

## **PENGARUH ARUS TERHADAP SEBARAN MATERIAL PADATAN TERSUSPENSI DI PANTAI SIGANDU, KABUPATEN BATANG**

**Devi Verawati Gusman, Sugeng Widada, Alfi Satriadi\*)**

*Program Studi Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
 Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698*

### **Abstrak**

*Pantai Sigandu terletak di Kabupaten Batang, Propinsi Jawa Tengah merupakan daerah yang mulai berkembang dengan aktifitas industri dan wisata disamping kegiatan nelayan. Kegiatan ini tentunya akan berdampak negatif terhadap kondisi perairan. Salah satunya adalah semakin meningkatnya konsentrasi padatan tersuspensi di perairan wilayah tersebut. Sebaran MPT di perairan laut sangat di pengaruhi oleh arus dan sumber MPT itu sendiri. Kandungan MPT yang tinggi akan sangat mengganggu produktivitas perairan. Berkaitan dengan hal tersebut perlu dikaji hubungan antara keadaan hidrooseanografi dan sebaran material padatan tersuspensi agar pola sebaran MPT dapat diketahui dan dianalisa secara tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh arus laut terhadap sebaran MPT di perairan Pantai Sigandu, Kabupaten Batang. Penelitian ini dilakukan 2 tahap, pengukuran lapangan dan proses pemodelan hidrodinamika 2D. Pengukuran lapangan yang meliputi pengukuran dan pengambilan data pasang surut, data sampel air, dan data arus pada tanggal 4 Mei - 7 Mei 2012, sedangkan pemodelan yang dilaksanakan di Laboratorium Komputasi Jurusan Ilmu Kelautan pada bulan Juli – Agustus 2012. Berdasarkan hasil penelitian diketahui pola sebaran MPT berbeda pada setiap lapisan kedalaman. Konsentrasi MPT pada lapisan 0,2 D berkisar antara 27 mg/l – 127 mg/l. Sedangkan pada lapisan kedalaman 0,6 D, nilai konsentrasi MPT cukup bervariasi sekitar 43 mg/l – 147 mg/l. Pada lapisan 0,8 D mempunyai nilai konsentrasi MPT sekitar 47 mg/l - 157 mg/l. Pada setiap lapisan kedalaman nilai konsentrasi MPT di daerah dekat pantai cenderung tersebar menyusur pantai dan relatif lebih tinggi dengan kedalaman yang dangkal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus mempengaruhi pola sebaran MPT, tetapi penurunan konsentrasi MPT banyak dipengaruhi oleh letak stasiun. Tingginya nilai konsentrasi MPT di lapisan dasar dibandingkan di permukaan karena adanya resuspensi sedimen dan pergerakan arus di lapisan dasar. Sedangkan besarnya MPT di muara sungai karena adanya penumpukkan material padatan yang disebabkan oleh pergerakan arus dan pengaruh pasang surut.*

**Kata kunci:** Arus, MPT, Pantai Sigandu

### **Abstract**

*Sigandu Beach reside in Batang Regency, Central Java Province is a territory which began developed with industry and river flow. This activities certainly will have a negative impacted with the condition of waters. One of the increasing concentration from suspended solid in that area. MPT spread in sea waters very influenced by current and the own of TSS source. The high of TSS containing will disturbed a productivity waters. Related For that thing need to inspected the relationship between hydrooceanography condition and distribution of total suspended solid so that distribution pattern TSS can be knowed and analysed exactly. The purpose of this study was to determine the effect of ocean currents on the distribution of TSS Sigandu Coastal waters, Batang. The research was done in 2 stages, field measurements and 2D hydrodynamic modeling process. Field measurements, including measurement and data retrieval tide, the water sample data, and the data current on May 4 to May 7, 2012, whereas process modeling carried out at the Laboratory of Computing Department of Marine Sciences in July-August 2012. Based on the result of research known about the distribution of TSS during the study had a different distribution pattern on each layer depth. For TSS concentration distribution in the layer 0.2 D ranging from 27 mg/l - 127 mg/l. whereas at a depth of 0.6 D layer, the value of TSS concentration varies considerably around 43 mg/l - 147 mg/l. In 0.8 D layer has a value of MPT concentration approximately 47 mg/l - 157 mg/l. At each layer of depth TSS concentration values in the area near the coastal tend to be scattered along the coast and higher relative to shallow depth. The results of research showed that current influenced the patterns TSS, but the TSS concentration decreased much influenced by the location of the station. The high value of the concentration of TSS in the base layer than at the surface due to the resuspension of sediment and current movements in the base layer. While the magnitude of the distribution of TSS in estuaries due to the accumulation of solid material caused by the movement and influence of tidal currents.*

