

STUDI PENGUKURAN KECEPATAN ALIRAN PADA SUNGAI PASANG SURUT

Indra Setya Putra

*Pusat Litbang Sumber Daya Air Badan Litbang PU
Email: qmbut@yahoo.com*

ABSTRACT

Tidal river is one of the water resources which require proper management to be used as human needs such as irrigation and raw water. It required data such as discharge or velocity and water level. Until this period standard for measuring the velocity is just arranged in non-tidal rivers with SNI 03-2414-1991. This research aims to examine ways to measure water velocity in tidal rivers and provide recommendations for the design of new SNI for measuring the velocity of the tidal rivers.

Methods used is by conducting velocity measurements performed in two rivers namely the Kapuas and Katingan by dividing the cross section into 3 sections and the time interval is 1 hour. Measurements were made using a 5 point in depth (d), are 20 cm, 0,2d, 0,4d, 0,6d, 0,8d which further results are elaborated and analyzed. It also carried out measurements of water level for 15 days with intervals of 1 hour.

The results of this study are 8 requirements for the selection of the measurement location, 2 requirements for a long time and period measurement, 4 hydraulic conditions that must be considered at the time of measurement and 3 recommendations.

Keywords : rivers, tidal, velocity measurement.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang mempunyai banyak daerah aliran sungai (DAS) yang tersebar di seluruh pulau. Berdasarkan Peraturan Menteri PU No. 11A/PRT/M/2006, terdapat 5 klasifikasi daerah aliran sungai terdiri dari 133 daerah aliran sungai di Indonesia. Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Oleh karena itu diperlukan pengelolaan terhadap DAS yang sebaik-baiknya untuk

kepentingan masyarakat di segala bidang kehidupan contohnya untuk irigasi dan penyediaan air baku. Salah satu komponen dalam pengelolaan DAS adalah pengelolaan terhadap sungai atau anak sungai yang ada di dalam DAS tersebut.

Pengelolaan sungai-sungai ini sudah diatur di dalam Peraturan Pemerintah No. 38 tahun 2011 tentang sungai yang meliputi konservasi sungai, pengembangan sungai dan pengendalian daya rusak sungai. Untuk menunjang pelaksanaan tujuan tersebut diperlukan kegiatan yang salah satunya adalah pengukuran kecepatan secara langsung untuk mengetahui data debit sungai. Pemerintah telah menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengukuran sungai di dalam SNI 03-2414-1991 mengenai tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung. Akan tetapi SNI ini hanya terbatas pada sungai dengan aliran yang dipengaruhi oleh faktor gravitasi saja. Sementara sungai pasang surut yang mempunyai aliran dua arah mempunyai karakteristik yang berbeda dengan sungai non-pasang surut (Balai Rawa, 2012). Oleh karena itu SNI yang ada tidak dapat diterapkan pada sungai yang terpengaruh oleh pasang surut air laut. Diperlukan beberapa perubahan atau modifikasi terhadap SNI tersebut supaya dapat digunakan di sungai pasang surut. Dalam penelitian ini pengukuran kecepatan dilakukan menggunakan *Currentmeter*. Pada prinsipnya, *Currentmeter* digunakan untuk mengukur kecepatan air di berbagai lokasi vertikal dalam sebuah bagian melintang dari aliran air dan daerah yang masing-masing pengukuran yang telah ditentukan. Kecepatan aliran dikalikan dengan masing-masing daerah yang sesuai, dan jumlahnya ini merupakan debit aliran air rata-rata di bagian yang dipilih (Tazioli, 2011). Penelitian dilakukan di Sungai Kapuas di dan Sungai Katingan di Provinsi Kalimantan Tengah seperti yang terlihat pada Gambar 1 di bawah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji cara pengukuran kecepatan di sungai pasang surut yang meliputi lingkup pemilihan lokasi pengukuran, persyaratan hidraulik dan lama serta periode pelaksanaan pengukuran dan juga memberikan rekomendasi untuk rancangan SNI baru untuk pengukuran kecepatan di sungai pasang surut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tipe Sungai di Indonesia

