggambarkan potensi pasang surut akibat gravitasi bulan, dan grafik  $y$  menggambarkan potensi pasang surut akibat gabungan gravitasi bulan dan gravitasi matahari.

Gambar 11 (a) merupakan ilustrasi saat matahari dan bulan dalam keadaan sejajar dengan bumi dengan selisih sudut yang terbentuk sebesar  $0^\circ$ , mengakibatkan puncak pasang tinggi akibat gravitasi matahari dan puncak pasang tinggi akibat gravitasi bulan terjadi pada daerah dan waktu yang relatif sama. Sehingga puncak pasang pada saat itu merupakan puncak pasang tertinggi.

Seperti yang diketahui bahwa setiap 24 jam posisi matahari dan bulan bergeser  $\pm 13^\circ$ ,<sup>233</sup> maka sudah tentu gelombang pasang tinggi yang terbentuk akan mengalami perubahan menyesuaikan fenomena tersebut. Dengan pertimbangan tersebut, berikut ilustrasi gelombang pasang akibat resultan superposisi dari dua gerak yang terbentuk dengan ketentuan yang telah disesuaikan:

---

<sup>233</sup> Nyoman Suwitra, *Astronomi Dasar*, (Singaja: Jurusan Fisika Institut Keguruan Dan Pendidikan Negeri), 2001, hal. 73.



Gambar 12

Ilustrasi perubahan ketinggian air laut saat pasang tinggi serta perubahan bentuk gelombang pasang tinggi akibat pergeseran sudut kecil matahari-bumi-bulan

Gambar 12 mengilustrasikan perubahan bentuk gelombang pasang surut air laut serta perubahan ukuran ketinggian pasang tinggi mengikuti perubahan sudut matahari-bumi-bulan terkecil. Simbol  $M_1$  adalah gelombang gravitasi matahari,  $M_2$  adalah gelombang gravitasi bulan, dan  $M_3$  adalah gabungan gelombang gravitasi bulan dan matahari ( $M_1 + M_2$ ).<sup>234</sup>

Grafik	$M_1$		$M_2$		$ X_{M_1} - X_{M_2} $	$M_3$	
	X	Y	X	Y		X	Y
$G_1$	09,0	0,65	12,0	0,80	03,0	11,5	0,85
$G_2$	09,5	0,65	11,5	0,80	02,0	10,5	1,00
$G_3$	10,0	0,65	11,0	0,80	01,0	10,5	1,25
$G_4$	10,5	0,65	10,5	0,80	00,0	10,5	1,30
$G_5$	11,0	0,65	10,0	0,80	01,0	10,5	1,25
$G_6$	11,5	0,65	09,5	0,80	02,0	10,5	1,00
$G_7$	12,0	0,65	09,0	0,80	03,0	09,5	0,85

Tabel 10  
Tabel Superposisi 2 Gelombang

Tabel 10 adalah penjelasan matematis untuk gambar 12. Dari tabel ini dapat diketahui pengaruh sistem matahari-bumi-bulan dalam sudut-sudut kecil terhadap gelombang pasang-surut air laut secara matematis.

Simbol X dalam tabel 10 adalah posisi horisontal (jarak) puncak pasang dan Y adalah posisi vertikal (ketinggian) puncak pasang. Nilai posisi vertikal  $M_1$  dan  $M_2$  selalu konstan dengan nilai berturut-turut 0,65 dan 0,8 adalah ilustrasi potensi pasang konstan dari 2 gaya yang berbeda.

<sup>234</sup> Sutrisno, *Fisika Dasar: Mekanika*, (Bandung: Penerbit ITB), 1997, hal. 82.

Nilai posisi horisontal  $M_1$  dan  $M_2$  yang selalu berubah mengilustrasikan pergerakan matahari dan bulan. Dan nilai absolut dari  $M_1-M_2$  adalah sudut sistem matahari-bumi-bulan.

Grafik  $G_1$  mengilustrasikan pasang tinggi laut dimana selisih sudut sistem matahari-bumi-bulan (03,0) tidak mengakibatkan dua gelombang menyatu. Sehingga ketinggian puncak pasang pada saat itu (0,85) tidak terpaut jauh dari ketinggian konstan pasang gravitasi bulan (0,80).

Untuk grafik  $G_2$ , terlihat 2 gelombang telah menyatu walaupun sistem matahari-bulan-bulan tidak benar-benar sejajar. Sudut sistem matahari-bumi-bulan pada grafik  $G_2$  adalah 02,0. Ketinggian puncak pasang pada grafik  $G_2$  (1,00) mulai terpaut jauh dari ketinggian konstan pasang gravitasi bulan (0,80).

Seperti grafik sebelumnya, grafik  $G_3$  mengilustrasikan penyatuan dua gelombang namun dengan sudut sistem matahari-bumi-bulan sudah hampir menyatu (01,0). Ketinggian puncak pasang pada grafik  $G_2$  (1,25) terpaut sangat jauh dari ketinggian konstan pasang gravitasi bulan (0,80).

Sudut sistem matahari-bumi-bulan terkecil adalah  $0^\circ$  (konjungsi), ilustrasi fenomena ini adalah grafik  $G_4$ . Dalam grafik tersebut terlihat ketinggian puncak pasang tertinggi diantara grafik-grafik yang lain (1,30). Demikian penjelasan pada grafik  $G_1$  sampai  $G_4$ , penjelasan grafik selanjutnya berulang terbalik sampai grafik  $G_7$ .

Untuk pembuktian ilustrasi teori superposisi dalam penyatuan 2 gelombang pasang surut air laut, berikut tabel-tabel perbandingan tersebut:

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
17-12-11	11:36	04:37	06:59	104°45'	08:06	20:30 (0,8)	12:23	03:14
18-12-11	11:36	05:26	06:10	92°30'	08:31	19:00 (0,8)	10:29	01:20
19-12-11	11:36	06:16	05:20	80°00'	08:56	18:30 (0,9)	09:34	00:25
20-12-11	11:36	07:08	04:28	67°00'	09:22	18:30 (0,9)	09:08	00:01
21-12-11	11:36	08:03	03:33	53°15'	09:49	18:50 (1,0)	09:00	00:08
22-12-11	11:37	09:02	02:35	38°45'	10:19	19:20 (1,0)	09:00	00:08
23-12-11	11:37	10:02	01:35	23°45'	10:49	19:50 (1,1)	09:00	00:08
24-12-11	11:38	11:03	00:35	08°45'	11:20	20:25 (1,1)	09:04	00:04
<b>25-12-11</b>	<b>11:38</b>	<b>12:03</b>	<b>00:25</b>	<b>06°15'</b>	<b>11:50</b>	<b>21:00 (1,1)</b>	<b>09:09</b>	<b>00:00</b>
26-12-11	11:39	12:58	01:19	19°45'	12:18	21:25 (1,0)	09:06	00:02
27-12-11	11:39	13:52	02:13	33°15'	12:45	21:50 (0,9)	09:04	00:04
28-12-11	11:39	14:40	03:01	45°15'	13:09	21:55 (0,9)	08:45	00:23
29-12-11	11:39	15:26	03:47	56°45'	13:32	21:25 (0,9)	07:52	01:16
30-12-11	11:40	16:10	04:30	67°30'	13:55	19:20 (0,8)	06:20	02:49

Tabel 11 Pembuktian Teori Superposisi Untuk Pasang Akibat Kulminasi Atas

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
24-07-11	23:44	17:11	06:33	98°15'	20:27	06:10 (0,8)	09:42	00:47
25-07-11	23:44	18:18	05:26	81°30'	21:01	06:15 (0,9)	09:14	00:19
26-07-11	23:44	19:06	04:38	69°30'	21:25	06:30 (0,9)	09:05	00:10
27-07-11	23:45	19:58	03:47	56°45'	21:51	06:50 (0,9)	08:58	00:03
28-07-11	23:45	20:51	02:54	43°30'	22:18	07:15 (0,9)	08:57	00:02
29-07-11	23:45	21:46	01:59	29°45'	22:45	07:40 (1,0)	08:54	00:01
30-07-11	23:45	22:41	01:04	16°00'	23:13	08:05 (1,0)	08:52	00:03
<b>31-07-11</b>	<b>23:44</b>	<b>23:36</b>	<b>00:08</b>	<b>02°00'</b>	<b>23:40</b>	<b>08:35 (0,9)</b>	<b>08:55</b>	<b>00:00</b>
01-08-11	23:44	0:28	00:44	11°00'	00:06	09:00 (0,9)	08:54	00:01
02-08-11	23:44	1:21	01:37	24°15'	00:32	09:25 (0,9)	08:52	00:02
03-08-11	23:44	2:13	02:29	37°15'	00:58	09:35 (0,8)	08:36	00:18
04-08-11	23:44	3:04	03:20	50°00'	10:24	08:50 (0,7)	07:26	01:29

Tabel 12 Pembuktian Teori Superposisi Untuk Pasang Akibat Kulminasi Bawah

Tabel 11 dan 12 merupakan sampel untuk 2 bentuk pasang yang berbeda. Dimana pasang laut akibat kulminasi atas bulan matahari diwakili tabel 11, dan pasang laut akibat kulminasi bawah bulan matahari diwakili tabel 12. Simbol X untuk waktu tengah kulminasi matahari dan bulan. Simbol X-P untuk selisih waktu tengah kulminasi dengan waktu pasang tinggi. Simbol XP-T untuk selisih waktu X-P secara umum dengan X-P saat pasang maksimum.

Dari tabel 10 diketahui bahwa indikasi terjadinya penyatuan 2 gelombang adalah nilai horisontal gelombang yang sama ( $XM_3 = 10,5$ ) dan nilai vertikal gelombang yang berubah secara perlahan saat gelombang menyatu, bahkan terkesan relatif tidak terpaut jauh ( $YM_3 = 1,00; 1,25; 1,30; 1,25; 1,00$ ). Dengan penjelasan tersebut, selanjutnya dilakukan analisa dengan membandingkan antara tabel 10, tabel 11, dan tabel 12.

Tabel 10			Tabel 11			Tabel 12		
X	Y	X-T	X-P	Y	XP-T	X-P	Y	XP-T
			09:34	0,9	00:25			
			09:08	0,9	00:01	09:05	0,9	00:10
11,5	0,85	01:00	09:00	1,0	00:08	08:58	0,9	00:03
10,5	1,00	00:00	09:00	1,0	00:08	08:57	0,9	00:02
10,5	1,25	00:00	09:00	1,1	00:08	08:54	1,0	00:01
10,5	1,30	00:00	09:04	1,1	00:04	08:52	1,0	00:03
10,5	1,25	00:00	<b>09:09</b>	<b>1,1</b>	<b>00:00</b>	<b>08:55</b>	<b>0,9</b>	<b>00:00</b>
10,5	1,00	00:00	09:06	1,0	00:02	08:54	0,9	00:01
09,5	0,85	01:00	09:04	0,9	00:04	08:52	0,9	00:02
			08:45	0,9	00:23	08:36	0,8	00:18

Tabel 13 Pembuktian Teori Superposisi Pada Pasang Surut Air Laut

Dari tabel 13, terdeteksi sebuah pola yang sama antara pola teori pergerakan gelombang superposisi (tabel 10) dengan pola pergerakan

pasang surut laut (tabel 11 dan 12). Dengan demikian, teori gelombang superposisi adalah representasi dari gelombang pasang surut air laut. Dimana telah dianalisa bahwa 2 gelombang akan menjadi satu tidak hanya saat 2 titik puncak gelombang bertemu, tapi ketika jarak kedua titik puncak gelombang memungkinkan untuk bersatu.

Tercatat dalam tabel 11 bahwa gelombang pasang mulai menyatu ketika sudut sistem matahari-bumi-bulan adalah  $67^{\circ}00'$  sebelum konjungsi sampai  $33^{\circ}15'$  setelah konjungsi. Dalam tabel 12, gelombang pasang tercatat mulai menyatu pada  $56^{\circ}45'$  sebelum konjungsi sampai  $24^{\circ}15'$  setelah konjungsi.

Untuk ketinggian air laut maksimum tercatat terjadi pada pertengahan waktu saat penyatuan gelombang bukan pada saat sistem sudut matahari-bumi-bulan terkecil (titik waktu konjungsi/ oposisi). Pada tabel 11, tengah gelombang terjadi pada sudut  $16^{\circ}52'$  sebelum konjungsi, sedangkan pasang maksimum (1,1) terjadi pada sudut  $23^{\circ}45'$  dan  $08^{\circ}45'$  sebelum konjungsi, serta  $06^{\circ}15'$  setelah konjungsi. Dengan demikian, data ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil analisa ketinggian pada gelombang superposisi, yaitu ketinggian maksimum terjadi pada pertengahan waktu saat gelombang menyatu dengan ketinggian yang relatif tidak terpaut jauh selama 2 gelombang menyatu.

Dari analisa diatas didapatkan kesimpulan bahwa gelombang pasang matahari dan pasang bulan tidak hanya menyatu pada hari saat terjadi konjungsi atau oposisi saja, tapi juga hari-hari sekitarnya selama

sudut sistem matahari-bumi-bulan memungkinkan terjadinya penyatuan gelombang. Dengan penyatuan 2 gelombang tersebut ketinggian puncak pasang laut akan sangat tinggi, dan relatif tidak terpaut jauh selama gelombang menyatu pada beberapa hari sekitar titik konjungsi/ oposisi.

Karena terbentuknya gelombang, maka terdapat faktor lain yang perlu dipertimbangkan selain gaya pembangkit pasang surut, yaitu faktor-faktor yang mempengaruhi karakter laut secara lokal. Faktor-faktor tersebut seperti kedalaman dan luas perairan, topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk, dan sebagainya. Sehingga mempengaruhi gesekan gelombang dengan dasar laut dan membentuk ciri pasang surut yang berlainan antar daerah.<sup>235</sup>

Dengan demikian, ketinggian pasang surut air laut pada kenyataannya tidak serta merta merepresentasikan posisi benda astronomis sebagai pembangkit utamanya. Karena faktor-faktor non astronomis juga cukup berpengaruh terhadap ketinggian pasang surut air laut.

Selanjutnya, sebagaimana bentuk orbit bumi dan bulan adalah oval, tentu akan berpengaruh pada perbedaan jarak bumi-matahari dan bumi-bulan dalam sekali berevolusi. Pada akhirnya akan berpengaruh pada ketinggian pasang air laut berdasarkan perubahan gaya gravitasi matahari dan bulan. Dengan asumsi tersebut, berikut tabel pasang air laut berdasar perbedaan jarak bumi dengan matahari dan bulan pada puncak gelombang.