**Keywords:** Current, TSS, Sigandu Beach

\*) Penulis penanggung jawa

## **PENDAHULUAN**

Pantai adalah daerah tepi perairan yang pada saat pasang terendah yang secara relatif masih mendapat pengaruh dari aksi gelombang sampai batas daratan (Triatmodjo, 1999). Sedangkan Darlan (1996) menyatakan bahwa pantai adalah zona yang tersusun oleh sedimen lepas, terbentang mulai dari batas dimana air laut tertinggi mencapai daratan akibat gelombang hingga batas surut terendah air laut.

Lingkungan pantai merupakan daerah yang selalu mengalami perubahan karena daerah tersebut menjadi tempat pertemuan dua energi, yaitu yang berasal dari lautan maupun daratan. Perubahan lingkungan dapat terjadi baik secara lambat maupun sangat cepat, tergantung pada keseimbangan kondisi antara topografi dan sifat-sifatnya terhadap arus, gelombang, pasang-surut, dan angin. Akibat dari daya perimbangan yang terjadi akan mempengaruhi distribusi padatan tersuspensi dipantai tersebut.

Padatan tersuspensi merupakan material endapan yang melayang dalam air yang bergerak tanpa menyentuh dasar perairan dan kemudian mengendap. Padatan tersuspensi di perairan dapat dihasilkan dari outlet sungai yang membawa sedimen hasil erosi daerah atas (*up land*), aktivitas pengembangan industri, hasil erosi dasar perairan, atau makhluk hidup dalam perairan tersebut. Distribusi padatan tersuspensi dipengaruhi antara lain oleh iklim, debit air sungai dan pergerakan arus laut. Keberadaan padatan tersuspensi dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan yang akhirnya akan berdampak buruk bagi kelangsungan hidup manusia, seperti pendangkalan pelabuhan, punahnya beberapa ekosistem perairan, dan kerusakan lingkungan (Ritchie et al., 1976).

Di Pantai Sigandu dijumpai aktivitas kapal nelayan penangkap ikan, kegiatan industri dan aliran sungai. Kegiatan ini tentunya akan berdampak negatif terhadap kondisi perairan salah satunya adalah semakin meningkatnya konsentrasi sedimen tersuspensi. Kondisi hidrooseanografi (arus, gelombang dan pasang surut) merupakan aspek yang berpengaruh secara langsung terhadap sebaran material padatan tersuspensi.

Di Pantai Sigandu direncanakan pembangunan pelabuhan yang pada nantinya akan difungsikan sebagai pelabuhan kapal batubara dan kapal-kapal besar yang berpengaruh secara langsung terhadap proses-proses sebaran material padatan tersuspensi yang terjadi di laut, seperti arus, gelombang dan pasang surut. Sehubungan hal tersebut perlu dikaji hubungan antara keadaan hidrooseanografi dan sebaran material padatan tersuspensi yang terjadi di pelabuhan yang sedang dalam proses pembangunan tersebut agar pola sebaran sebaran material padatan tersuspensi dapat diketahui dan dianalisa secara tepat.