Menurut Sukardi, dkk, 2013, sungai terbentuk secara alami sesuai dengan topografi, geologi dan hidrologi kondisi daerah setempat. Dalam perkembangannya, pengaruh demografi, sosial dan budaya dari penduduk lokal sering membawa dampak terhadap kondisi fisik sungai. Indonesia memiliki beberapa kondisi topografi, geologi dan hidrologi di seluruh wilayahnya. Hasil kondisi tersebut di beberapa jenis sungai, dengan fitur dan karakteristik mereka berbeda dari satu sama lain. Jenis sungai terbagi menjadi 5 sungai yaitu sungai pasang surut (*tidal rivers*), sungai non pasang surut (*non-tidal rivers*), sungai kering (*dry rivers*), sungai dengan aliran debris (*debris flow rivers*) dan sungai bawah tanah (*underground rivers*).

2.2 Tipe Pasang Surut

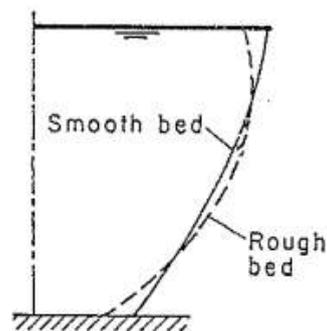
Menurut WIBISONO (2005), sebenarnya hanya ada tiga tipe dasar pasang-surut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya, yaitu sebagai berikut:

- 1) Pasang-surut tipe harian tunggal (*diurnal type*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 1 kali pasang dan 1 kali surut.
- 2) Pasang-surut tipe tengah harian/ harian ganda (*semi diurnal type*): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat 2 kali pasang dan 2 kali surut.

- 3) Pasang-surut tipe campuran (mixed tides): yakni bila dalam waktu 24 jam terdapat bentuk campuran yang condong ke tipe harian tunggal atau condong ke tipe harian ganda.

2.3 Kecepatan aliran di Saluran Terbuka

Chow (2009) menyimpulkan, dalam aliran yang luas, cepat dan dangkal atau dalam saluran yang sangat halus, kecepatan maksimum mungkin sering ditemukan pada permukaan bebas. Gambar 2 menggambarkan bahwa kekasaran saluran akan menyebabkan kelengkungan kurva distribusi kecepatan vertikal meningkat. Di tikungan, kecepatan meningkat sangat besar di sisi luar cembung, hal ini diakibatkan oleh adanya gaya sentrifugal dari aliran tersebut. Bertentangan dengan keyakinan umum, angin permukaan memiliki sedikit efek pada distribusi kecepatan.



Gambar 2. Efek kekasaran terhadap distribusi kecepatan di saluran terbuka

Lama dan periode pelaksanaan pengukuran kecepatan

Pada SNI 03-2414-1991 menjelaskan lama dan periode pengukuran pada sungai dan saluran terbuka yang terpengaruh oleh gravitasi. Lama pengukuran debit tergantung dari perubahan keadaan aliran pada saat pengukuran dilaksanakan:

- 1) Pada saat aliran rendah pengukuran debit dilaksanakan dua kali dalam sekali periode waktu pengukuran (bolak-balik di penampang basah yang sama).
- 2) Pada saat banjir pengukuran debit dilaksanakan satu kali dalam periode waktu pengukuran.