---

<sup>235</sup> Poerbondono, dkk, *Survei Hidrografi*, (Bandung: Refika Aditama), 2012, hal. 69-70.



	Tanggal M	Dek. M	Dek. B	jarak bumi-matahari (km)	jarak bumi-bulan (km)	Pasang Surut				F1 (gravitasi matahari)	F2 (gravitasi bulan)	F1+F2
						Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2			
Muharram	25-11-11	-20°40'16"	-21°38'54"	147.654.872	366.082	04:15 (0,3)	20:35 (1,1)	-	-	$3,63 \times 10^{28}$	$5,91 \times 10^{33}$	$5,91 \times 10^{33}$
Safar	23-12-11	-23°25'58"	-22°21'15"	147.131.315	367.149	03:30 (0,3)	19:50 (1,1)	-	-	$3,66 \times 10^{28}$	$5,88 \times 10^{33}$	$5,88 \times 10^{33}$
Rabiul Awal	01-02-11	-17°12'01"	-20°16'49"	147.437.704	391.987	03:15 (0,3)	20:15 (0,9)	-	-	$3,65 \times 10^{28}$	$5,16 \times 10^{33}$	$5,16 \times 10^{33}$
Rabiul Akhir	02-03-11	-07°20'32"	-13°57'11"	148.340.578	397.972	02:20 (0,3)	20:00 (0,9)	-	-	$3,60 \times 10^{28}$	$5,00 \times 10^{33}$	$5,00 \times 10^{33}$
Jumadal Ula	03-04-11	05°10'23"	07°58'01"	149.528.105	405.424	01:00 (0,5)	09:30 (0,8)	15:10 (0,5)	21:05 (0,6)	$3,54 \times 10^{28}$	$4,82 \times 10^{33}$	$4,82 \times 10^{33}$
Jumadal Tsani	03-05-11	15°34'08"	18°36'32"	150.770.966	401.538	-	08:45 (0,9)	17:15 (0,3)	-	$3,49 \times 10^{28}$	$4,91 \times 10^{33}$	$4,91 \times 10^{33}$
Rajab	03-06-11	22°16'03"	22°59'50"	151.708.419	388.080	-	08:50 (1,0)	18:15 (0,3)	-	$3,44 \times 10^{28}$	$5,26 \times 10^{33}$	$5,26 \times 10^{33}$
Sya'ban	02-07-11	23°03'36"	19°30'48"	152.093.725	380.888	-	08:45 (1,0)	17:25 (0,3)	-	$3,43 \times 10^{28}$	$5,46 \times 10^{33}$	$5,46 \times 10^{33}$
Ramadhan	30-07-11	18°35'29"	17°18'30"	151.852.478	378.703	-	08:05 (1,0)	16:00 (0,3)	-	$3,44 \times 10^{28}$	$5,53 \times 10^{33}$	$5,53 \times 10^{33}$
Syawal	28-08-11	09°50'04"	10°01'30"	151.059.245	372.351	-	07:50 (0,9)	14:40 (0,3)	-	$3,47 \times 10^{28}$	$5,72 \times 10^{33}$	$5,72 \times 10^{33}$
Dzul Qo'dah	28-09-11	-01°52'52"	-10°08'08"	149.909.936	363.516	02:20 (0,5)	09:05 (0,6)	12:40 (0,5)	21:25 (0,9)	$3,53 \times 10^{28}$	$6,00 \times 10^{33}$	$6,00 \times 10^{33}$
Dzul Hijjah	28-10-11	-12°09'38"	-20°32'43"	148.644.799	365.240	04:55 (0,3)	21:20 (1,0)	-	-	$3,59 \times 10^{28}$	$5,94 \times 10^{33}$	$5,94 \times 10^{33}$

Tabel 14 Pengaruh jarak bumi-matahari dan bumi-bulan terhadap ketinggian air laut

Dari tabel 14 dapat diketahui bahwa perubahan tingkat ketinggian air laut pada puncak gelombang pasang lebih dipengaruhi oleh deklinasi dan jarak bumi-bulan. Untuk daerah laut semarang, puncak pasang gelombang tertinggi terjadi pada jarak terdekat bumi-bulan dengan deklinasi bulan negatif.

Pada dasarnya, jarak dua benda langit mempengaruhi tingkat gaya gravitasi dua benda langit tersebut. Hal ini senada dengan hukum gravitasi universal newton yang berbunyi; besarnya gaya tarik menarik antara dua titik massa berbanding langsung dengan massanya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Dalam bentuk rumus;  $F = \frac{m_1 \times m_2 \times G}{R^2}$ , dimana F merupakan kekuatan tarikan gravitasi,  $m_1$  adalah massa bumi,  $m_2$  adalah massa bulan atau matahari,  $R^2$  adalah jarak bumi-bulan atau bumi-matahari, dan G adalah nilai konstan gravitasi ( $6,67 \times 10^{-11}$  newton- $m^2/kg^2$ ). Dengan massa bumi =  $5,97 \times 10^{24}$  kg, massa bulan =  $7,35 \times 10^{22}$  kg, dan massa matahari  $1,99 \times 10^{30}$  kg.<sup>236</sup>

#### c) Kecepatan Pasang Surut Air Laut

Untuk analisa selanjutnya, dari tabel 6, 7, dan 8, bisa dibandingkan kecepatan air laut dalam pergerakannya secara vertikal untuk setiap fase bulan. Kecepatan pasang surut air laut didapat dengan membagi selisih jarak vertikal dengan selisih waktu antara pasang tinggi dan surut rendah.

---

<sup>236</sup> Lihat dalam Francisca Petrajani, *Newton dan Gravitasi*, (Jakarta: Erlangga), 2002, hal. 36. Lihat juga dalam Joenil Kahar: *Geodesi*, (Bandung: ITB), 2008, hal. 138. Lihat juga Ganijanti Aby Saroyo, *Seri Fisika Dasar*, (Jakarta: Salemba Teknik), 2002, hal. 221.

Berikut tabel perbandingan kecepatan pasang surut untuk 8 fase bulan:

Fase Bulan	Pasang Surut			Kecepatan Pasang	Kecepatan Surut
	Pasang	Surut	Pasang		
1	20:25 (1,0)	04:25 (0,3)	20:50 (1,0)	4,26 cm/jam	8,75 cm/jam
2	21:25 (0,9)	06:25 (0,3)	21:10 (0,9)	4,07 cm/jam	6,66 cm/jam
3	19:15 (0,8)	04:15 (0,4)	18:45 (0,8)	2,76 cm/jam	4,44 cm/jam
4	18:40 (0,9)	02:45 (0,3)	19:00 (0,9)	3,69 cm/jam	7,42 cm/jam
5	20:20 (1,0)	04:20 (0,3)	20:50 (1,0)	4,24 cm/jam	8,75 cm/jam
6	21:40 (0,9)	05:05 (0,3)	21:45 (0,8)	3,00 cm/jam	8,09 cm/jam
7	16:35 (0,8)	03:30 (0,4)	16:45 (0,9)	3,77 cm/jam	3,66 cm/jam
8	18:35(0,9)	02:20 (0,3)	19:10 (1,0)	4,16 cm/jam	7,74 cm/jam
Rata-rata				3,74 cm/jam	6,94 cm/jam

**Tabel 15**  
**Tabel Kecepatan Pasang Surut**

Tabel 15 merupakan sampel untuk pebandingan kecepatan pasang surut, yaitu data dari bulan safar 1432 H. Dari tabel tersebut terlihat bahwa surut air laut lebih cepat dari pada pasangannya. Rata-rata kecepatan pasang air laut adalah 3,74 cm/jam dan rata-rata kecepatan surut air laut adalah 6,94 cm/jam. Dengan demikian, perbandingan kecepatan pasang surut air laut adalah 1 : 2.

Dari 8 fase dalam tabel 15, pasang surut tercepat adalah ketika fase konjungsi dan oposisi, dengan rata-rata 4,25 cm/jam kecepatan saat pasang dan 8,75 cm/jam saat surut. Sedangkan pasang surut terlambat adalah ketika fase kuartal awal dan kuartal akhir, dengan rata-rata 3,26 cm/jam kecepatan saat pasang dan 4,05 cm/jam saat surut.

### 3. Analisa Pasang Surut Tahunan

Dalam sub bab ini, pembahasan difokuskan pada pergerakan pasang surut air laut dalam tiga tahun untuk setiap empat fase utama bulan. Metode analisa ini memungkinkan diperoleh gambaran dinamika pasang surut air laut dalam 3 periode peredaran revolusi bumi dan 36 periode sinodis bulan. Sehingga analisa hubungan dinamika pasang surut air dengan pergerakan matahari, bumi, dan bulan dapat disimpulkan. Terlebih nilai-nilai konstan dalam hubungan kedua fenomena tersebut dapat diperoleh dan digunakan untuk pemetaan hubungan pasang surut air laut dengan penentuan awal bulan Kamariah.

Analisa pada data-data tahunan ini lebih kepada pemantapan analisa-analisa sebelumnya, disamping beberapa analisa baru sebagai tambahan. Dari pembahasan sebelumnya telah terdeteksi beberapa kesimpulan awal yang masih membutuhkan analisa lanjutan yang lebih detail, seperti adanya tiga karakter pasang surut yang berbeda, pengaruh deklinasi pada fenomena pasang purnama dan pasang perbani.

Tabel tahunan terdiri atas 12 tabel, terbagi 4 kelompok berdasarkan 4 fase utama bulan. Setiap kelompok fase terdiri 3 tabel berdasar tahun Hijriah. Setiap tabel tahun hijriah terdiri 12 bulan kecuali tahun 1432 H dengan hanya 11 bulan dikarenakan terbatasnya data. Data yang tersedia untuk setiap tabel adalah bulan Hijriah, tanggal terjadinya titik waktu fase bulan, jam fase, deklinasi matahari dan bulam saat kulminasi, dll.

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Safar	04-01-2011	16:03	-22°45'21"	-22°08'49"	11:43	11:32	00:11	04:25 (0,3)	20:50 (1,0)	-	-
Rabiul awal	03-02-2011	09:31	-16°37'29"	-12°55'50"	11:52	11:51	00:01	04:05 (0,3)	20:55 (0,9)	-	-
Rabiul akhir	05-03-2011	03:46	-06°11'29"	-00°13'50"	11:50	11:55	00:05	02:55 (0,4)	11:15 (0,6)	13:05 (0,6)	20:50 (0,7)
Jumadil ula	03-04-2011	21:32	05°10'23"	07°58'01"	11:42	11:16	00:26	01:00 (0,5)	09:30 (0,8)	15:10 (0,5)	21:05 (0,6)
Jumadil tsani	03-05-2011	13:51	15°34'08"	18°36'32"	11:35	11:25	00:10	-	08:45 (0,9)	17:15 (0,3)	-
Rajab	02-06-2011	04:03	22°08'21"	23°22'03"	11:36	11:52	00:16	-	08:35 (1,0)	17:40 (0,3)	-
Sya'ban	01-07-2011	15:54	23°07'42"	22°01'03"	11:42	11:32	00:10	-	08:20 (1,0)	16:55 (0,3)	-
Ramadhan	31-07-2011	01:40	18°20'56"	12°59'31"	11:45	12:04	00:19	-	08:35 (0,9)	16:20 (0,3)	-
Syawal	29-08-2011	10:04	09°28'52"	04°32'22"	11:39	11:36	00:03	-	08:25 (0,9)	14:50 (0,4)	22:35 (0,6)
Dzul qo'dah	27-09-2011	18:09	-01°29'30"	-04°31'52"	11:29	11:07	00:22	01:05 (0,5)	08:20 (0,7)	13:00 (0,5)	21:05 (0,8)
Dzul Hijjah	27-10-2011	02:56	-12°39'22"	-17°28'40"	11:22	11:38	00:16	03:40 (0,3)	20:50 (0,9)	-	-

Tabel 16 Tabel Perbandingan Pada Fase Konjungsi 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Muharram	25-11-2011	13:10	-20°40'50"	-21°15'48"	11:25	11:19	00:06	04:15 (0,3)	20:35 (1,1)	-	-
Safar	25-12-2011	01:06	-23°24'07"	-20°55'53"	11:38	12:03	00:25	04:45 (0,2)	21:00 (1,1)	-	-
Rabiul awal	23-01-2012	14:39	-19°34'19"	-16°11'01"	11:50	11:39	00:11	04:00 (0,3)	20:50 (0,9)	-	-
Rabiul akhir	22-02-2012	05:35	-10°24'49"	-04°37'55"	11:52	11:55	00:03	03:20 (0,3)	12:10 (0,6)	13:50 (0,6)	21:05 (0,8)
Jumadil ula	22-03-2012	21:37	01°48'47"	03°20'05"	11:45	11:19	00:26	01:50 (0,4)	10:05 (0,7)	14:30 (0,6)	21:05 (0,7)
Jumadil tsani	21-04-2012	16:58	11°59'36"	14°24'50"	11:37	11:27	00:10	-	09:10 (0,9)	16:50 (0,4)	-
Rajab	21-05-2012	06:47	20°15'49"	20°55'60"	11:35	11:43	00:08	-	08:45 (0,9)	17:40 (0,3)	-
Sya'ban	19-06-2012	22:02	23°25'32"	21°36'35"	11:40	11:18	00:22	-	08:25 (0,9)	17:05 (0,3)	-
Ramadhan	19-07-2012	11:24	20°46'04"	16°41'34"	11:45	11:42	00:03	-	08:30 (0,9)	16:40 (0,3)	-
Syawal	17-08-2012	22:54	13°17'15"	10°27'14"	11:42	11:13	00:29	-	08:15 (0,9)	15:25 (0,3)	-
Dzul qo'dah	16-09-2012	09:11	02°29'12"	-02°15'44"	11:33	11:31	00:02	00:55 (0,5)	08:30 (0,7)	13:45 (0,5)	21:35 (0,7)
Dzul Hijjah	15-10-2012	19:02	-08°39'38"	-10°06'42"	11:24	11:02	00:22	02:20 (0,5)	08:45 (0,6)	11:35 (0,5)	20:40 (0,9)