Pantai Sigandu terletak di wilayah Kabupaten Batang, di mana lokasi ini sering

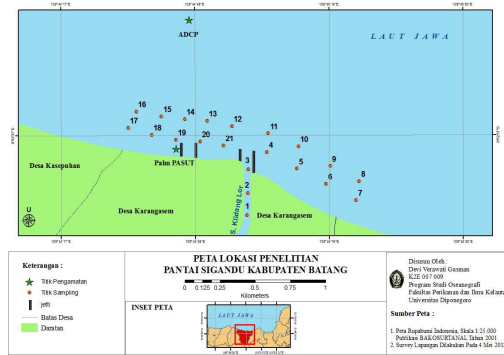
Penelitian ini bertujuan untuk untuk mengetahui pengaruh arus laut terhadap sebaran MPT di perairan Pantai Sigandu, Kabupaten Batang.

## **MATERI DAN METODE**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2012 di Pantai Sigandu, Kabupaten Batang. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air yang diambil dari Pantai Sigandu, Kabupaten Batang, data arus dan data pasang surut.

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode deskriptif, yaitu metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal (Suryabrata, 1983). Pengambilan sampel menggunakan cara *purposive sampling method* yaitu mengambil sebagian kecil sampel air dari lokasi penelitian tetapi hasilnya mewakili kondisi perairan pada lokasi penelitian (Hadi, 1979). Sampel yang telah diambil akan dianalisa laboratorium untuk mengetahui nilai konsentrasi MPT. Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan teknologi *Acoustic Doppler Current meter Profiler (ADCP) Sontek Argonaut-XR Extended Range*. Hasil pengukuran digambarkan dalam beberapa grafik yaitu scatter plot, vektor plot, dan grafik hasil analisis data arus lapangan untuk menggambarkan pola arus yang terjadi.

Sampel air diambil dengan menggunakan *Botol Nansen* pada tiap lapisan kedalaman 0,2 D, 0,6 D dan 0,8 D pada masing-masing stasiunnya, untuk analisa besarnya nilai MPT yang terkandung didalamnya. Analisa MPT dilakukan di laboratorium Geologi Kelautan Kampus Ilmu Kelautan UNDIP Semarang. Data hasil analisa tersebut dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui besarnya nilai MPT dan pengaruh arus di Pantai Sigandu, Kabupaten Batang.



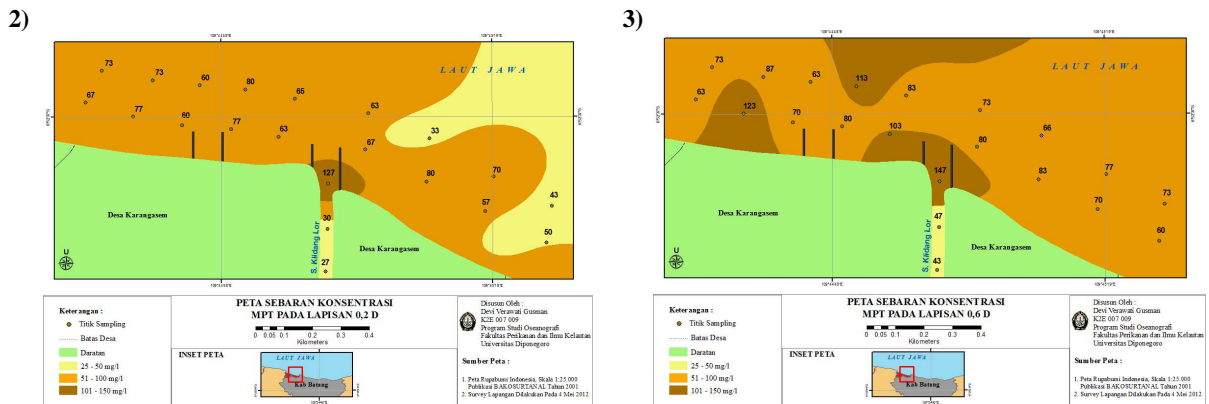
Gambar 1. Peta Lokasi Sampling

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil perhitungan konsentrasi MPT pada lapisan 0,2 D berkisar antara 27 mg/l – 127 mg/l, namun pada lapisan 0,6 D nilai konsentrasi MPT berkisar antara 43 mg/l – 147 mg/l. Sedangkan pada lapisan 0,8 D nilai konsentrasi MPT berkisar antara 47 mg/l – 157 mg/l.