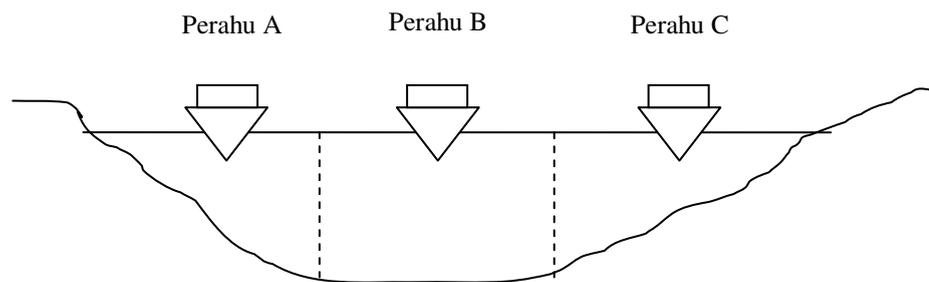
Periode pelaksanaan pengukuran tergantung dari musim:

- 1) Pada musim kemarau pengukuran debit dilaksanakan cukup sekali dalam satu bulan.
- 2) Pada musim penghujan pengukuran dilaksanakan berulang kali, paling sedikit 3 kali untuk setiap bulan.
- 3) Pada musim peralihan paling sedikit 2 kali dalam sebulan.

3. METODE PENELITIAN

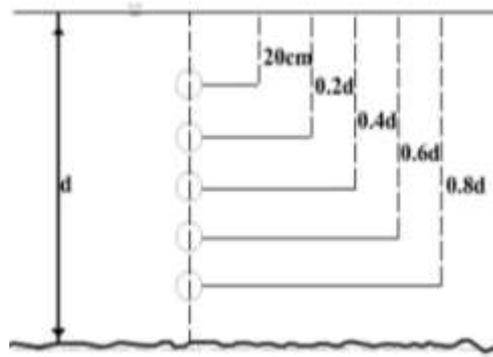
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan data primer dengan melakukan pengukuran muka air dan kecepatan di sungai Kapuas dan Katingan di Kalimantan Tengah yang merupakan sungai yang terpengaruh oleh pasang surut air laut. Pengukuran kecepatan dilakukan selama 26 jam di tiga pias (sub bagian) penampang melintang sungai secara bersamaan atau simultan seperti pada Gambar 3. Tujuan dilakukan pengukuran di 3 pias ini adalah untuk mengetahui perbedaan pola dan nilai kecepatan di masing-masing pias. Kecepatan diukur di 5 titik kedalaman (d) yaitu di 20 cm dari permukaan, $0,2d$, $0,4d$, $0,6d$, $0,8d$ sesuai yang tertera pada Gambar 4. Pengukuran muka air dilakukan selama satu siklus pasang surut atau 15 hari.



Gambar 3. Pengukuran kecepatan secara simultan di 3 pias penampang melintang sungai

Data primer tersebut dielaborasi agar hasil perhitungan kecepatan air ini akurat atau benar-benar mewakili kecepatan air yang sebenarnya.



Gambar 4. Posisi pengukuran kecepatan aliran di 5 titik.

2. Melakukan kajian berdasarkan hasil analisa pengukuran di lingkup pemilihan lokasi pengukuran, persyaratan hidraulik dan lama serta periode pelaksanaan pengukuran dan juga rekomendasi dari hasil penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi pemilihan pengukuran

Sungai-sungai pasang surut di Indonesia umumnya mempunyai lebar lebih dari 1 km terutama di daerah Kalimantan, Sumatera dan Papua. Oleh karena itu, pengukuran kecepatan ini hanya dapat dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kecepatan arus (*Currentmeter*) dari selasar kapal HATIGA Balai Rawa seperti yang terlihat pada Gambar 5 dibawah. Pertimbangannya jika pengukuran dilakukan dengan pelampung kecepatan yang terukur hanya di permukaan air saja sehingga nilai kecepatan rata-rata vertikal yang didapat tidak akurat.