Tabel 17 Tabel Perbandingan Pada Fase Konjungsi 1433 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Muharram	14-11-2012	05:08	-18°16'12"	-18°48'46"	11:23	11:38	00:15	04:10 (0,3)	20:40 (1,0)		
Safar	13-12-2012	15:42	-23°10'09"	-20°55'46"	11:33	11:22	00:11	04:10 (0,3)	20:30 (1,1)	-	-
Rabiul awal	12-01-2013	02:44	-21°36'52"	-16°53'50"	11:47	12:05	00:18	04:15 (0,3)	21:00 (1,0)	-	-
Rabiul akhir	10-02-2013	14:20	-14°17'47"	-09°57'49"	11:53	11:39	00:14	03:45 (0,3)	20:55 (0,9)		
Jumadil ula	12-03-2013	02:51	-03°15'33"	02°16'48"	11:48	11:58	00:10	02:25 (0,4)	10:25 (0,7)	14:10 (0,6)	21:20 (0,7)
Jumadil tsani	10-04-2013	16:35	08°00'10"	09°28'34"	11:40	11:25	00:15	00:40 (0,5)	09:30 (0,8)	15:45 (0,5)	22:05 (0,6)
Rajab	10-05-2013	07:29	17°39'33"	17°46'20"	11:35	11:43	00:08	-	09:05 (0,9)	17:25 (0,3)	-
Sya'ban	08-06-2013	22:56	22°51'19"	20°02'31"	11:37	11:16	00:21	-	08:40 (0,9)	17:10 (0,3)	-
Ramadhan	08-07-2013	14:14	22°27'07"	18°12'35"	11:43	11:36	00:07	-	08:40 (0,9)	17:00 (0,3)	-
Syawal	07-08-2013	04:51	16°22'22"	10°38'19"	11:44	11:51	00:07	-	08:40 (0,9)	16:15 (0,3)	-
Dzul qo'dah	05-09-2013	18:13	06°45'08"	03°54'56"	11:37	11:17	00:20	-	08:25 (0,8)	14:40 (0,4)	22:40 (0,6)
Dzul Hijjah	05-10-2013	07:35	-04°47'28"	-07°35'53"	11:27	11:31	00:04	02:20 (0,5)	08:50 (0,6)	12:25 (0,5)	21:10 (0,8)

Tabel 18 Tabel Perbandingan Pada Fase Konjungsi 1434 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Safar	12-01-2011	16:03	-21°41'60"	12°51'42"	11:46	17:23	05:37	04:15 (0,4)	18:45 (0,8)	-	-
Rabiul awal	11-02-2011	14:18	-14°08'20"	21°42'50"	11:52	17:36	05:44	01:30 (0,4)	17:05 (0,8)	-	-
Rabiul akhir	13-03-2011	06:45	-03°04'01"	23°30'34"	11:48	18:07	06:19	00:15 (0,3)	15:30 (0,9)	-	-
Jumadil ula	11-04-2011	19:05	08°11'07"	19°51'05"	11:39	17:49	06:10	-	12:25 (0,9)	23:20 (0,3)	-
Jumadil tsani	11-05-2011	03:33	17°47'21"	07°53'57"	11:35	18:19	06:44	-	10:30 (0,8)	22:05 (0,3)	-
Rajab	09-06-2011	09:11	22°54'00"	-01°53'50"	11:37	17:56	06:19	-	08:15 (0,8)	20:15 (0,4)	-
Sya'ban	08-07-2011	15:54	22°30'38"	-11°24'37"	11:43	17:35	05:52	-	06:05 (0,8)	17:20 (0,4)	-
Ramadhan	06-08-2011	18:08	16°47'30"	-18°49'37"	11:44	17:19	05:35	-	03:40 (0,8)	13:40 (0,4)	-
Syawal	05-09-2011	00:39	06°56'32"	-23°01'11"	11:37	18:05	06:28	-	03:10 (0,9)	12:05 (0,3)	-
Dzul qo'dah	04-10-2011	09:15	-04°12'31"	-20°20'49"	11:27	17:49	06:22	-	01:30 (0,9)	11:00 (0,3)	-
Dzul Hijjah	02-11-2011	23:38	-14°37'48"	-14°43'46"	11:22	17:24	06:02	-	-	09:55 (0,3)	22:50 (0,8)

Tabel 19 Tabel Perbandingan Pada Fase Kuartal Awal 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Muharram	02-12-2011	16:52	-21°53'45"	-02°57'35"	11:28	17:33	6:05	09:10 (0,3)	20:05 (0,8)	-	-
Safar	01-01-2012	13:15	-23°02'49"	09°02'03"	11:42	17:34	5:52	07:10 (0,4)	19:00 (0,9)	-	-
Rabiul awal	31-01-2012	11:10	-17°32'47"	18°15'47"	11:52	17:40	5:48	02:05 (0,4)	18:05 (0,8)	-	-
Rabiul akhir	01-03-2012	08:22	-07°26'02"	22°06'56"	11:51	17:57	6:06	00:40 (0,3)	16:55 (0,8)	-	-
Jumadil ula	31-03-2012	02:41	04°18'30"	18°52'44"	11:42	18:20	6:38	-	15:05 (0,8)	-	-
Jumadil tsani	29-04-2012	16:58	14°35'13"	13°18'39"	11:36	17:52	6:16	-	10:50 (0,8)	22:40 (0,3)	-
Rajab	29-05-2012	03:16	21°40'39"	00°51'16"	11:36	18:11	6:35	-	08:40 (0,8)	21:00 (0,4)	-
Sya'ban	27-06-2012	10:30	23°18'08"	-07°45'31"	11:41	17:46	6:05	-	07:05 (0,8)	18:25 (0,4)	-
Ramadhan	26-07-2012	15:56	19°20'29"	-15°17'44"	11:45	17:28	5:43	-	04:55 (0,8)	14:55 (0,4)	-
Syawal	24-08-2012	20:54	10°57'40"	-20°07'31"	11:41	17:16	5:35	-	02:20 (0,8)	12:35 (0,3)	-
Dzul qo'dah	23-09-2012	02:41	-00°13'47"	-19°50'03"	11:31	18:06	6:35	-	00:30 (0,9)	11:30 (0,3)	-
Dzul Hijjah	22-10-2012	10:32	-11°11'20"	-14°50'48"	11:23	17:50	6:27	-	00:30 (0,9)	10:20 (0,5)	-

Tabel 20 Tabel Perbandingan Pada Fase Kuartal Awal 1433 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Muharram	20-11-2012	21:31	-19°46'28"	-07°47'59"	11:24	17:42	06:18	09:15 (0,3)	21:00 (0,8)	-	-
Safar	20-12-2012	12:19	-23°25'46"	04°22'30"	11:36	17:38	06:02	08:10 (0,4)	19:00 (0,8)	-	-
Rabiul awal	19-01-2013	06:45	-20°17'51"	14°31'43"	11:49	17:49	06:00	03:00 (0,4)	18:20 (0,9)	-	-
Rabiul akhir	18-02-2013	03:31	-11°34'28"	19°58'57"	11:52	18:03	06:11	01:00 (0,4)	17:45 (0,8)	-	-
Jumadil ula	20-03-2013	00:27	-00°05'59"	19°19'04"	11:46	18:19	06:33	00:05 (0,3)	16:50 (0,8)	-	-
Jumadil tsani	18-04-2013	19:31	10°52'42"	15°48'55"	11:38	17:47	06:09	-	10:35 (0,8)	23:10 (0,3)	-
Rajab	18-05-2013	11:35	19°34'55"	06°34'38"	11:35	17:57	06:22	-	09:25 (0,8)	21:25 (0,4)	-
Sya'ban	17-06-2013	00:24	23°22'49"	-05°01'45"	11:39	18:10	06:31	-	07:40 (0,8)	19:45 (0,4)	-
Ramadhan	16-07-2013	10:18	21°19'58"	-11°56'13"	11:44	17:43	05:59	-	06:15 (0,8)	16:00 (0,4)	-
Syawal	14-08-2013	17:56	14°18'29"	-17°13'29"	11:43	17:25	05:42	-	03:50 (0,8)	13:30 (0,4)	-
Dzul qo'dah	13-09-2013	00:08	03°43'59"	-19°25'41"	11:34	18:11	06:37	-	02:40 (0,9)	12:00 (0,3)	-
Dzul Hijjah	12-10-2013	06:02	-07°27'13"	-16°01'58"	11:25	18:00	06:35	-	-	09:55 (0,3)	23:35 (0,9)

Tabel 21 Tabel Perbandingan Pada Fase Kuartal Awal 1434 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Safar	20-01-2011	04:21	-20°11'49"	14°12'30"	11:49	00:04	11:45	04:20 (0,3)	20:50 (1,0)	-	-
Rabiul awal	18-02-2011	15:36	-11°45'27"	05°32'32"	11:52	23:37	11:45	03:10 (0,3)	20:40 (0,9)	-	-
Rabiul akhir	20-03-2011	01:10	-00°18'09"	-09°43'16"	11:46	00:01	11:45	01:40 (0,4)	09:35 (0,8)	14:30 (0,5)	22:05 (0,6)
Jumadil ula	18-04-2011	09:44	10°42'05"	-17°20'07"	11:38	23:35	11:57	-	08:50 (0,9)	15:55 (0,4)	-
Jumadil tsani	17-05-2011	18:09	19°14'50"	-22°09'44"	11:35	23:15	11:40	-	08:55 (1,0)	16:35 (0,3)	-
Rajab	16-06-2011	03:13	23°19'58"	-22°07'01"	11:39	00:00	11:39	-	08:45 (1,0)	17:50 (0,2)	-
Sya'ban	15-07-2011	13:40	21°34'34"	-17°37'26"	11:44	23:38	11:54	-	08:35 (1,0)	16:35 (0,3)	-
Ramadhan	14-08-2011	01:58	14°28'02"	-06°16'09"	11:43	23:56	12:13	-	08:45 (0,9)	15:55 (0,3)	-
Syawal	12-09-2011	16:27	04°18'44"	01°49'23"	11:35	23:18	11:43	01:00 (0,6)	08:30 (0,8)	14:20 (0,4)	22:35 (0,7)
Dzul qo'dah	12-10-2011	09:06	-07°15'36"	13°34'35"	11:25	23:23	11:58	03:35 (0,5)	09:15 (0,6)	11:30 (0,5)	21:10 (0,8)
Dzul Hijjah	11-11-2011	03:16	-17°18'58"	21°12'28"	11:22	23:36	12:14	05:10 (0,3)	20:40 (0,9)	-	-

Tabel 22 Tabel Perbandingan Pada Fase Oposisi 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Muharram	10-12-2011	21:36	-22°52'28"	22°32'43"	11:31	23:09	11:38	04:45 (0,3)	20:25 (1,0)	-	-
Safar	09-01-2012	14:30	-22°11'01"	18°06'30"	11:45	23:37	11:52	04:30 (0,3)	20:40 (1,0)	-	-
Rabiul awal	08-02-2012	04:54	-15°10'49"	06°58'08"	11:52	00:01	11:51	03:50 (0,3)	20:50 (0,9)	-	-
Rabiul akhir	08-03-2012	16:40	-07°26'02"	-01°34'26"	11:49	23:30	11:41	02:20 (0,4)	10:05 (0,6)	12:45 (0,5)	20:45 (0,8)
Jumadil ula	07-04-2012	02:19	06°58'37"	-14°36'15"	11:40	23:56	12:16	00:20 (0,5)	09:05 (0,9)	15:30 (0,4)	22:05 (0,5)
Jumadil tsani	06-05-2012	10:35	16°38'48"	-19°50'16"	11:35	23:35	12:00	-	08:35 (0,9)	16:00 (0,3)	-
Rajab	04-06-2012	18:12	22°28'33"	-21°42'59"	11:37	23:20	11:43	-	08:15 (1,0)	16:40 (0,3)	-
Sya'ban	04-07-2012	01:52	22°50'13"	-17°03'58"	11:43	00:06	11:37	-	08:45 (1,0)	16:55 (0,3)	-
Ramadhan	02-08-2012	10:27	17°39'18"	-10°45'43"	11:45	23:42	11:57	-	08:35 (0,9)	16:00 (0,3)	-
Syawal	31-08-2012	20:58	08°29'40"	-03°10'12"	11:39	23:12	11:33	-	08:25 (0,9)	14:45 (0,4)	23:00 (0,6)
Dzul qo'dah	30-09-2012	10:19	-02°57'09"	08°53'46"	11:28	23:24	11:56	02:35 (0,5)	09:00 (0,6)	13:00 (0,5)	21:40 (0,8)
Dzul Hijjah	30-10-2012	02:50	-13°54'26"	17°46'09"	11:22	23:36	12:14	04:50 (0,4)	21:00 (0,9)	-	-

Tabel 23 Tabel Perbandingan Pada Fase Oposisi 1433 H



Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Muharram	28-11-2012	21:46	-21°22'08"	20°33'10"	11:26	23:07	11:41	04:45 (0,3)	20:35 (0,9)	-	-
Safar	28-12-2012	17:21	-23°15'29"	19°23'38"	11:40	23:27	11:47	04:40 (0,3)	20:40 (0,9)	-	-
Rabiul awal	27-01-2013	11:38	-18°24'50"	11°55'16"	11:51	23:45	11:54	04:15 (0,3)	20:45 (0,9)	-	-
Rabiul akhir	26-02-2013	03:26	-08°39'32"	00°24'21"	11:51	00:00	11:51	03:10 (0,4)	11:15 (0,6)	12:10 (0,6)	20:55 (0,8)
Jumadil ula	27-03-2013	16:27	02°39'19"	-07°15'14"	11:44	23:28	11:44	01:25 (0,5)	09:25 (0,7)	14:10 (0,5)	21:00 (0,6)
Jumadil tsani	26-04-2013	02:57	13°33'43"	-17°12'03"	11:36	23:55	12:19	-	08:50 (0,9)	16:25 (0,3)	-
Rajab	25-05-2013	11:25	20°58'27"	-20°00'19"	11:35	23:37	12:02	-	08:25 (0,1)	16:45 (0,3)	-
Sya'ban	23-06-2013	18:32	23°25'19"	-19°24'01"	11:41	23:22	11:41	-	08:15 (0,1)	16:30 (0,3)	-
Ramadhan	23-07-2013	01:15	20°02'12"	-11°42'42"	11:45	00:06	11:39	-	08:45 (0,1)	16:25 (0,3)	-
Syawal	21-08-2013	08:45	12°03'32"	-04°36'44"	11:41	23:41	12:00	-	08:35 (0,9)	15:15 (0,3)	23:30 (0,6)
Dzul qo'dah	19-09-2013	18:13	01°25'14"	02°56'28"	11:32	23:12	11:40	01:00 (0,5)	08:30 (0,8)	13:45 (0,4)	21:45 (0,7)
Dzul Hijjah	19-10-2013	06:38	-10°01'53"	13°27'27"	11:23	23:31	12:08	03:35 (0,4)	10:05 (0,5)	11:20 (0,5)	21:15 (0,9)