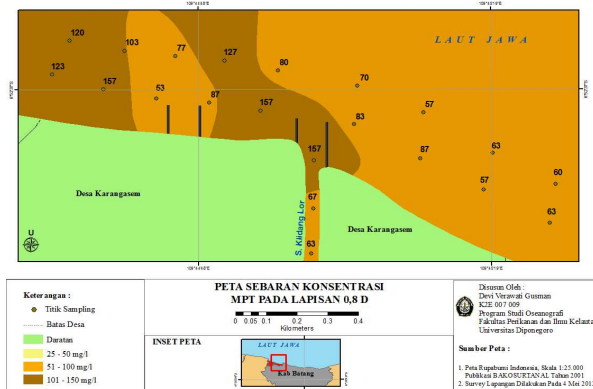
Pada lapisan 0,2 D nilai konsentrasi rata-rata MPT sebesar 58,76 mg/l, namun pada lapisan 0,6 D nilai konsentrasi rata-rata MPT sebesar 73,85 mg/l. Sedangkan pada lapisan 0,8 D nilai konsentrasi rata-rata MPT sebesar 83,04 mg/l.

Hasil konsentrasi dan sebaran MPT pada setiap stasiun dapat dilihat pada (gambar 2 – gambar 4) sebagai berikut:



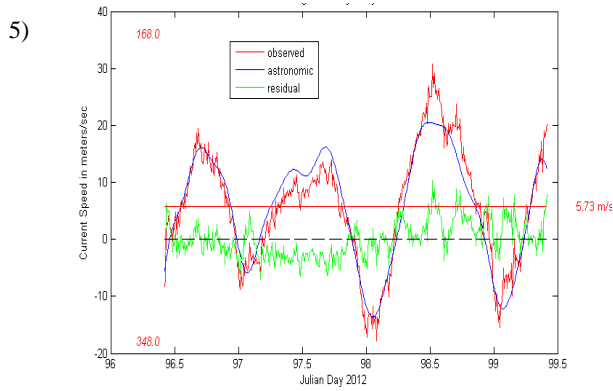
Gambar 2. Sebaran Konsentrasi MPT Perairan Pantai Sigandu Bulan Mei 2012 Lapisan 0,2 D.

Gambar 3. Sebaran Konsentrasi MPT Perairan Pantai Sigandu Bulan Mei 2012 Lapisan 0,6 D.

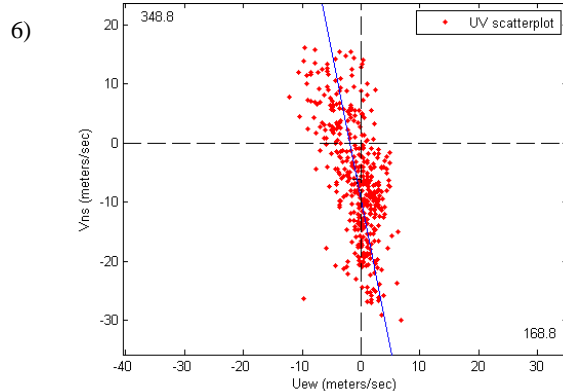


Gambar 4. Sebaran Konsentrasi MPT Perairan Pantai Sigandu Bulan Mei 2012 Lapisan 0,8 D

Analisis data arus lapangan dengan software World Currents 1.03 diperoleh kecepatan arus pasut dan arus non pasut. Dari hasil analisis juga diperoleh hasil arus pasut lebih besar daripada arus non pasut. gambar 5 dan gambar 6 menunjukkan grafik dan Scatter plot hasil analisis data arus.