Gambar 5. Pengukuran Kecepatan di muara sungai Katingan dengan menggunakan *Currentmeter*

Berdasarkan hasil diskusi dan pengalaman, maka untuk menghindari gangguan pada waktu pengukuran atau kesalahan pada hasil pengukuran, maka lokasi yang dipilih harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a) Sungai harus lurus (panjang minimal 1-3 kali lebar sungai pada saat banjir peres/*bank full*) dan bukan pertemuan atau percabangan;
- b) Distribusi garis aliran diperkirakan merata, lurus dan tidak ada aliran yang memutar (*vortex*) dan tidak berlapis (*stratified*);
- c) Aliran bebas dari gangguan tumbuhan air, sampah dan benda-benda lain;
- d) Tidak dipengaruhi peninggian muka air sebagai akibat adanya pertemuan dengan sungai yang lain dan bangunan hidraulik;
- e) Tidak terpengaruh aliran lahar/debris;
- f) Penampang melintang pengukuran perlu diupayakan agar tegak lurus terhadap alur sungai;
- g) Kedalaman sungai di tempat pengukuran arus harus mempunyai kedalaman cukup agar baling-baling dapat berputar secara bebas;
- h) Tidak berada di transportasi air.

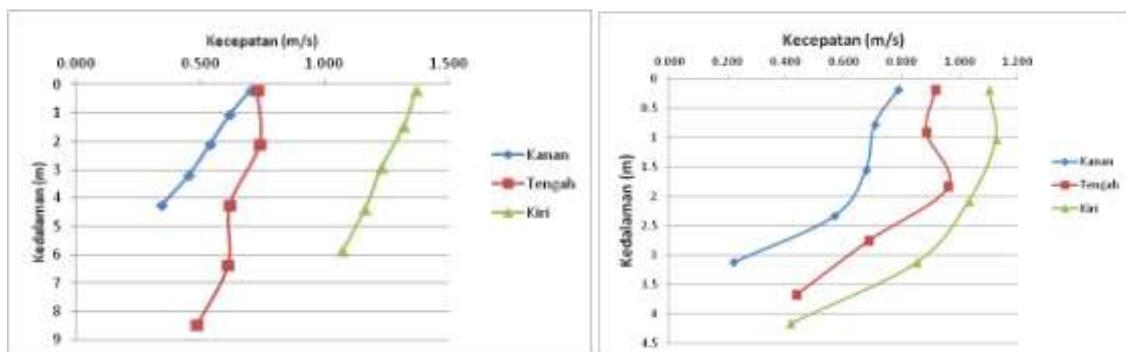
4.2 Persyaratan Hidraulik dan Lama serta Periode Pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran kecepatan, harus dilakukan pengukuran kedalaman terlebih dahulu untuk menentukan 5 titik kedalaman antara lain 20 cm, 0,2d, 0,4d, 0,6d, 0,8d. Hasil pengukuran kecepatan secara vertikal pada 5 titik kedalaman dalam satu penampang melintang dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah. Berdasarkan gambar, pengukuran yang dilakukan di sungai Kapuas dan sungai Katingan menunjukkan bahwa distribusi kecepatan aliran di pias kanan, pias tengah dan pias kiri mempunyai pola atau bentuk yang berbeda-beda. Pola distribusi kecepatan aliran di sungai Kapuas pada pias tengah mempunyai nilai paling besar di kedalaman 0,2d (2,1 m), sedangkan pada pias kanan dan kiri mempunyai nilai paling besar di titik 20 cm dari permukaan air.

Distribusi kecepatan arus terbesar pada pias kanan penampang melintang sungai Katingan terdapat pada kedalaman 20 cm dari permukaan sedangkan distribusi kecepatan arus terbesar di pias tengah terdapat pada kedalaman 0,4 d (1,8 m) dan pias

kiri pada kedalaman 0,2d (1m). Pola yang berbeda-beda dari 5 macam kedalaman ini berarti bahwa pengukuran harus dilakukan di 5 titik kedalaman untuk mendapatkan kecepatan rata-rata vertikal dari masing-masing pias.