Tabel 24 Tabel Perbandingan Pada Fase Oposisi 1434 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Safar	26-01-2011	19:57	-18°48'07"	-15°55'26"	11:51	05:20	06:31	03:30 (0,4)	16:45 (0,9)	-	-
Rabiul awal	25-02-2011	06:26	-09°13'27"	-23°24'28"	11:51	05:33	06:18	00:20 (0,3)	16:15 (0,9)	-	-
Rabiul akhir	26-03-2011	19:07	04°45'58"	-23°17'57"	11:44	05:44	06:00	-	14:45 (0,9)	23:35 (0,3)	-
Jumadil ula	25-04-2011	09:47	13°04'25"	-16°21'25"	11:36	05:43	05:53	-	10:45 (0,8)	22:55 (0,3)	-
Jumadil tsani	25-05-2011	01:52	20°53'04"	-04°43'08"	11:35	05:49	05:46	-	08:20 (0,8)	21:50 (0,4)	-
Rajab	23-06-2011	18:48	23°25'47"	03°10'40"	11:40	05:29	06:11	-	07:40 (0,8)	19:50 (0,4)	-
Sya'ban	23-07-2011	12:02	20°08'32"	14°34'29"	11:45	05:32	06:13	-	06:20 (0,8)	14:40 (0,4)	-
Ramadhan	22-08-2011	04:55	11°53'50"	21°51'34"	11:41	05:23	06:18	-	04:40 (0,8)	13:00 (0,3)	-
Syawal	20-09-2011	20:39	01°13'58"	22°52'43"	11:32	05:23	06:09	-	-	11:45 (0,3)	-
Dzul qo'dah	20-10-2011	10:30	-10°12'23"	18°01'36"	11:32	05:26	06:06	-	-	10:50 (0,3)	-
Dzul Hijjah	18-11-2011	22:09	-19°07'59"	11°08'36"	11:35	05:25	06:10	-	-	09:30 (0,3)	21:55 (0,8)

Tabel 25 Tabel Perbandingan Pada Fase Kuartal Akhir 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Muharram	18-12-2011	07:48	-23°32'17"	-02°52'24"	11:35	05:26	06:09	07:35 (0,4)	19:00 (0,8)	-	-
Safar	16-01-2012	16:08	-21°02'50"	-11°44'55"	11:48	05:29	06:19	04:40 (0,4)	17:30 (0,8)	-	-
Rabiul awal	15-02-2012	00:04	-12°52'58"	-21°02'21"	11:52	05:46	06:06	01:05 (0,3)	16:35 (0,9)	-	-
Rabiul akhir	15-03-2012	08:25	-01°58'52"	-21°55'08"	11:47	05:36	06:11	-	15:25 (0,9)	-	-
Jumadil ula	13-04-2012	17:50	09°11'20"	-18°49'22"	11:39	05:50	05:49	-	13:45 (0,9)	22:55 (0,3)	-
Jumadil tsani	13-05-2012	04:47	18°28'49"	-08°42'48"	11:35	05:48	05:47	-	08:50 (0,8)	22:10 (0,3)	-
Rajab	11-06-2012	17:41	23°06'33"	-00°59'43"	11:38	05:27	06:11	-	07:45 (0,8)	20:45 (0,4)	-
Sya'ban	11-07-2012	08:48	22°02'51"	10°35'42"	11:44	05:19	06:25	-	06:30 (0,8)	15:35 (0,4)	-
Ramadhan	10-08-2012	01:55	15°26'32"	18°45'44"	11:44	05:29	06:15	-	05:35 (0,8)	13:25 (0,4)	-
Syawal	08-09-2012	20:15	05°32'27"	20°58'19"	11:36	05:22	06:14	-	03:10 (0,8)	12:05 (0,3)	-
Dzul qo'dah	08-10-2012	14:33	-06°01'56"	19°17'07"	11:26	05:16	06:10	-	-	11:10 (0,3)	23:25 (0,8)
Dzul Hijjah	07-11-2012	07:36	-16°23'23"	11°27'31"	11:22	05:32	05:50	-	-	10:15 (0,3)	21:30 (0,8)

Tabel 26 Tabel Perbandingan Pada Fase Kuartal Akhir 1433 H

Bulan H	Tanggal M	Jam	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Selisih	Pasang Surut			
								Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
Muharram	06-12-2012	22:32	-22°32'31"	04°18'46"	11:29	05:21	06:08	08:40 (0,3)	20:35 (0,8)	-	-
Safar	05-01-2013	10:58	-22°35'25"	-08°11'49"	11:44	05:42	06:02	05:50 (0,4)	18:30 (0,8)	-	-
Rabiul awal	03-02-2013	20:56	-16°28'21"	-15°03'08"	11:52	05:24	06:28	02:40 (0,3)	16:00 (0,9)	-	-
Rabiul akhir	05-03-2013	04:53	-05°59'35"	-20°24'11"	11:50	05:43	06:07	00:20 (0,3)	15:55 (0,9)	-	-
Jumadil ula	03-04-2013	11:37	05°22'01"	-18°48'50"	11:42	05:34	06:08	-	14:20 (0,9)	23:25 (0,3)	-
Jumadil tsani	02-05-2013	18:14	15°25'16"	-13°49'02"	11:35	05:48	05:47	-	12:15 (0,8)	22:10 (0,3)	-
Rajab	01-06-2013	01:58	22°04'17"	-02°13'54"	11:36	05:48	05:48	-	07:45 (0,8)	21:15 (0,4)	-
Sya'ban	30-06-2013	11:54	23°09'29"	05°21'29"	11:42	05:43	05:59	-	06:35 (0,8)	19:35 (0,4)	-
Ramadhan	30-07-2013	00:43	18°28'04"	15°03'24"	11:45	05:34	06:11	-	05:40 (0,9)	13:40 (0,4)	-
Syawal	28-08-2013	16:35	09°39'13"	18°30'23"	11:41	05:28	06:13	-	04:20 (0,8)	12:20 (0,4)	-
Dzul qo'dah	27-09-2013	10:56	-01°41'28"	19°12'09"	11:29	05:21	06:08	-	02:15 (0,8)	11:35 (0,3)	-
Dzul Hijjah	27-10-2013	06:41	-12°49'44"	14°09'10"	11:22	05:33	05:49	-	-	10:45 (0,3)	21:30 (0,8)

Tabel 27 Tabel Perbandingan Pada Fase Kuartal Akhir 1434 H

a) Analisa Astronomis Tiga Karakter Pasang Surut Air Laut

Dari ke-12 tabel tahunan di atas, semakin menguatkan kesimpulan awal bahwa kondisi pasang surut 3 tidak terjadi pada fase kuartal awal dan kuartal akhir. Sebaliknya, kondisi pasang surut ini sangat eksis pada fase konjungsi dan oposisi setiap tahunnya.

Dari tabel fase konjungsi 16, 17, dan 18, serta tabel fase oposisi 22, 23, dan 24, tercatat bahwa kondisi pasang surut karakter 3 terjadi pada fase konjungsi dan oposisi saat deklinasi matahari dan deklinasi bulan sama-sama mendekati deklinasi  $0^\circ$  atau mendekati ekuator.

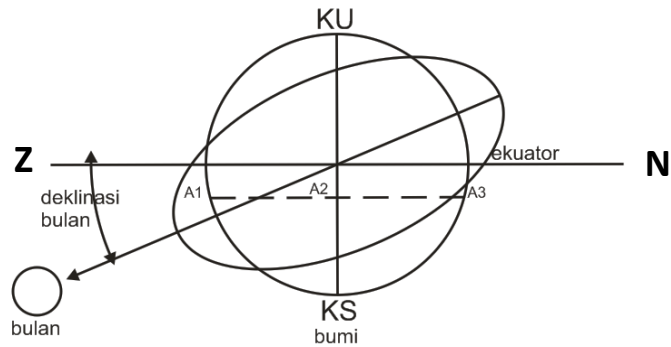
Adapun kondisi pasang surut karakter 1 terjadi pada fase konjungsi saat deklinasi bulan positif, dan karakter 2 saat deklinasi bulan negatif. Sebaliknya untuk fase oposisi, kondisi pasang surut karakter 1 terjadi saat deklinasi bulan negatif, dan karakter 2 saat deklinasi bulan positif. Dengan demikian, kondisi pasang surut karakter 1 dan 2 terjadi pada saat yang berkebalikan antara fase konjungsi dan fase oposisi. Berikut tabel untuk membedakan kedua fenomena tersebut :

Dek. Bulan	Karaktr	Pasang Surut				Fase
		Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2	
-21°15'48"	(2)	04:15 (0,3)	20:35 (1,1)	-	-	Konjungsi
20°55'60"	(1)	-	08:45 (0,9)	17:40 (0,3)	-	
Dek. Bulan	Karaktr	Pasang Surut				Fase
Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2			
-21°42'59"	(1)	-	08:15 (1,0)	16:40 (0,3)	-	Oposisi
18°06'30"	(2)	04:30 (0,3)	20:40 (1,0)	-	-	

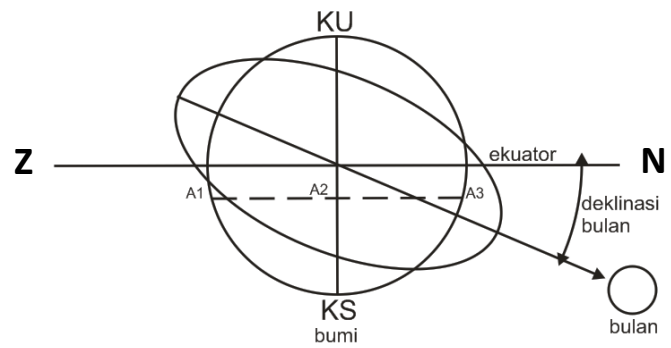
Tabel 28

Perbandingan Kondisi Pasang Surut Karakter 1 dan 2 pada Fase Konjungsi Dan Oposisi

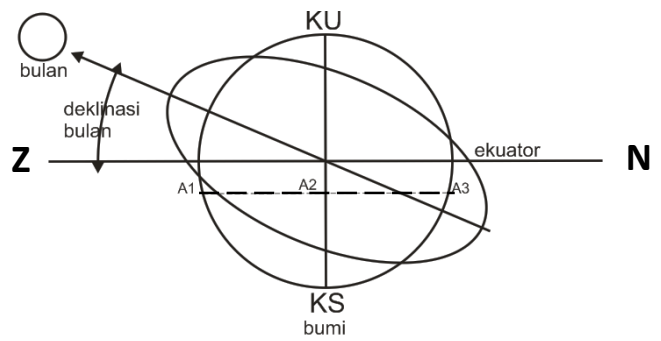
Berikut ilustrasi pengaruh deklinasi bulan terhadap pasang surut air laut:



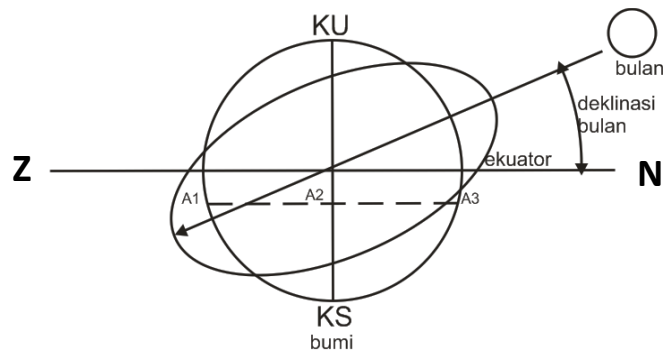
Gambar 13 Ilustrasi Pasang Laut Saat Bulan Kulminasi Atas Dengan Deklinasi Negatif



Gambar 14 Ilustrasi Surut Laut Saat Bulan Kulminasi Bawah Dengan Deklinasi Negatif



Gambar 15 Ilustrasi Surut Laut Saat Bulan Kulminasi Atas Dengan Deklinasi Positif



Gambar 16 Ilustrasi Pasang Laut Saat Bulan Kulminasi Bawah Dengan Deklinasi Positif

Pada gambar 13, 14, 15, dan 16, laut Semarang disimbolkan sebagai A1 dengan posisi  $-7^\circ$  dari katulistiwa pada skala asli, dan A3 adalah daerah titik balik laut Semarang. Sedangkan kemiringan garis posisi bulan yang diikuti lingkaran pasang surut adalah  $23^\circ$ , simbolisasi deklinasi jauh bulan.

Sesuai gambar 13, ketika deklinasi bulan negatif, maka daerah-daerah yang ada pada posisi lintang selatan (termasuk A1) akan mengalami pasang tinggi beberapa saat setelah bulan transit di busur meridian atas (zenit) daerah-daerah tersebut. Sedangkan daerah-daerah berlintang tempat utara akan mengalami surut rendah pada saat yang sama.

Kurang lebih 12 jam setelah bulan deklinasi negatif mengalami kulminasi atas langit A1, bulan akan transit di busur meridian bawah (nadir) A1 atau di atas langit A3. Fenomena ini mengakibatkan A1 mengalami surut rendah, sedangkan A3 mengalami pasang tinggi (gambar 14).

Adapun ketika deklinasi bulan adalah positif, posisi kulminasi atasnya akan mengakibatkan A1 mengalami surut rendah. 12 jam kemudian, barulah A1 mengalami pasang tinggi yang merupakan potensi pasang yang diakibatkan oleh gaya sentrifugal bumi (gambar 15 & 16).

Ilustrasi-ilustrasi ini memungkinkan pemahaman konsep karakter pasang surut 1 dan 2 secara cukup mendetail. Dengan uraian bahwa karakter pasang surut 1 adalah kondisi pasang surut air laut ketika dalam satu hari pasang tinggi terjadi lebih dulu dari pada surut rendah.

Sedangkan ketika dalam satu hari surut rendah terjadi lebih dulu dari pada pasang tinggi maka kondisi ini penulis sebut sebagai karakter pasang surut 2. Pendefinisian ini menggunakan ketentuan bahwa dimulainya hari adalah jam 12 malam atau pukul 00:00 WIB.

Dengan pedoman definisi tersebut, ilustrasi fenomena karakter pasang surut 1 saat fase konjungsi adalah gambar 16 untuk pasang tinggi, dan gambar 15 untuk surut rendah. Sedangkan karakter 2 saat fase konjungsi dengan gambar 14 untuk surut rendah, dan gambar 13 untuk pasang tinggi.