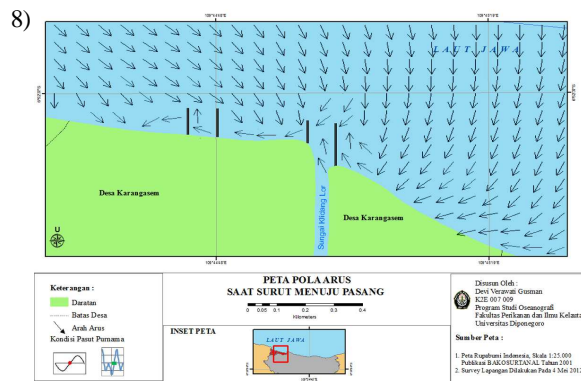
Gambar 5. Grafik data Arus Lapangan Menggunakan Software World Currents 1.03.



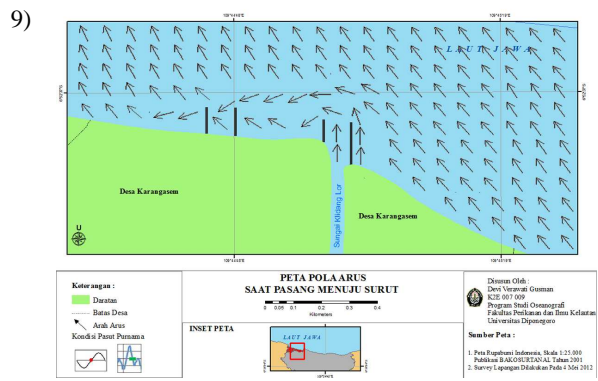
Gambar 6. Scatter Plot data Arus Lapangan Menggunakan Software World Currents 1.03.

Hasil analisis data arus lapangan berupa grafik dan scatter plot pada masing-masing lapisan *cell* terlihat arus yang terjadi adalah arus pasut. Nilai maksimal kecepatan arus pada *cell* 02 yaitu lapisan dasar diperoleh 26,7 (cm/s) dan nilai minimum diperoleh 0,3 (cm/s), pada *cell* 03 yaitu lapisan tengah nilai maksimum kecepatan arus diperoleh 29,6 (cm/s) dan nilai minimum diperoleh 0,2 (cm/s), sedangkan pada *cell* 04 yaitu pada lapisan permukaan diperoleh nilai maksimum kecepatan arus 34,4 (cm/s) dan nilai minimum diperoleh 0,4 (cm/s).

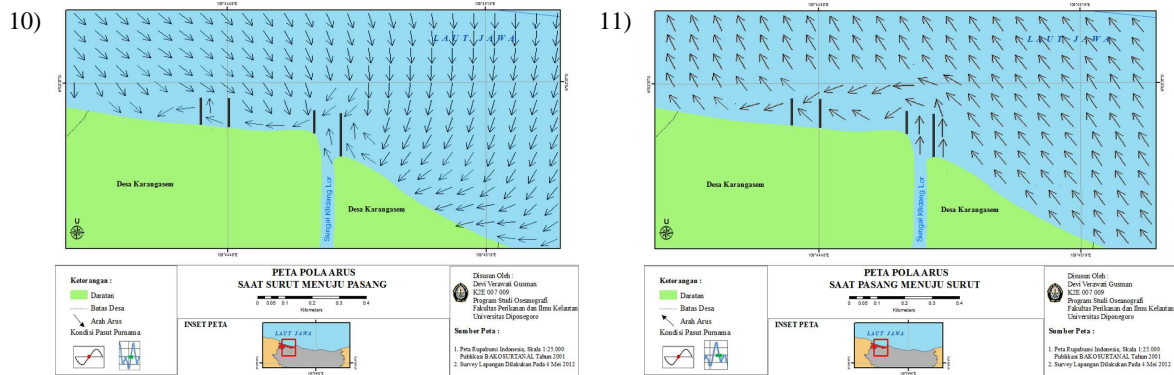
Hasil simulasi memperlihatkan bahwa pergerakan arus di daerah model kecil cenderung memiliki arah bolak-balik secara periodik sesuai dengan kondisi pasang surut yang terjadi. Adapun gambaran pola penyebaran arus disajikan dalam bentuk vektor pola arus seperti yang terlihat pada gambar 8 – gambar 11. Gambar 8 menunjukkan pola arus saat surut menuju pasang, dimana arus bergerak dari utara menuju ke selatan. Gambar 9 menunjukkan pola arus saat pasang menuju surut, dimana arus bergerak dari selatan menuju ke utara. Sedangkan gambar 10 menunjukkan pola arus saat surut menuju pasang, dimana arus bergerak dari utara menuju ke selatan. Gambar 11 pola arus saat pasang menuju surut, dimana arus bergerak dari selatan menuju ke utara.