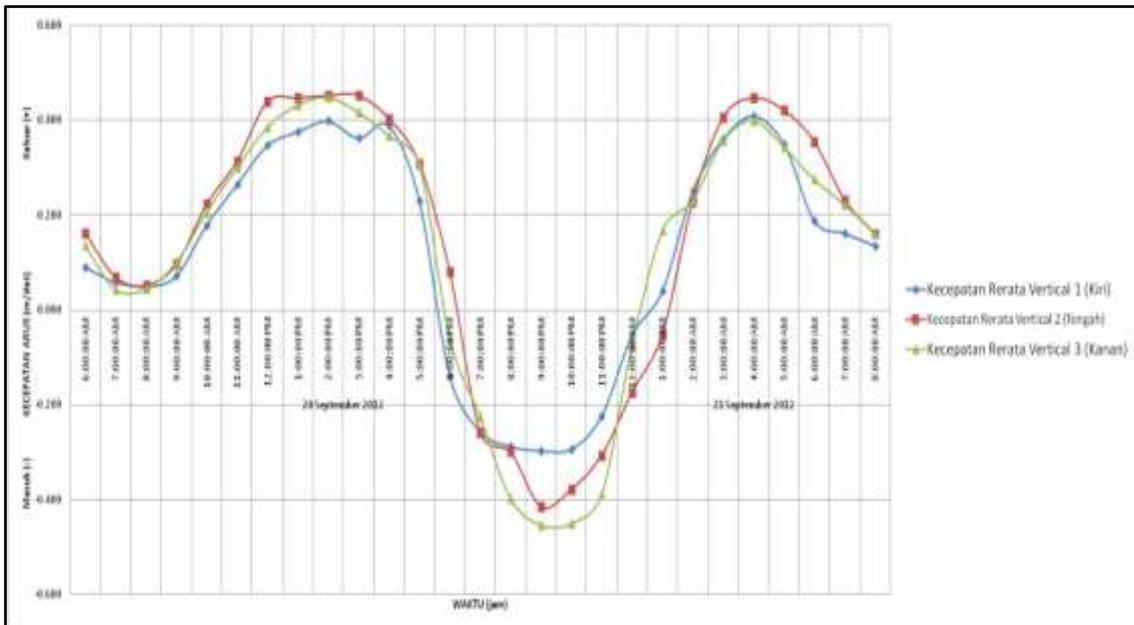
Pengukuran kecepatan di sungai Kapuas dan sungai Katingan menunjukkan bahwa kecepatan arus terbesar berada di pias kiri. Hal ini menggambarkan bahwa kecepatan arus terbesar tidak pasti berada di tengah atau kecepatan arus yang berada di pinggir lebih kecil dari yang di tengah. Kecepatan arus dipengaruhi oleh banyak hal diantaranya adalah gesekan dengan daratan, angin, kontur sungai, lokasi sungai dan juga gangguan seperti halnya gulma, sampah atau tanaman ganggang yang tumbuh di sungai. Oleh karena itu untuk memperoleh kecepatan arus rata-rata pengukuran kecepatan tidak bisa dilakukan di 1 pias penampang melintang sungai saja. Pengukuran yang benar mensyaratkan minimal di 3 pias penampang melintang sungai.



Gambar 6. Hasil pengukuran kecepatan vertikal di sungai Kapuas km.15 dari muara ketika air pasang (kiri) dan di sungai Katingan km. 5 ketika air surut (kanan)

Pengukuran kecepatan masing-masing pias ini dirata-ratakan dan diurutkan sesuai waktu pengukurannya. Aliran air yang terjadi di sungai pasang surut bersifat dua arah atau bolak balik. Oleh sebab itu untuk membedakan arah aliran digunakan tanda plus (+) untuk arus surut (ke arah muara) dan minus (-) untuk arus pasang (ke arah hulu) seperti yang terlihat pada Gambar 7. Berdasarkan gambar tersebut, air surut berlangsung selama 7 jam dari total waktu pengukuran selama 26 jam. Kecepatan arus terbesar waktu pasang adalah 0,45 m/det di pias tengah sedangkan pada waktu surut kecepatan arus terbesar adalah 0,45 m/det di pias kanan. Pola aliran yang terjadi di ketiga pias hampir sama tetapi mempunyai besaran yang berbeda.

Arus total dari suatu penampang melintang adalah jumlah dari kecepatan ketiga pias tersebut.