Dengan demikian, ketika fase konjungsi dan deklinasi bulan positif (karakter pasang surut 1), pasang tinggi laut Semarang adalah akibat gaya sentrifugal bumi, bersamaan saat itu bulan sedang pada posisi kulminasi bawah laut Semarang sekitar jam 12 malam (gambar 16). Sedangkan surut rendah laut Semarang pada hari yang sama adalah akibat gaya gravitasi bulan yang berada pada posisi kulminasi atas laut Semarang sekitar jam 12 siang. Namun dengan posisi yang terlalu jauh di utara, sehingga pada saat itu volume air laut Semarang dan sekitarnya tertarik oleh gaya gravitasi bulan menuju ke laut utara membentuk pasang tinggi dengan titik pusat di sebelah utara jauh dari laut Semarang. Pada saat yang sama, volume air laut Semarang dan sekitarnya juga terdorong menuju titik pasang laut daerah balik laut Semarang akibat gaya sentrifugal bumi (gambar 15).

Adapun ketika fase konjungsi dan deklinasi negatif (karakter pasang surut 2), laut Semarang memulai hari dengan surut rendah sebagai

akibat gaya gravitasi bulan yang berpusat di daerah balik laut Semarang, dan gaya sentrifugal bumi yang berpusat di titik utara jauh laut Semarang. Fenomena ini terjadi pada saat bulan mengalami kulminasi bawah pada sekitar jam 12 malam (gambar 14). Sedangkan pasang tinggi yang terjadi setelah surut rendah adalah akibat gaya gravitasi bulan ketika mengalami kulminasi atas di langit laut Semarang sekitar jam 12 siang (gambar 13).

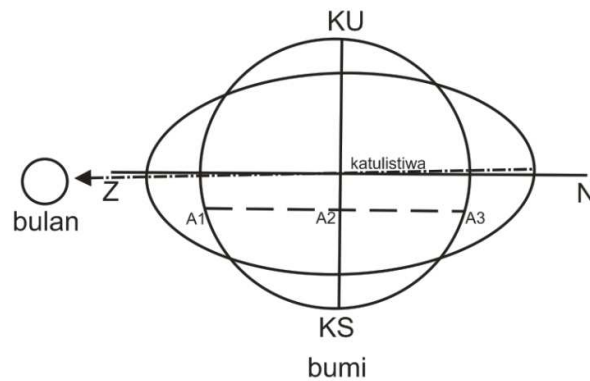
Untuk fase oposisi, bisa diilustrasikan kondisi pasang surut karakter 1 dengan gambar 13 untuk pasang tinggi, dan gambar 14 untuk surut rendah. Sedangkan karakter 2 ketika fase konjungsi dengan gambar 15 untuk surut rendah, dan gambar 16 untuk pasang tinggi.

Gambaran fenomena pasang surut karakter 1 dan 2 pada saat fase oposisi kurang lebih sama dengan saat fase konjungsi, hanya kronologi waktunya saja yang berbeda. Untuk fase oposisi dengan deklinasi bulan negatif (karakter pasang surut 1), gambaran terjadinya pasang tinggi sama dengan fase konjungsi pada saat deklinasi negatif sesuai ilustrasi gambar 13. Adapun untuk surut rendahnya sama dengan fase konjungsi pada saat deklinasi negatif sesuai ilustrasi gambar 14.

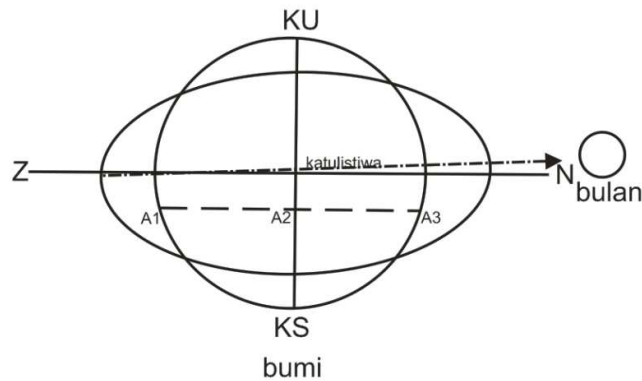
Untuk fase oposisi dengan deklinasi bulan positif (karakter pasang surut 2), gambaran terjadinya pasang tinggi sama dengan fase konjungsi pada saat deklinasi positif sesuai ilustrasi gambar 15. Adapun untuk surut rendahnya sama dengan fase konjungsi pada saat deklinasi positif sesuai ilustrasi gambar 16.

Kiranya telah jelas tentang penjelasan astronomis karakter pasang surut 1 dan 2. Kini berlanjut untuk untuk analisa karakter pasang surut 3. Seperti yang telah diketahui sebelumnya, bahwa di antara 4 fase bulan utama karakter pasang surut 3 hanya eksis pada fase konjungsi dan oposisi dengan deklinasi bulan dan matahari mendekati  $0^\circ$  (berada di sekitar ekuator langit).

Berikut ilustrasi terjadinya karakter pasang surut 3:



Gambar 17 Ilustrasi Karakter Pasang Surut 3 Saat Kulminasi Atas Bulan



Gambar 18 Ilustrasi Karakter Pasang Surut 3 Saat Kulminasi Bawah Bulan

Dalam satu hari terkadang terjadi 2 kali pasang. Hal ini disebabkan oleh posisi bulan yang berada di sekitar ekuator langit, sehingga daerah-daerah di sekitar ekuator akan mengalami pasang karena pengaruh



gravitasi bulan saat bulan kulminasi atas (gambar 17), dan mengalami pasang lagi karena pengaruh sentrifugal bumi saat bulan kulminasi bawah (gambar 18).<sup>237</sup> Untuk analisa lebih lanjut tentang karakter pasang surut 3, berikut tabel tentang karakter pasang surut 3:

Deklinasi Matahari	Deklinasi Bulan	Selisih Deklinasi	Waktu Pasang Surut			
			Surut	Pasang	Surut	Pasang
-06°11'29"	-00°13'50"	05°57'39"	02:55	11:15	13:05	20:50
05°10'23"	07°58'01"	02°47'38"	01:00	09:30	15:10	21:05
09°28'52"	04°32'22"	04°56'30"	-	08:25	14:50	22:35
-01°29'30"	-04°31'52"	03°02'22"	01:05	08:20	13:00	21:05
-10°24'49"	-04°37'55"	05°46'54"	03:20	12:10	13:50	21:05
01°48'47"	03°20'05"	01°31'18"	01:50	10:05	14:30	21:05
02°29'12"	-02°15'44"	04°44'56"	00:55	08:30	13:45	21:35
-08°39'38"	-10°06'42"	01°27'04"	02:20	08:45	11:35	20:40
-03°15'33"	02°16'48"	05°32'21"	02:25	10:25	14:10	21:20
08°00'10"	09°28'34"	01°28'24"	00:40	09:30	15:45	22:05
06°45'08"	03°54'56"	02°50'12"	-	08:25	14:40	22:40
-04°47'28"	-07°35'53"	02°48'25"	02:20	08:50	12:25	21:10

Tabel 29 Tabel Analisa Karakter Pasang Surut 3 Saat Fase Konjungsi

Dari 12 kali fase konjungsi mengalami kondisi karakter 3 (tabel 29), bisa dilihat bahwa karakter pasang surut tersebut terjadi pada saat deklinasi matahari antara -10°24'49" sampai 09°28'52" dan deklinasi bulan antara -10°06'42" sampai 09°28'34", dengan selisih deklinasi keduanya kurang dari 05°57'39". Dengan demikian, secara sederhana penulis membuat batasan bahwa karakter pasang surut 3 terjadi pada fase konjungsi saat deklinasi matahari dan bulan antara -10°30' sampai 09°30' dengan selisih deklinasi kurang dari 06°.

<sup>237</sup> Joenil Iskandar, *Geodesi*, (Bandung: Penerbit ITB), 2008, hal. 146-147.

Dengan terumuskannya batasan deklinasi pada karakter pasang surut 3, maka untuk perbandingan selanjutnya adalah analisa batasan deklinasi untuk karakter pasang surut 1 dan 2.

Deklinasi Matahari	Deklinasi Bulan	Waktu Pasang Surut			
		Surut	Pasang	Surut	Pasang
15°34'08"	18°36'32"	-	8:45	17:15	-
18°20'56"	12°59'31"	-	8:35	16:20	-
13°17'15"	10°27'14"	-	8:15	15:25	-
17°39'33"	17°46'20"	-	9:05	17:25	-
16°22'22"	10°38'19"	-	8:40	16:15	-

**Tabel 30 Analisa Karakter Pasang Surut 1 Pada Fase Konjungsi**

Deklinasi Matahari	Deklinasi Bulan	Waktu Pasang Surut			
		Surut	Pasang	Surut	Pasang
-16°37'29"	-12°55'50"	4:05	20:55	-	-
-12°39'22"	-17°28'40"	3:40	20:50	-	-
-19°34'19"	-16°11'01"	4:00	20:50	-	-
-18°16'12"	-18°48'46"	4:10	20:40	-	-
-14°17'47"	-09°57'49"	3:45	20:55	-	-

**Tabel 31 Analisa Karakter Pasang Surut 2 Pada Fase Konjungsi**

Tabel 30 dan 31 adalah sampel deklinasi yang mendekati kriteria pasang surut karakter 3. Dari tabel tersebut, tercatat deklinasi matahari dan bulan terkecil pada karakter 1 adalah berturut-turut 13°17'15" dan 10°27'14". Sedangkan deklinasi matahari dan bulan terbesar pada karakter 2 adalah berturut-turut adalah -12°39'22" dan -09°57'49" (dengan kombinasi deklinasi matahari -14°17'47"). Dengan demikian, terbukti batasan untuk karakter pasang surut 3 tidak kontradiksi dengan batasan deklinasi untuk karakter pasang surut 1 dan 2.

b) Keterlambatan Respon Pasang Surut Air Laut

Analisa tabel tahunan selanjutnya adalah tentang keterlambatan respon waktu pasang surut. Hal ini sesuai dengan teori pasang surut dinamis yang mempertimbangkan kecepatan gerak rotasi bumi sebesar  $\pm 15^\circ/\text{jam}$  atas terjadinya dinamika pasang surut air laut.<sup>238</sup> Dengan kecepatan rotasi sebesar itu tentu sangat besar pengaruhnya atas terjadinya keterlambatan respon gaya pembangkit pasang surut air laut dengan rentang waktu tertentu.

Berikut tabel analisa keterlambatan respon gaya pembangkit pasang air laut. Tabel ini pada dasarnya mencari nilai rentang waktu selisih antara waktu tengah kulminasi dengan waktu pasang tinggi. Serta membandingkannya dengan selisih waktu kulminasi matahari dengan waktu pasang, serta selisih waktu kulminasi bulan dengan waktu pasang.

Tgl	M	B	P	Selisih M-B		M-P	B-P	MBP
				Waktu	Derajat			
04-01-2011	11:43	11:32	20:50	00:11	02°45'	09:07	09:18	9:12
03-02-2011	11:52	11:51	20:55	00:01	00°15'	09:03	09:04	9:03
27-10-2011	11:32	11:38	20:50	00:06	01°30'	09:18	09:12	9:15
25-11-2011	11:25	11:19	20:35	00:06	01°30'	09:10	09:16	9:13
25-12-2011	11:38	12:03	21:00	00:25	06°15'	09:22	08:57	9:09
23-01-2012	11:50	11:39	20:50	00:11	02°45'	09:00	09:11	9:05
14-11-2012	11:23	11:38	20:40	00:15	03°45'	09:17	09:02	9:09
13-12-2012	11:33	11:22	20:30	00:11	02°45'	08:57	09:08	9:02
12-01-2013	11:47	12:05	21:00	00:18	04°30'	09:13	08:55	9:04
10-02-2013	11:53	11:39	20:55	00:14	03°30'	09:02	09:16	9:09

**Tabel 32**  
Tabel Analisa Keterlambatan Respon Gaya Pasang Untuk Setiap Konjungsi

<sup>238</sup> Ibid, hal. 138.

Waktu kulminasi matahari disimbolkan dengan M, waktu kulminasi bulan disimbolkan dengan B, dan P adalah waktu pasang tinggi. Selisih B-M berarti selisih waktu kulminasi B dengan waktu kulminasi M. Kemudian ada tiga bentuk selisih yang bisa diperbandingkan, yaitu selisih waktu pasang tinggi dengan waktu kulminasi matahari dengan simbol M-P, selisih waktu pasang tinggi dengan waktu kulminasi bulan dengan simbol B-P, dan yang terakhir adalah selisih waktu tengah kulminasi matahari dan bulan dengan waktu pasang tinggi dengan simbol MBP.

Dengan tabel 32, bisa dibandingkan 3 waktu selisih pasang tinggi dan menentukan nilai konstan relatif untuk rentang waktu keterlambatan respon gaya pasang untuk setiap konjungsi. Dari tabel tersebut, tercatat bahwa selisih pasang tinggi dengan waktu kulminasi matahari adalah antara 08:57 sampai 09:22, kemudian untuk selisih pasang tinggi dengan waktu kulminasi bulan adalah antara 08:55 sampai 09:18, yang terakhir untuk selisih waktu pasang tinggi dengan waktu tengah kulminasi matahari dan bulan adalah antara 09:02 sampai 09:15.

Karena tabel 32 adalah rekaman data fase konjungsi, maka hasil yang dipakai tentu selisih waktu pasang tinggi dengan waktu tengah kulminasi matahari dan bulan, yaitu dengan rata-rata  $\pm 9$  jam dalam 10 kali konjungsi. Hal ini mengingat 2 kulminasi pada hari saat konjungsi adalah yang terdekat dengan titik waktu konjungsi, sehingga pasang tinggi yang terjadi merupakan gabungan dari gravitasi matahari dan bulan.

## c) Waktu Pasang Surut Dalam Tiga Karakter

Dinamika tiga karakter pasang surut mengakibatkan tiga bentuk waktu terjadinya pasang tinggi dan surut rendah yang berbeda untuk setiap fase bulan.

Fase bulan	Karakter 1		Karakter 2		Karakter 3			
	Pas	Sur	Sur	Pas	Sur1	Pas1	Sur2	Pas2
Konjungsi	08:30	17:40	04:15	20:35	03:20	12:10	13:50	21:05
Kuartal awal	06:05	17:20	07:10	19:00	-	-	-	-
Oposisi	08:45	17:50	04:20	20:50	03:35	09:15	11:30	21:10
Kuartal akhir	06:20	15:35	07:45	20:45	-	-	-	-

Tabel 33 Perbandingan Waktu Pasang Surut Dalam 3 Karakter

Tabel 33 merupakan sampel untuk 4 fase bulan dalam 3 karakter pasang surut yang berbeda. Terlihat jelas bahwa 3 karakter pasang surut membentuk waktu yang berbeda untuk 4 fase tersebut. Pada saat laut dalam kondisi karakter 1, fase konjungsi dan oposisi mengalami pasang tinggi pada jam  $\pm$  08:35 WIB dan surut rendah pada jam  $\pm$  17:45. Dalam kondisi karakter 2, fase konjungsi dan oposisi mengalami pasang tinggi pada jam  $\pm$  20:40 WIB dan surut rendah jam  $\pm$  04:15. Dalam kondisi karakter 3, terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dengan waktu pasang surut yang tidak stabil (tabel 16, 17, 18, 22, 23, dan 24). Sehingga tidak bisa ditentukan rata-rata waktu terjadinya pasang surut dalam karakter ini.