Gambar 8. Peta Pola Arus pada Kondisi Purnama saat Surut Menuju Pasang di Perairan Pantai Sigandu Batang bulan Mei 2012.



Gambar 9. Peta Pola Arus pada Kondisi Purnama saat Pasang Menuju Surut di Perairan Pantai Sigandu Batang bulan Mei 2012.



**Gambar 10.** Peta Pola Arus pada Kondisi Perbani saat Surut Menuju Pasang di Perairan Pantai Sigandu Batang bulan Mei 2012.

**Gambar 11.** Peta Pola Arus pada Kondisi Perbani saat Pasang Menuju Surut di Perairan Pantai Sigandu Batang bulan Mei 2012

Sebaran konsentrasi rata-rata MPT di bagian barat muara sungai pada lapisan kedalaman 0,2 D (Gambar 2) menunjukkan lebih besar dibandingkan pada bagian timur muara sungai, hal ini dikarenakan arah arus di sebelah barat tegak lurus sedang yang di sebelah timur dibelokkan, sehingga kekuatan arus yang di sebelah barat lebih kuat dari sebelah timur. Hal ini sesuai dengan pendapat Siebold dan Berger (1993) bahwa besarnya kandungan MPT pada suatu perairan banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah angin.

Konsentrasi MPT tertinggi terdapat di stasiun 3 baik pada saat surut maupun pasang (Gambar 2). Tingginya konsentrasi pada stasiun 3 ini karena lokasi stasiun tersebut berada di muara sungai Klidang Lor, di mana daerah tersebut tingkat pengadukannya lebih tinggi dibanding tempat lain disamping kedalaman stasiun 3 lebih dangkal dengan yang lain, sehingga perairan tersebut lebih keruh. pada stasiun 3 mendapat suplai MPT yang paling tinggi dibanding stasiun lainnya. Hal ini dikarenakan pada daerah muara konsentrasi MPT akan cenderung tinggi di dekat sumbernya, yaitu muara sungai.

Pada stasiun 7, stasiun 8, dan stasiun 10 nilai konsentrasi MPT cenderung rendah dibanding stasiun yang lain yaitu sebesar 50 mg/L, 43 mg/L dan 33 mg/L. Hal ini disebabkan letak stasiun 7, stasiun 8, dan stasiun 10 yang jauh dari muara sungai Klidang Lor sebagai sumber MPT ke perairan laut sehingga pada stasiun 7, stasiun 8, dan stasiun 10 hanya menerima sedikit suplai MPT.

Pada lapisan kedalaman 0,6 D (Gambar 3) rata-rata sebaran padatan tersuspensi lebih besar terdapat pada sebelah barat muara sungai karena pada saat itu air laut sedang mengalami surut menuju pasang yang menyebabkan naiknya muka air laut dan berpengaruh terhadap penumpukkan material padatan tersuspensi.

Pada sebelah timur muara sungai (Gambar 3) rata-rata hasil padatan tersuspensi tidak terlalu tinggi karena pada saat pengambilan sampel air laut sedang mengalami pasang menuju surut sehingga tidak terjadi penumpukkan material padatan tersuspensi yang sangat banyak.