Gambar 7. Hasil pengukuran kecepatan arus di Mendawai, Sungai Katingan km. 30, Kalimantan Tengah tanggal 20-21 September 2012

Data hasil pengukuran muka air selama 15 hari di sungai Kapuas dapat dilihat pada Gambar 9 dibawah. Dari pengamatan yang telah dilakukan, satu pasang siklus terjadi selama 24-25 jam. Untuk mendapatkan keseluruhan satu siklus pasang, lebih baik jika pengukuran kecepatan dilakukan lebih dari waktu tersebut yaitu 27 jam. Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan program ERGTIDE yang menggunakan perhitungan nilai Formzahl yaitu 1,52, pasang surut ini masuk ke tipe campuran condong harian ganda (*Mixed Tide predominantly Semi-diurnal Tide*) (Pusat Litbang Sumber Daya Air, 2012).

Dalam perencanaan sistem tata air semisal untuk mengatasi banjir atau sistem irigasi berbasis pasang surut, umumnya dibutuhkan data yang paling ekstrim yaitu pada waktu pasang surut besar (*spring tide*) dan pasang surut kecil (*neap tide*). Spring tide adalah kondisi muka air pasang tertinggi dan muka air surut terendah (tunggang pasang terbesar) dalam periode dua minggu ketika posisi bumi, bulan dan matahari berada dalam satu garis lurus. Pada pasang tertinggi ini terdapat potensi untuk irigasi atau juga potensi bencana banjir rob. Nilai muka air tertinggi (*Highest High Water Level /HHWL*) pada waktu pasang digunakan sebagai dasar untuk menentukan seberapa luas genangan

yang akan dijangkau. Oleh karena itu pengukuran kecepatan untuk memperoleh nilai debit maksimal dan minimal sebaiknya dilakukan pada waktu pasang tertinggi (HHWL) atau surut terendah untuk mengetahui potensi sebuah aliran sungai yang mampu untuk mengirigasi sebuah lahan. Di beberapa daerah seperti di Provinsi Riau, pasang yang ada di Muara Sungai Kampar mempunyai tinggi gelombang sekitar 4 m (Deshidros, 2006). Ini disebabkan oleh adanya fenomena alam yang disebabkan oleh gelombang pasang surut yang bertemu dengan arus Sungai (S. Kampar). Kondisi muara yang berbentuk 'V' (corong) memungkinkan pertemuan kedua macam arus tersebut membangkitkan terbentuknya Bono (Yulistiyanto, 2009). Contoh fenomena bono dapat dilihat pada Gambar 8. Pengukuran sebaiknya dilakukan setelah fenomena tersebut berhenti.