Untuk fase kuartal awal dan akhir, pasang tinggi dan surut rendah terjadi pada waktu yang berbeda-beda setiap bulan, namun dengan perubahan waktu yang cukup stabil (tabel 19, 20, 21, 25, 26, dan 27).

Demikianlah analisa hubungan pasang surut air laut dengan pergerakan matahari, bumi, dan bulan. Dari analisa tersebut diketahui bahwa pergerakan matahari dan bulan membentuk siklus waktu dan sudut tertentu dengan periode waktu yang berbeda, sehingga mempengaruhi dinamika harian pasang surut air laut serta membentuk periodisasi pergeseran waktu pasang surut air laut. Dalam hal ini periode pasang surut air laut mengikuti periode fase bulan.

Terdapat 3 kelompok waktu yang berbeda untuk waktu terjadinya pasang surut air laut dengan periode bulanan untuk setiap kelompok waktu pasang surut, dalam siklus tahunan. 3 kelompok waktu tersebut penulis sebut sebagai karakter pasang surut 1, 2, dan 3. Pada fase konjungsi, kondisi pasang surut karakter 1 terjadi saat kombinasi deklinasi bulan dan matahari adalah positif lebih dari  $09^{\circ}30'$ . Karakter 2 terjadi pada saat kombinasi deklinasi bulan dan matahari adalah negatif kurang dari  $-10^{\circ}30'$ . Karakter pasang surut 3 terjadi pada fase konjungsi saat kombinasi deklinasi matahari dan bulan antara  $-10^{\circ}30'$  sampai  $09^{\circ}30'$  dengan selisih deklinasi kurang dari  $06^{\circ}$ .

Pasang tertinggi dan surut terendah air laut terjadi pada fase konjungsi dan oposisi ketika pasang dalam kondisi karakter 1 dan 2. Pasang tertinggi dan surut terendah tidak terjadi pada fase konjungsi dan oposisi pada kondisi pasang surut karakter 3. Pada kondisi ini, Fase kuartal awal atau kuartal akhir mengalami pasang tinggi dan surut rendah melebihi saat fase konjungsi atau fase oposisi.

### C. Analisa Hubungan Pergerakan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan

#### **Kamariah.**

Awal bulan kamariah dimulai dengan fenomena munculnya hilal di ufuk barat dengan ketentuan dan kriteria-kriteria tertentu. Pada dasarnya hilal adalah bentuk penampakan bulan sebagai akibat pergerakan sistem matahari-bumi-bulan. Penampakan bulan disebut sebagai hilal jika sudah melewati ijtima' atau fase konjungsi. Dengan demikian, awal bulan kamariah ditandai dengan sistem matahari-bumi-bulan yang membentuk sudut sekian derajat setelah melewati fase konjungsi dihitung pada saat matahari terbenam atau matahari berada pada posisi  $1^\circ$  di bawah lingkaran horison, sehingga daerah bulan yang terkena sinar matahari bisa terlihat dari bumi untuk pertama kalinya setelah konjungsi/ ijtima'.

Dengan disepakatinya kriteria *imkan al-rukyah* sebagai kriteria penentuan awal bulan kamariah standar empat negara ASEAN, dan telah digunakan dalam penanggalan Hijriah resmi negara, maka untuk analisa selanjutnya akan menyesuaikan dengan kriteria ini.

Kriteria *imkan al-rukyah* ditetapkan berdasarkan Musyawarah Menteri-menteri Agama Brunei Darussalam, Indonesia, Malaysia, dan Singapura (MABIMS). Musyawarah ini menghasilkan dua poin syarat penting sebagai kesepakatan bahwa hilal dianggap terlihat dan keesokannya ditetapkan sebagai awal bulan Hijriyah berikutnya, yaitu: (1) Ketika matahari terbenam, ketinggian bulan di atas horison tidak kurang daripada  $2^\circ$  dan jarak lengkung bulan-matahari

(sudut elongasi) tidak kurang daripada  $3^\circ$ . Atau (2). Ketika bulan terbenam, umur bulan tidak kurang daripada 8 jam selepas ijtimak/konjungsi berlaku.<sup>239</sup>

Sebelumnya, dari pembahasan rumusan masalah pertama telah diketahui banyak hal tentang hubungan dinamika pasang surut air laut dengan pergerakan matahari, bumi, dan bulan. Diantara hubungan-hubungan tersebut ada 2 unsur hasil analisa yang sangat penting dalam aplikasinya untuk menganalisa hubungan pasang surut air laut dengan awal bulan kamariah, yaitu waktu terjadinya pasang tertinggi dan ketinggian air laut saat pasang tertinggi.

Seperti yang umum diketahui sebelumnya bahwa pasang tertinggi terjadi secara periodik pada fase konjungsi dan oposisi. Namun, yang perlu diketahui bahwa konsep tersebut merupakan hasil analisa perbandingan sudut besar dalam sistem matahari-bumi-bulan. Dari analisa lanjutan, telah terdeteksi adanya perbedaan signifikan tentang waktu terjadinya pasang tertinggi apabila dilakukan analisa perbandingan sudut kecil sistem matahari-bumi-bulan.

Dari analisa dinamika pasang surut air laut pada sudut kecil sistem matahari-bumi-bulan dengan mengaplikasikan teori superposisi gelombang, diketahui bahwa pasang tertinggi tidak terjadi tepat pada saat konjungsi atau oposisi terjadi. Pasang tertinggi terjadi pada pertengahan waktu saat gelombang pasang matahari dan bulan menyatu sebagai akibat resultan gaya gravitasi matahari dan bulan. Dengan demikian, waktu pasang tertinggi tergantung pada rentang waktu terjadinya 2 gelombang yang menyatu akibat posisi sejajar dari

---

<sup>239</sup> Badan Hisab Rukyah Depag RI, *Al Manak Hisab Rukyah*, (Jakarta: Mahkamah Agung Direktorat Jendral Badan Peradilan Agama), 2007, hal. 99-100.



matahari, bumi, dan bulan (konjungsi dan oposisi). Sehingga waktu terjadinya pasang tertinggi tidak secara langsung terkait dengan waktu terjadinya konjungsi ataupun oposisi. Dengan asumsi ini, tentulah sungguh riskan jika mempergunakan waktu pasang tertinggi sebagai acuan penentuan awal bulan kamariah.

Begitu juga penggunaan ketinggian maksimum air laut untuk acuan penentuan awal bulan kamariah. Karena telah diketahui dalam analisa sebelumnya, bahwa ketinggian air laut saat pasang maksimum (tertinggi) berubah secara perlahan pada ketinggian air yang tinggi dan relatif sama selama 2 gelombang pasang menyatu dalam rentang waktu yang lama.

Identifikasi ketinggian air laut maksimum sebagai representasi terjadinya puncak penyatuan gelombang saat fase konjungsi dan oposisi semakin sulit dilakukan karena rotasi bumi menyebabkan satu lokasi daerah hanya dapat mengamati proses terjadinya perubahan gelombang tertinggi dalam waktu-waktu terpisah, yaitu hanya ketika bulan dan matahari transit di garis meridian langit lokasi daerah tersebut. Sehingga kesalahan dalam mengidentifikasi ketinggian air maksimum sebagai representasi waktu konjungsi atau oposisi sangat mungkin terjadi.

Ditambah lagi terjadinya fenomena 3 karakter pasang surut air laut yang berbeda. Saat pasang surut air laut dalam kondisi karakter 3, kesalahan mengidentifikasi ketinggian air laut maksimum sangat tinggi. Hal ini dikarenakan ketinggian air laut saat pasang tinggi pada fase konjungsi dan oposisi tidak lebih tinggi dari pada saat fase kuartal awal dan kuartal akhir dalam kondisi pasang surut karakter 3.

Berdasarkan analisa-analisa astronomis diatas, telah didapatkan gambaran jelas tentang kelemahan konsep pasang surut air laut sebagai metode penentuan awal bulan kamariah. Namun untuk sekedar penguatan asumsi-asumsi tersebut, analisa selanjutnya adalah mendata perbedaan waktu tengah gelombang pasang konjungsi (pasang tertinggi) dengan waktu konjungsi dalam 12 bulan.

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
22/11/2011	11:24	08:23	03:01	45°15'	09:53	19:20	09:26	00:13
23/11/2011	11:25	09:19	02:06	31°30'	10:22	19:35	09:13	00:00
24/11/2011	11:25	10:18	01:07	16°45'	10:51	20:00	09:08	00:04
<b>25/11/2011</b>	<b>11:25</b>	<b>11:19</b>	<b>00:06</b>	<b>01°30'</b>	<b>11:22</b>	<b>20:35</b>	<b>09:13</b>	<b>00:00</b>
26/11/2011	11:25	12:21	00:56	14°00'	11:53	21:05	09:12	00:01
27/11/2011	11:25	13:22	01:57	29°15'	12:23	21:40	09:16	00:03
28/11/2011	11:26	14:20	02:54	43°30'	12:53	22:10	09:17	00:04
29/11/2011	11:26	15:14	03:48	57°00'	13:20	22:30	09:10	00:03

Muharram

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
20/12/2011	11:36	07:08	04:28	67°00'	09:22	18:30	09:08	00:01
21/12/2011	11:36	08:03	03:33	53°15'	09:49	18:50	09:00	00:08
22/12/2011	11:37	09:02	02:35	38°45'	10:19	19:20	09:00	00:08
23/12/2011	11:37	10:02	01:35	23°45'	10:49	19:50	09:00	00:08
24/12/2011	11:38	11:03	00:35	08°45'	11:20	20:25	09:04	00:04
<b>25/12/2011</b>	<b>11:38</b>	<b>12:03</b>	<b>00:25</b>	<b>06°15'</b>	<b>11:50</b>	<b>21:00</b>	<b>09:09</b>	<b>00:00</b>
26/12/2011	11:39	12:58	01:19	19°45'	12:18	21:25	09:06	00:02
27/12/2011	11:39	13:52	02:13	33°15'	12:45	21:50	09:04	00:04

Safar

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
29/01/2011	11:51	07:38	04:13	63°15'	09:44	18:35	08:50	00:12
30/01/2011	11:51	08:33	03:18	49°30'	10:12	19:10	08:58	00:05
31/01/2011	11:51	09:27	02:24	36°00'	10:39	19:45	09:06	00:03
01/02/2011	11:52	10:18	01:34	23°30'	11:05	20:15	09:10	00:07
02/02/2011	11:52	11:06	00:46	11°30'	11:29	20:40	09:11	00:08
<b>03/02/2011</b>	<b>11:52</b>	<b>11:51</b>	<b>00:01</b>	<b>00°15'</b>	<b>11:51</b>	<b>20:55</b>	<b>09:03</b>	<b>00:00</b>
04/02/2011	11:52	12:34	00:42	10°30'	12:13	21:05	08:52	00:11

Rabiul A wal

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
27/02/2011	11:51	07:23	04:28	67°00'	09:37	18:10	08:33	00:24
28/02/2011	11:51	08:14	03:37	54°15'	10:02	18:55	08:52	00:04
01/03/2011	11:51	09:03	02:48	42°00'	10:27	19:30	09:03	00:06
02/03/2011	11:51	09:49	02:02	30°30'	10:50	20:00	09:10	00:13
03/03/2011	11:51	10:32	01:19	19°45'	11:11	20:25	09:13	00:16
04/03/2011	11:51	11:14	00:37	09°15'	11:32	20:40	09:07	00:10
<b>05/03/2011</b>	<b>11:50</b>	<b>11:55</b>	<b>00:05</b>	<b>01°15'</b>	<b>11:52</b>	<b>20:50</b>	<b>08:57</b>	<b>00:00</b>
06/03/2011	11:50	12:35	00:45	11°15'	12:12	20:45	08:32	00:24

Rabiul Akhir

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
31/03/2011	11:42	9:13	02:29	37°15'	10:27	19:40	09:12	00:23
01/04/2011	11:42	9:54	01:48	27°00'	10:48	20:15	09:27	00:09
02/04/2011	11:42	10:35	01:07	16°45'	11:08	20:40	09:31	00:04
<b>03/04/2011</b>	<b>11:42</b>	<b>11:16</b>	<b>00:26</b>	<b>06°30'</b>	<b>11:29</b>	<b>21:05</b>	<b>09:36</b>	<b>00:00</b>
04/04/2011	11:41	11:58	00:17	04°45'	11:49	21:25	09:35	00:01
05/04/2011	11:41	12:42	01:01	15°15'	12:11	21:45	09:33	00:02
06/04/2011	11:41	13:28	01:47	26°45'	12:34	21:30	08:55	00:40

Jumadal Ula

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
01/05/2011	23:35	21:36	01:59	29°45'	22:35:30	08:35	09:59	00:33
02/05/2011	23:35	22:19	01:16	19°00'	22:57:00	08:40	09:43	00:17
<b>03/05/2011</b>	<b>23:35</b>	<b>23:03</b>	<b>00:32</b>	<b>08°00'</b>	<b>23:19:00</b>	<b>08:45</b>	<b>09:26</b>	<b>00:00</b>
04/05/2011	23:35	23:50	00:15	03°45'	23:42:30	08:50	09:07	00:18
05/05/2011	23:34	00:40	01:06	16°30'	00:07:00	09:05	08:58	00:28
06/05/2011	23:34	01:31	01:57	29°15'	00:32:00	09:25	08:53	00:33

Jumadal Tsani

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
31/05/2011	23:36	21:45	01:51	27°45'	22:40	08:05	09:24	00:20
01/06/2011	23:36	22:34	01:02	15°30'	23:05	08:15	09:10	00:06
<b>02/06/2011</b>	<b>23:36</b>	<b>23:25</b>	<b>00:11</b>	<b>02°45'</b>	<b>23:30</b>	<b>08:35</b>	<b>09:04</b>	<b>00:00</b>
03/06/2011	23:36	00:18	00:42	10°30'	23:57	08:50	08:53	00:11
04/06/2011	23:36	01:13	01:37	24°15'	00:24	09:15	08:50	00:13
05/06/2011	23:37	02:07	02:30	37°30'	00:53	09:40	08:47	00:17
06/06/2011	23:37	03:00	03:23	50°45'	01:18	10:00	08:42	00:22