Pada stasiun 13 dan stasiun 18 yang letaknya jauh dari sumber, tetapi nilai konsentrasi MPT cukup tinggi seperti pada stasiun yang berada di muara sungai, yaitu (113 mg/L dan 123 mg/L). Hal ini disebabkan adanya pergerakan arus yang mejauhi daratan, yaitu bergerak dari selatan ke barat daya. Sehingga persebaran MPT dari muara sungai Klidang Lor akan bergerak ke barat daya.

Tingginya sebaran konsentrasi MPT pada lapisan kedalaman 0,8 D (Gambar 4) terjadi karena adanya pengaruh arus dan pasang surut yang menyebabkan penumpukkan material padatan di sebelah barat muara sungai.

Nilai sebaran konsentrasi MPT di kedalaman 0,8 D (Gambar 4) rata-rata lebih tinggi karena terjadinya resuspensi sedimen, dimana sedimen di dasar terangkat dan teraduk oleh proses turbulensi sehingga meningkatkan konsentrasi sedimen. Di samping itu sedimen mudah mengalami resuspensi karena pergerakan massa air dan difusi zat-zat yang terlarut dalam sedimen yang akan melarutkan kembali ke kolom air, sehingga sedimen akan menjadi sumber pencemar potensial dalam skala tertentu (Suyarso, 2008).

Dari seluruh kedalaman diketahui bahwa rata-rata konsentrasi MPT tinggi berada pada kedalaman 0,8 D (Gambar 4). Dalam hal ini jika angin bertiup di atas permukaan suatu perairan, maka partikel-partikel di bawah akan ikut terbawa, dan gerakan ini akan diteruskan pada partikel air yang lebih bawah.

Pada setiap lapisan kedalaman nilai konsentrasi MPT tertinggi terletak pada stasiun 3 yaitu di muara sungai hal ini disebabkan pada stasiun 3 mendapat suplai MPT yang paling tinggi dibanding stasiun lainnya karena pada daerah muara sungai konsentrasi MPT akan cenderung tinggi di dekat sumbernya, yaitu muara sungai.

Sebaran konsentrasi MPT di bagian barat muara sungai pada setiap lapisan kedalaman lebih tinggi dibandingkan pada bagian timur muara sungai karena dipengaruhi oleh arah arus yang bergerak ke arah laut pada saat

surut menuju pasang. Dari hasil ini di dapatkan bahwa arus dapat mempengaruhi sebaran MPT, hal ini dipertegas oleh Triatmodjo (1999) yang mengatakan jika dasar laut terdiri dari material yang mudah bergerak, maka arus dan gelombang akan mengerosi sedimen dan membawa searah dengan arus.

Pada setiap lapisan kedalaman nilai konsentrasi MPT di daerah dekat pantai cenderung tersebar menyusur pantai dan relatif lebih tinggi dengan kedalaman yang dangkal. Hal ini disebabkan oleh arus yang mengakibatkan terjadinya resuspensi sedimen. Arus yang bergerak sepanjang pantai atau longshore currents yang terbentuk karena gelombang pecah yang membentuk sudut dengan garis pantai (Triatmodjo, 1999).

Dari model simulasi mencakup perairan Pantai Sigandu Batang (gambar 9 – gambar 12) dapat dilihat bahwa pola pergerakan arus cenderung memiliki arah bolak-balik secara periodik sesuai dengan kondisi pasang surut yang terjadi. Pada kondisi purnama saat surut menuju pasang (gambar 9), maupun pada kondisi perbani saat surut menuju pasang (gambar 11) menunjukkan arah pergerakan arus yang bergerak dari utara menuju ke tenggara. Hal ini dikarenakan pada daerah utara elevasi lebih besar dari pada elevasi di bagian tenggara. Pada perairan dalam keadaan surut menuju pasang dan mengalami pembelokan ketika menabrak jetty, untuk pola sebaran MPT dapat dipengaruhi secara langsung oleh sirkulasi arus laut karena padatan tersuspensi akan bergerak mengikuti arus.