Gambar 8. Foto fenomena Bono

Sumber : www.bonokampar.com

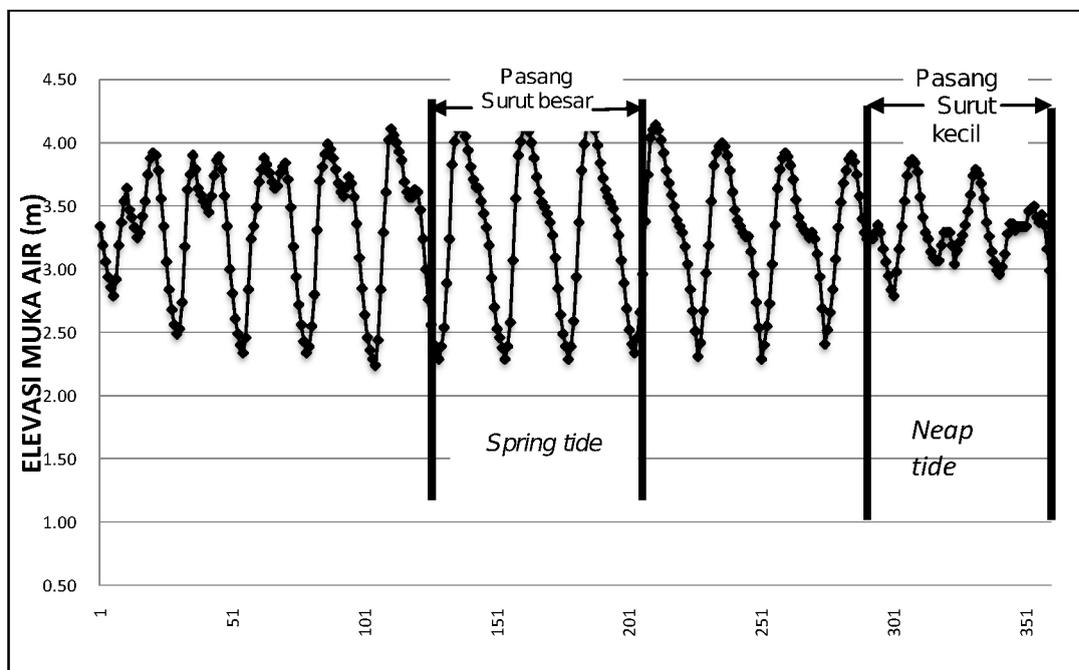
Neap tide adalah posisi muka air pasang terendah dan muka air tertinggi (tunggang pasang terkecil) dalam periode dua minggu ketika posisi bulan, bumi dan matahari dalam posisi membentuk 90° . Dengan pasang terendah ini, sistem tata air harus memperhitungkan seberapa jauh jangkauan dan lama air pasang terendah itu mampu mengairi lahan.

Berdasarkan analisa diatas, maka lama dan periode pengukuran kecepatan di sungai pasang surut harus mengikuti ketentuan yang antara lain adalah:

- a) Lama pengukuran kecepatan dilakukan selama minimal 26 jam (lebih dari 1 hari) atau melebihi 1 (satu) siklus pasang surut penuh dengan interval waktu setengah jam atau 1 jam.
- b) Pengukuran kecepatan arus dilaksanakan pada waktu pasang surut besar dan pasang surut kecil baik pada musim hujan atau musim kemarau.

Dari hasil pembahasan, kondisi hidraulik yang harus diperhatikan di lokasi pengukuran kecepatan adalah sebagai berikut:

- a) Pengukuran debit dilakukan paling sedikit pada 3 sub bagian (pias) dari satu penampang melintang basah sungai dan dilakukan secara bersamaan (pengukuran simultan) dalam periode yang sama;
- b) Daerah sungai yang dipengaruhi pasang surut;
- c) Daerah pengukuran tidak dipengaruhi arus sekunder akibat dari pergerakan benda lain (baling-baling kapal, batang pohon);
- d) Tidak terpengaruh fenomena bono/rob.



Gambar 9. Muka air di Muara Sungai Kapuas selama 15 hari

4.3 Rekomendasi

Berdasarkan analisa dan pengalaman di lapangan, ada ketentuan-ketentuan lain dalam pengukuran kecepatan di sungai pasang surut yang harus dipenuhi, maka direkomendasikan beberapa hal berikut ini.

Pertama, untuk membedakan arah aliran, dalam pencatatan pada waktu pengukuran diberikan tanda plus (+) untuk arah arus keluar ke arah muara dan tanda minus (-) untuk arah ke hulu. Penandaan seperti sangat berguna ketika data kecepatan digunakan untuk pemodelan matematik. Kedua, tidak seperti dalam SNI yang menetapkan pengukuran kecepatan arus di sungai yang mempunyai 1 arah aliran, pengukuran dalam penelitian ini tidak disarankan untuk dilakukan dari jembatan karena debit yang terukur mencapai 8.500 m³/det dapat mengakibatkan sudut kemiringan juntaian penggantung *Currentmeter* semakin besar sehingga alat tidak tegak lurus terhadap permukaan air. Titik kedalaman yang ingin diukur juga akan berubah seiring dengan derasnya aliran. Jika ini terjadi, maka hasil pengukuran tidak dapat tersaji dengan baik. Ketiga, perahu yang digunakan harus stabil ketika pengukuran. Untuk itu, perahu harus diikat ke jangkar yang sudah terkait ke dasar sungai. Ukuran perahu juga harus sesuai dengan beban orang yang naik, barang yang diangkut dan gaya akibat aliran pasang surut.