Rajab

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
29/06/2011	23:41	21:16	02:25	36°15'	22:28	07:40	09:11	00:14
30/06/2011	23:42	22:09	01:33	23°15'	22:55	08:00	09:04	00:07
01/07/2011	23:42	23:04	00:38	09°30'	23:23	08:20	08:57	00:00
<b>02/07/2011</b>	<b>23:42</b>	<b>23:59</b>	<b>00:17</b>	<b>04°15'</b>	<b>23:50</b>	<b>08:45</b>	<b>08:54</b>	<b>00:02</b>
03/07/2011	23:42	00:53	01:11	17°45'	00:17	09:10	08:52	00:04
04/07/2011	23:43	01:46	02:03	30°45'	00:44	09:30	08:45	00:11

Syaban

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
27/07/2011	23:45	19:58	03:47	56°45'	21:51	06:50	08:58	00:03
28/07/2011	23:45	20:51	02:54	43°30'	22:18	07:15	08:57	00:02
29/07/2011	23:45	21:46	01:59	29°45'	22:45	07:40	08:54	00:01
30/07/2011	23:45	22:41	01:04	16°00'	23:13	08:05	08:52	00:03
<b>31/07/2011</b>	<b>23:44</b>	<b>23:36</b>	<b>00:08</b>	<b>02°00'</b>	<b>23:40</b>	<b>08:35</b>	<b>08:55</b>	<b>00:00</b>
01/08/2011	23:44	00:28	00:44	11°00'	00:06	09:00	08:54	00:01
02/08/2011	23:44	01:21	01:37	24°15'	00:32	09:25	08:52	00:02

Ramadhan

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
26/08/2011	23:40	20:27	03:13	48°15'	22:03	06:45	08:41	00:20
27/08/2011	23:39	21:21	02:18	34°30'	22:30	07:15	08:45	00:16
28/08/2011	23:39	22:15	01:24	21°00'	22:57	07:50	08:53	00:08
29/08/2011	23:39	23:08	00:31	07°45'	23:23	08:25	09:01	00:00
<b>30/08/2011</b>	<b>23:39</b>	<b>00:01</b>	<b>00:22</b>	<b>05°30'</b>	<b>23:50</b>	<b>08:55</b>	<b>09:05</b>	<b>00:04</b>
31/08/2011	23:39	00:54	01:15	18°45'	00:16	09:20	09:04	00:03
01/09/2011	23:38	01:48	02:10	32°30'	00:43	09:25	08:42	00:19

Syawal

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
26/09/2011	23:30	20:27	03:03	45°45'	21:58	07:35	09:36	00:19
27/09/2011	23:29	21:21	02:08	32°00'	22:25	08:20	09:55	00:00
<b>28/09/2011</b>	<b>11:29</b>	<b>12:01</b>	<b>00:32</b>	<b>08°00'</b>	<b>11:45</b>	<b>21:25</b>	<b>09:40</b>	<b>00:15</b>
29/09/2011	11:28	12:59	01:31	22°45'	12:13	21:50	09:36	00:19
30/09/2011	11:28	13:57	02:29	37°15'	12:42	22:25	09:42	00:13
01/10/2011	11:28	14:57	03:29	52°15'	13:12	23:10	09:57	00:02
02/10/2011	11:28	15:56	04:28	67°00'	13:42	00:05	10:23	00:28

Dzul Qo'dah

Tanggal	Kul. M	Kul. B	Selisih Kul MB		Tengah MB (X)	Pasang Tinggi (P)	X-P	XP-T
			Waktu	Derajat				
25/10/2011	11:22	09:43	01:39	24°45'	10:32	20:05	09:32	00:13
26/10/2011	11:22	10:39	00:43	10°45'	11:00	20:25	09:24	00:05
<b>27/10/2011</b>	<b>11:22</b>	<b>11:38</b>	<b>00:16</b>	<b>04°00'</b>	<b>11:30</b>	<b>20:50</b>	<b>09:20</b>	<b>00:01</b>
28/10/2011	11:22	12:39	01:17	19°15'	12:00	21:20	09:19	00:00
29/10/2011	11:22	13:40	02:18	34°40'	12:31	21:55	09:24	00:05
30/10/2011	11:22	14:41	03:19	49°45'	13:01	22:30	09:28	00:09
31/10/2011	11:23	15:39	04:16	64°00'	13:31	23:10	09:39	00:20

Dzul Hijjah

**Tabel 34**  
Analisa Selisih Waktu Pasang Tertinggi (Tengah Gelombang Konjungsi) Dengan Waktu Konjungsi

Tabel 34 merupakan analisa pendeteksian terjadinya penyatuan 2 gelombang pada 12 fase konjungsi, dan pencarian waktu terjadinya tengah gelombang pasang konjungsi (pasang tertinggi saat fase konjungsi) dengan cara mencari sudut tengah dari selang waktu yang terindikasi sebagai waktu-waktu penyatuan gelombang.

Simbol X pada tabel 34 adalah waktu tengah kulminasi matahari dan bulan. Simbol X-P untuk selisih waktu tengah kulminasi dengan waktu pasang tertinggi. Simbol XP-T untuk selisih waktu X-P secara umum dengan X-P saat pasang maksimum. Kotak [-----] adalah waktu terjadinya tengah gelombang.

Dari tabel 34 didapatkan gambaran bahwa dalam 12 kali fase konjungsi, terjadinya tengah gelombang pasang konjungsi mayoritas tidak tepat pada saat terjadinya konjungsi. Ada kalanya tengah gelombang terjadi sebelum konjungsi, ada kalanya tengah gelombang terjadi setelah konjungsi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pasang tertinggi tidak selalu terjadi pada hari saat konjungsi.

Untuk analisa yang lebih mendetail dari tabel 34, berikut tabel perbandingan waktu terjadinya tengah gelombang dan waktu konjungsi untuk 12 bulan Hijriah.

Bulan Hijriah	Waktu Konjungsi	Selsisih Dengan Tengah Gelombang Pasang Konjungsi		Selisih Hari
		Waktu	Sudut	
Muharram	14:39	+10:49	+05°52'	+0
Safar	01:06	-31:08	-16°52'	-2
Rabiul Awal	09:31	-48:41	-26°22'	-2
Rabiul Akhir	03:46	-51:26	-27°52'	-3
Jumadal Ula	21:32	-09:41	-05°15'	-0
Jumadal Tsani	13:51	-00:27	-00°15'	-0
Rajab	04:03	+21:13	+11°30'	+1
Sya'ban	15:54	-05:04	-02°45'	-0
Ramadhan	01:40	-30:00	-16°15'	-1
Syawal	10:04	-14:31	-07°52'	-1
Dzul Qo'dah	18:09	+19:36	+10°37'	+0
Dzul Hijjah	02:56	+36:13	+19°37'	+1
Rata-rata		23:14	12°35'	

Tabel 35

Analisa Lanjutan Selisih Waktu Pasang Tertinggi (Tengah Gelombang Konjungsi) Dengan Waktu Konjungsi

Dari tabel 35, diketahui bahwa hanya 4 kali waktu tengah gelombang yang terjadi pada hari fase konjungsi, selebihnya terjadi lebih awal atau lebih akhir. Rata-rata selisih kedua fenomena tersebut adalah 12°35' atau 23 jam 14 menit. Selisih terjauh terjadinya tengah gelombang pasang konjungsi dengan titik fase konjungsi adalah -27° 52' dan +19° 36'. Karena selisih waktu pada tabel 32 menggunakan ketentuan bahwa pergeseran posisi matahari dan bulan adalah  $\pm 13^\circ/24 \text{ jam}$ ,<sup>240</sup> maka selisih waktu tengah gelombang pasang konjungsi terjauh adalah 51,43 jam lebih awal dari pada waktu titik fase konjungsi, dan terlambat 36,22 jam dengan waktu titik fase konjungsi.

<sup>240</sup> Nyoman Suwitra, *Astronomi Dasar*, (Singaraja: Jurusan Fisika Institut Keguruan Dan Pendidikan Negeri), 2001, hal. 73.

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	22-12-2011		-23°26'12"	-20°49'14"	11:37	08:47	17:53	-32°20'	03:00 (0,3)	19:20 (1,0)	-	-
	23-12-2011		-23°25'58"	-22°21'15"	11:37	09:43	17:53	-19°21'	03:30 (0,3)	19:50 (1,1)	-	-
	24-12-2011		-23°25'17"	-22°22'36"	11:38	10:39	17:54	-06°16'	04:05 (0,2)	20:25 (1,1)	-	-
Safar	<b>25-12-2011</b>	<b>01:06</b>	<b>-23°24'07"</b>	<b>-20°55'53"</b>	<b>11:38</b>	<b>11:32</b>	<b>17:54</b>	<b>06°27'</b>	<b>04:45 (0,2)</b>	<b>21:00 (1,1)</b>	-	-
	26-12-2011		-23°22'28"	-18°13'48"	11:39	12:24	17:55	19°01'	05:20 (0,2)	21:25 (1,0)	-	-
	27-12-2011		-23°20'22"	-14°34'46"	11:39	13:10	17:55	31°08'	06:00 (0,3)	21:50 (0,9)	-	-
	28-12-2011		-23°17'47"	-10°18'04"	11:39	13:56	17:55	42°39'	06:35 (0,3)	21:55 (0,9)	-	-

Tabel 36 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Safar 1433 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	31-01-2011		-17°28'50"	-22°42'04"	11:51	09:27	18:04	-29°38'	02:45 (0,3)	19:45 (1,0)	-	-
	01-02-2011		-17°12'01"	-20°16'49"	11:52	10:18	18:04	-19°26'	03:15 (0,3)	20:15 (0,9)	-	-
	02-02-2011		-16°54'54"	-16°56'53"	11:52	11:06	18:04	-09°30'	03:40 (0,3)	20:40 (0,9)	-	-
Rabiul awal	<b>03-02-2011</b>	<b>09:31</b>	<b>-16°37'29"</b>	<b>-12°55'50"</b>	<b>11:52</b>	<b>11:51</b>	<b>18:04</b>	<b>00°20'</b>	<b>04:05 (0,3)</b>	<b>20:55 (0,9)</b>	-	-
	04-02-2011		-16°19'47"	-08°26'47"	11:52	12:34	18:04	10°01'	04:25 (0,3)	21:05 (0,9)	-	-
	05-02-2011		-16°01'47"	-03°41'42"	11:52	13:15	18:04	19°29'	04:35 (0,3)	21:00 (0,8)	-	-
	06-02-2011		-15°43'32"	01°08'48"	11:52	13:56	18:04	28°38'	04:35 (0,4)	20:45 (0,8)	-	-

Tabel 37 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Rabiul Awal 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	02-03-2011		-07°20'32"	-13°57'11"	11:51	09:49	17:58	-26°25'	02:20 (0,3)	20:00 (0,9)	-	-
	03-03-2011		-06°57'36"	-09°38'48"	11:51	10:32	17:57	-17°09'	02:35 (0,3)	11:30 (0,6)	11:40 (0,6)	20:25 (0,9)
	04-03-2011		-06°34'34"	-05°00'50"	11:51	11:14	17:57	-07°45'	02:50 (0,4)	11:20 (0,6)	12:25 (0,6)	20:40 (0,8)
Rabiulakhir	<b>05-03-2011</b>	<b>03:46</b>	<b>-06°11'29"</b>	<b>-00°13'50"</b>	<b>11:50</b>	<b>11:55</b>	<b>17:56</b>	<b>01°27'</b>	<b>02:55 (0,4)</b>	<b>11:15 (0,6)</b>	<b>13:05 (0,6)</b>	<b>20:50 (0,7)</b>
	06-03-2011		-05°48'15"	04°32'19"	11:50	12:35	17:56	10°37'	02:45 (0,5)	11:05 (0,6)	13:50 (0,6)	20:45 (0,7)
	07-03-2011		-05°24'58"	09°08'01"	11:50	13:16	17:56	19°41'	02:20 (0,5)	10:50 (0,7)	14:45 (0,6)	20:20 (0,7)
	08-03-2011		-05°01'37"	13°23'42"	11:50	13:59	17:56	28°34'	01:35 (0,5)	10:45 (0,7)	-	-

Tabel 38 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Rabiul Akhir 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	31-03-2011		04°00'55"	-06°04'13"	11:42	09:13	17:44	-33°42'	01:05 (0,4)	09:35 (0,7)	12:55 (0,6)	19:40 (0,7)
	01-04-2011		04°24'09"	-01°22'21"	11:42	09:54	17:44	-24°32'	01:15 (0,4)	09:35 (0,7)	13:35 (0,6)	20:15 (0,7)
	02-04-2011		04°47'19"	03°21'30"	11:42	10:35	17:43	-15°07'	01:15 (0,4)	09:35 (0,7)	14:25 (0,5)	20:40 (0,6)
Jumadal ula	<b>03-04-2011</b>	<b>21:32</b>	<b>05°10'23"</b>	<b>07°58'01"</b>	<b>11:42</b>	<b>11:16</b>	<b>17:43</b>	<b>-05°44'</b>	<b>01:00 (0,5)</b>	<b>09:30 (0,8)</b>	<b>15:10 (0,5)</b>	<b>21:05 (0,6)</b>
	04-04-2011		05°33'21"	12°17'31"	11:41	11:58	17:42	04°01'	00:25 (0,5)	09:30 (0,8)	16:15 (0,5)	21:25 (0,6)
	05-04-2011		05°56'14"	16°09'44"	11:41	12:42	17:42	13°36'	-	09:30 (0,8)	21:45 (0,5)	-
	06-04-2011		06°19'00"	19°23'50"	11:41	13:28	17:41	23°27'	-	09:35 (0,9)	21:30 (0,4)	-

Tabel 39 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Jumadil ula 1432 H



Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	30-04-2011		14°39'47"	06°51'23"	23:35	20:54	17:32	-32°13'	23:05 (0,5)	08:35 (0,8)	14:55 (0,5)	20:40 (0,5)
	01-05-2011		14°58'09"	11°14'10"	23:35	21:36	17:31	-21°59'	-	08:35 (0,9)	15:40 (0,4)	-
	02-05-2011		15°16'16"	15°12'52"	23:35	22:19	17:31	-11°54'	-	08:40 (0,9)	16:25 (0,4)	-
Jumadaltsani	<b>03-05-2011</b>	<b>13:51</b>	<b>15°34'08"</b>	<b>18°36'32"</b>	23:35	23:03	<b>17:31</b>	<b>-01°35'</b>	-	<b>08:45 (0,9)</b>	<b>17:15 (0,3)</b>	-
	04-05-2011		15°51'45"	21°13'37"	23:35	23:50	17:31	08°58'	-	08:50 (0,9)	18:10 (0,3)	-
	05-05-2011		16°09'06"	22°52'56"	23:34	00:40	17:30	19°55'	-	09:05 (0,9)	19:10 (0,3)	-
	06-05-2011		16°26'11"	23°25'20"	23:34	01:31	17:30	30°48'	-	09:25 (0,9)	20:00 (0,3)	-