Kondisi perairan dalam keadaan pasang dapat mempengaruhi sebaran MPT karena saat pasang pergerakan arus menuju pantai sehingga kecenderungan MPT dalam konsentrasi tinggi untuk stasiun yang berada di dekat pantai. Sebaliknya arah pergerakan arus yang bergerak dari selatan menuju ke barat daya pada kondisi purnama saat pasang menuju surut (gambar 10), maupun pada kondisi perbani saat pasang menuju surut (gambar 12) menyebabkan terjadinya penumpukkan material padatan tersuspensi di bagian barat muara sungai. Hal ini sesuai dengan Ningsih (2002) yang menyatakan bahwa slope muka laut akan mengakibatkan gaya gradient tekanan sehingga akan menimbulkan gerakan arus dari daerah muka laut yang tinggi ke daerah muka laut yang rendah.

Jika dilihat dari simulasi model, tenaga pembangkit yang utama dalam mekanisme terjadinya arus laut di Pantai Sigandu Batang adalah pasang surut sehingga karakteristik yang dominan dari arus yang terjadi adalah termasuk arus pasang surut.

Secara vertikal, nilai MPT mengalami kenaikan dari kedalaman 0,2 D ke kedalaman 0,8 D. Hal ini terjadi karena kondisi hidrooseanografi berpengaruh secara langsung terhadap proses-proses sebaran material padatan tersuspensi yang terjadi di laut.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, terlihat bahwa arus mempengaruhi pola sebaran MPT, tetapi penurunan konsentrasi MPT banyak dipengaruhi oleh letak stasiun, di mana makin jauh dari sumber dalam hal ini sungai Klidang Lor maka nilai konsentrasi MPT rendah dan sebaliknya nilai konsentrasi MPT tinggi ketika berada didekat sumber, yaitu sungai Klidang Lor.

## **KESIMPULAN**

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

Arus laut yang dominan mempengaruhi konsentrasi sebaran MPT di perairan Pantai Sigandu adalah arus pasang surut. Tingginya nilai konsentrasi sebaran MPT di lapisan dasar dibandingkan di permukaan karena adanya resuspensi sedimen dan pergerakan arus di lapisan dasar.

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa arus mempengaruhi pola sebaran MPT, tetapi penurunan konsentrasi MPT banyak dipengaruhi oleh letak stasiun, di mana makin jauh dari sumber dalam hal ini sungai Klidang Lor maka nilai konsentrasi MPT rendah dan sebaliknya nilai konsentrasi MPT tinggi ketika berada didekat sumber, yaitu sungai Klidang Lor.

Besarnya sebaran MPT di muara sungai karena adanya penumpukkan material padatan yang disebabkan oleh pergerakan arus dan pengaruh pasang surut.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada dosen pembimbing utama saya yaitu Bapak Ir. Sugeng Widada, M.Si serta Bapak Ir. Alfi Satriadi, M.Si selaku dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan saran dan masukan dalam pembuatan jurnal ilmiah ini.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang membantu untuk pembuatan artikel ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., dan Sitepu, M.J. 1996. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Ningsih, Nining Sari. 2002. *Oseanografi Fisis*. ITB. Bandung.

Ritchie, J. C., F. R. Schiebe. and J. R McHenry. 1976. *Remote of Suspended Sediment in Surface Water*. Photographic Engineering Remote Sensing. 42, 1539-1545.

Siebolg, E. and W. H. Berger. 1993. *The Sea Floor. An Introduction to Marine Geology*. Second Edition. Springer - Verlag Berlin. Jerman.

Suryabrata, S. 1983. *Metodologi Penelitian*, Rajawali Press, Jakarta.

Suyarso. 2008. *Perubahan Garis Pantai Muara Sungai Cisadane dan Sekitarnya, Tangerang, Banten*. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia. Jakarta.

Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.