5. KESIMPULAN

Dalam melakukan pengukuran kecepatan di sungai pasang surut harus memilih lokasi yang sesuai dengan 8 persyaratan yang menyangkut kondisi titik lokasi pengukuran, aliran yang akan diukur, tidak adanya gangguan terhadap aliran air dan angkutan dalam aliran (sedimen, sampah).

Berdasarkan analisa diatas, maka lama dan periode pengukuran kecepatan di sungai pasang surut harus mengikuti ketentuan yang antara lain adalah lama pengukuran kecepatan dilakukan selama minimal 26 jam (lebih dari 1 hari) atau melebihi 1 (satu) siklus pasang surut penuh dengan interval waktu setengah jam atau 1 jam, pengukuran kecepatan arus dilaksanakan pada waktu pasang surut besar dan pasang surut kecil baik pada musim hujan atau musim kemarau.

Sedangkan kondisi hidraulik yang harus diperhatikan di lokasi pengukuran kecepatan adalah pengukuran debit dilakukan paling sedikit pada 3 sub bagian (pias)

dari satu penampang melintang basah sungai dan dilakukan secara bersamaan (pengukuran simultan) dalam periode yang sama, daerah sungai yang dipengaruhi pasang surut, daerah pengukuran tidak dipengaruhi arus sekunder akibat dari pergerakan benda lain (baling-baling kapal, batang pohon) dan juga tidak terpengaruh fenomena bono/rob.

Dalam pengukuran kecepatan direkomendasikan untuk menggunakan kapal yang stabil dan jangkar yang terikat ke dasar sungai karena besarnya debit sungai dapat membuat posisi kapal berubah dan juga mengganggu keseimbangan kapal. Dalam pencatatan, direkomendasikan untuk menggunakan diberikan tanda plus (+) untuk arah arus keluar ke arah muara dan tanda minus (-) untuk arah ke hulu. Pengukuran tidak dianjurkan dilakukan dari atas jembatan, karena mengurangi ketelitian data yang disajikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Attayaya. (2013). Proses Terjadinya Bono di Sungai Kampar Riau, Indonesia. Diakses 14 Mei 2015 dari <http://www.bonokampar.com/2013/10/proses-terjadinya-gelombang-bono-di.html>
- Balai Rawa. (2012). Laporan Akhir Survei Potensi Sungai-Sungai Besar sebagai Penunjang Daerah Rawa di Kalimantan. Banjarmasin.
- Chow, Ven Te. (2009). Open-Channel Hydraulics. The Blackburn Press.
- Deshidos. (2006). Data Pasang Surut. P3M UGM, Yogyakarta.
- Sukardi, S., Warsito, B., Kisworo, H., & Sukiyoto. (2013). River Management in Indonesia. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Yayasan Air Adhi Eka, Japan International Cooperation Agency.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. (2012). Output Survei Potensi Sungai-Sungai Besar sebagai Penunjang Daerah Rawa di Kalimantan. Balai Rawa. Banjarmasin.
- Menteri Pekerjaan Umum. (2006). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11A/PRT/M/2006 Tentang Kriteria Penetapan Wilayah Sungai, 26 Juni 2006, Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

SNI 03-2414-1991. (1991). Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung. Badan Standardisasi Nasional.

Tazioli, A. (2011). Experimental methods for river discharge measurements: comparison among tracers and currentmeter. *Hydrological Sciences Journal*, 56(7), 1314-1324.

Yulistianto, B. (2009). Fenomena Gelombang Pasang Bono di Muara Sungai Kampar. *Dinamika Teknik Sipil*, Vol. 9, No. 1, Januari 2009:19-26.

Wibisono, M. S. (2005). *Pengantar Ilmu Kelautan*. Grasindo. Jakarta: 224