Tabel 40 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Jumadil Tsani 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	30-05-2011		21°42'56"	17°43'44"	23:35	20:58	17:28	-29°39'	-	07:55 (0,9)	15:55 (0,3)	-
	31-05-2011		21°51'47"	20°34'55"	23:36	21:45	17:28	-18°19'	-	08:05 (0,9)	16:25 (0,3)	-
	01-06-2011		22°00'15"	22°31'16"	23:36	22:34	17:28	-07°15'	-	08:15 (0,9)	17:00 (0,3)	-
Rajab	<b>02-06-2011</b>	<b>04:03</b>	<b>22°08'21"</b>	<b>23°22'03"</b>	<b>23:36</b>	<b>23:25</b>	<b>17:29</b>	<b>04°21'</b>	-	<b>08:35 (1,0)</b>	<b>17:40 (0,3)</b>	-
	03-06-2011		22°16'03"	22°59'50"	23:36	00:18	17:29	16°14'	-	08:50 (1,0)	18:15 (0,3)	-
	04-06-2011		22°23'22"	21°22'32"	23:36	01:13	17:29	28°23'	-	09:15 (1,0)	18:55 (0,3)	-
	05-06-2011		22°30'17"	18°34'03"	23:37	02:07	17:29	40°46'	-	09:40 (1,0)	19:30 (0,3)	-

Tabel 41 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Rajab 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	28-06-2011		23°17'33"	21°59'41"	23:41	20:26	17:33	-36°56'	-	07:20 (0,9)	15:35 (0,3)	-
	29-06-2011		23°14'41"	23°13'24"	23:41	21:16	17:33	-25°11'	-	07:40 (0,9)	16:00 (0,3)	-
	30-06-2011		23°11'23"	23°15'36"	23:42	22:09	17:34	-13°12'	-	08:00 (1,0)	16:25 (0,3)	-
Sya'ban	<b>01-07-2011</b>	<b>15:54</b>	<b>23°07'42"</b>	<b>22°01'03"</b>	23:42	23:04	<b>17:34</b>	<b>-00°53'</b>	-	<b>08:20 (1,0)</b>	<b>16:55 (0,3)</b>	-
	02-07-2011		23°03'36"	19°30'48"	23:42	23:59	17:34	11°46'	-	08:45 (1,0)	17:25 (0,3)	-
	03-07-2011		22°59'06"	15°52'32"	23:42	0:53	17:34	24°40'	-	09:10 (1,0)	17:55 (0,3)	-
	04-07-2011		22°54'12"	11°19'14"	23:43	1:46	17:35	37°34'	-	09:30 (0,9)	18:15 (0,3)	-

Tabel 42 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Sya'ban 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	28-07-2011		19°03'40"	22°35'36"	23:45	20:51	17:39	-31°40'	-	07:15 (0,9)	15:35 (0,3)	-
	29-07-2011		18°49'44"	20°33'56"	23:45	21:46	17:39	-19°13'	-	07:40 (1,0)	15:35 (0,3)	-
	30-07-2011		18°35'29"	17°18'30"	23:45	22:41	17:39	-06°35'	-	08:05 (1,0)	16:00 (0,3)	-
Ramadhan	<b>31-07-2011</b>	<b>01:40</b>	<b>18°20'56"</b>	<b>12°59'31"</b>	23:44	23:36	<b>17:39</b>	<b>06°22'</b>	-	<b>08:35 (0,9)</b>	<b>16:20 (0,3)</b>	-
	01-08-2011		18°06'05"	07°52'33"	23:44	0:28	17:39	19°33'	-	09:00 (0,9)	16:35 (0,3)	-
	02-08-2011		17°50'56"	02°16'42"	23:44	1:21	17:39	32°49'	-	09:25 (0,9)	16:40 (0,4)	-
	03-08-2011		17°35'30"	-03°27'23"	23:44	2:13	17:39	45°58'	-	09:35 (0,8)	16:30 (0,4)	-

Tabel 43 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Ramadhan 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	26-08-2011		10°32'01"	18°41'14"	23:40	20:27	17:39	-37°31'	-	06:45 (0,9)	14:10 (0,3)	-
	27-08-2011		10°11'07"	14°50'03"	23:39	21:21	17:38	-24°49'	-	07:15 (0,9)	14:30 (0,3)	-
	28-08-2011		09°50'04"	10°01'30"	23:39	22:15	17:38	-12°00'	-	07:50 (0,9)	14:40 (0,3)	-
Syawal	<b>29-08-2011</b>	<b>10:04</b>	<b>09°28'52"</b>	<b>04°32'22"</b>	23:39	23:08	<b>17:38</b>	<b>01°11'</b>	-	<b>08:25 (0,9)</b>	<b>14:50 (0,4)</b>	<b>22:35 (0,6)</b>
	30-08-2011		09°07'31"	-01°16'37"	23:39	0:01	17:38	14°35'	00:25 (0,6)	08:55 (0,8)	14:50 (0,4)	22:35 (0,6)
	31-08-2011		08°46'01"	-07°02'19"	23:39	0:54	17:38	27°58'	01:55 (0,6)	09:20 (0,7)	14:35 (0,5)	22:55 (0,7)
	01-09-2011		08°24'22"	-12°21'16"	23:38	1:48	17:38	45°06'	03:45 (0,6)	09:25 (0,7)	14:05 (0,5)	23:30 (0,8)

Tabel 44 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Syawal 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	24-09-2011		-00°19'23"	12°03'31"	23:30	18:40	17:34	-43°19'	22:35 (0,6)	06:05 (0,9)	12:55 (0,3)	21:55 (0,6)
	25-09-2011		-00°42'45"	06°56'42"	23:30	19:33	17:34	-30°41'	23:55 (0,6)	06:50 (0,8)	13:00 (0,4)	21:10 (0,6)
	26-09-2011		-01°06'08"	01°17'52"	23:30	20:27	17:34	-17°13'	-	07:35 (0,8)	13:05 (0,4)	21:00 (0,7)
Dzulqo'dah	<b>27-09-2011</b>	<b>18:09</b>	<b>-01°29'30"</b>	<b>-04°31'52"</b>	23:29	21:21	<b>17:34</b>	<b>-03°38'</b>	<b>01:05 (0,5)</b>	<b>08:20 (0,7)</b>	<b>13:00 (0,5)</b>	<b>21:05 (0,8)</b>
	28-09-2011		-01°52'52"	-10°08'08"	11:29	12:01	17:33	10°22'	02:20 (0,5)	09:05 (0,6)	12:40 (0,5)	21:25 (0,9)
	29-09-2011		-02°16'13"	-15°05'28"	11:28	12:59	17:33	24°06'	03:50 (0,4)	09:55 (0,5)	12:00 (0,5)	21:50 (0,9)
	30-09-2011		-02°39'32"	-19°00'40"	11:28	13:57	17:33	37°33'	06:00 (0,4)	22:25 (0,9)	-	-

Tabel 45 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Dzul Qo'dah 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	24-10-2011		-11°37'25"	-01°59'54"	11:22	08:50	17:32	-36°09'	00:35 (0,6)	06:25 (0,7)	11:20 (0,4)	20:00 (0,8)
	25-10-2011		-11°58'15"	-07°38'02"	11:22	09:43	17:32	-22°10'	01:30 (0,5)	07:35 (0,6)	11:10 (0,5)	20:05 (0,9)
	26-10-2011		-12°18'54"	-12°52'59"	11:22	10:39	17:32	-08°09'	02:30 (0,4)	08:55 (0,5)	10:40 (0,5)	20:25 (0,9)
Dzul Hijjah	<b>27-10-2011</b>	<b>02:56</b>	<b>-12°39'22"</b>	<b>-17°28'40"</b>	<b>11:22</b>	<b>11:38</b>	<b>17:32</b>	<b>05°59'</b>	<b>03:40 (0,3)</b>	<b>20:50 (0,9)</b>	-	-
	28-10-2011		-12°09'38"	-20°32'43"	11:22	12:39	17:32	20°04'	04:55 (0,3)	21:20 (1,0)	-	-
	29-10-2011		-13°19'42"	-22°15'34"	11:22	13:40	17:32	33°52'	06:20 (0,3)	21:55 (1,0)	-	-
	30-10-2011		-13°39'34"	-22°30'29"	11:22	14:41	17:32	47°16'	07:35 (0,3)	22:30 (0,9)	-	-

Tabel 46 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Dzul Hijjah 1432 H

Bulan H	Tanggal M	Waktu Ijtima'	Dek. M	Dek. B	Kul M.	Kul B.	Trbnm M.	Tinggi Hilal	Pasang Surut			
									Surut 1	Pasang 1	Surut 2	Pasang 2
	22/11/2011		-20°02'54"	-10°45'38"	11:24	08:23	17:38	-41°11'	02:25 (0,5)	19:20 (0,9)	-	-
	23/11/2011		-20°15'44"	-15°28'00"	11:25	09:19	17:39	-24°40'	02:45 (0,3)	19:35 (1,0)	-	-
	24/11/2011		-20°28'11"	-19°12'52"	11:25	10:18	17:39	-13°24'	03:25 (0,3)	20:00 (1,0)	-	-
Muharram	<b>25/11/2011</b>	<b>13:10</b>	<b>-20°40'16"</b>	<b>-21°38'54"</b>	<b>11:25</b>	<b>11:19</b>	<b>17:39</b>	<b>00°40'</b>	<b>04:15 (0,3)</b>	<b>20:35 (1,1)</b>	-	-
	26/11/2011		-20°51'58"	-22°32'54"	11:25	12:21	17:40	14°34'	05:05 (0,3)	21:05 (1,1)	-	-
	27/11/2011		-21°03'16"	-21°53'42"	11:25	13:22	17:40	28°10'	06:00 (0,2)	21:40 (1,0)	-	-
	28/11/2011		-21°14'10"	-19°51'46"	11:26	14:20	17:41	41°23'	06:50 (0,3)	22:10 (1,0)	-	-

Tabel 47 Tabel Perbandingan Pasang Surut Air Laut Dengan Awal Bulan Muharram 1433 H

Munculnya hilal di ufuk barat dengan berbagai kriterianya sebagai ketentuan awal bulan kamariah merupakan bagian dari fenomena fase bulan yang disebabkan oleh pergerakan sistem matahari-bumi-bulan. Begitu juga dengan pasang surut air laut, fenomena ini dibangkitkan oleh gravitasi matahari dan bulan. Sehingga, pergerakan sistem matahari-bumi-bulan mengakibatkan periodisasi dinamika pasang surut air laut berdasarkan fase bulan.

Namun, yang membedakan kedua fenomena tersebut adalah media perantara. Penampakan hilal tidak membutuhkan media perantara dalam pembentukan fenomena oleh pergerakan sistem matahari-bumi-bulan. Adapun pasang surut air laut, fenomena ini sangat bergantung pada media air laut. Dengan demikian, selain pengaruh faktor astronomis, pasang surut air laut juga dipengaruhi oleh faktor-faktor non astronomis yang berkaitan dengan fenomena kelautan. Seperti topografi dasar laut yang cukup berpengaruh terhadap dinamika pasang surut air laut yang terbentuk oleh fenomena astronomis, sehingga membentuk dinamika baru pada pasang surut air laut tersebut. Faktor lain selain topologi dasar laut adalah faktor meteorologis dan hidrologis yang mempengaruhi pasang surut air laut pada waktu-waktu tertentu. Media perantara inilah yang pada akhirnya membuat 2 fenomena tersebut sangat berbeda ketika dikaitkan dengan penentuan awal bulan kamariah.

Sesuai data hilal pada tabel 36 sampai tabel 47, perubahan ketinggian hilal terlihat sangat stabil mengikuti perubahan selisih kulminasi pada tabel 34. Dimana ketinggian hilal dan selisih sudut kulminasi sama-sama mendekati  $0^\circ$  pada hari saat konjungsi. Demikian pula awal bulan kamariah sesuai kriteria

*imkanur rukyah*, (pada tabel 36-47 ditandai dengan tanggal dalam tanda kotak penuh) terlihat stabil mengikuti perubahan ketinggian hilal pada hari saat konjungsi.

Dengan demikian, selisih kulminasi, ketinggian hilal, dan awal bulan kamariah adalah representasi penuh dari pergerakan sistem matahari-bumi-bulan. Inilah perbedaan yang sangat mendasar antara fenomena penampakan hilal dan pasang surut air laut. Karena pasang surut air laut tidak mampu merepresentasikan diri secara penuh terhadap fenomena astronomis (pergerakan sistem matahari-bumi-bulan).

Bulan Hijriah	Ijtimak/ Konjungsi	Awal Bulan Sistem Imkan Ar- rukyah	Pasang Surut Air Laut	
			Waktu Tengah Gelombang	Pasang Tertinggi Mulai Terdeteksi
Muharram	25-11-2011	27-11-2011	25-11-2011	25-11-2011
Safar	25-12-2011	26-12-2011	23-12-2011	23-12-2011
Rabiul Awal	03-02-2011	05-02-2011	01-02-2011	31-01-2011
Rabiul Akhir	05-03-2011	07-03-2011	02-03-2011	02-03-2011
Jumadal Ula	03-04-2011	05-04-2011	02-04-2011	06-04-2011
Jumadal Tsani	03-05-2011	05-05-2011	03-05-2011	01-05-2011
Rajab	02-06-2011	03-06-2011	03-06-2011	02-06-2011
Sya'ban	01-07-2011	03-07-2011	01-07-2011	30-06-2011
Ramadhan	31-07-2011	01-08-2011	30-07-2011	29-07-2011
Syawal	29-08-2011	31-08-2011	28-08-2011	26-08-2011
Dzul Qo'dah	27-09-2011	29-09-2011	27-09-2011	28-09-2011
Dzul Hijjah	27-10-2011	28-10-2011	28-10-2011	28-10-2011

**Tabel 48 Tabel Perbandingan Awal Bulan Kamariah Dengan Pasang Surut Air Laut**

Sesuai tabel 48, pada akhirnya dinamika pasang surut air laut tidak dapat digunakan sebagai metode penentuan awal bulan kamariah karena ketidakstabilan dan ketidakakuratannya terhadap waktu konjungsi. Sehingga pengaplikasian fenomena pasang surut air laut untuk penentuan awal bulan kamariah hanya akan menambah daftar panjang perbedaan awal bulan kamariah.