



HIMPUNAN
AHLI TEKNIK HIDRAULIK
INDONESIA



Prosiding

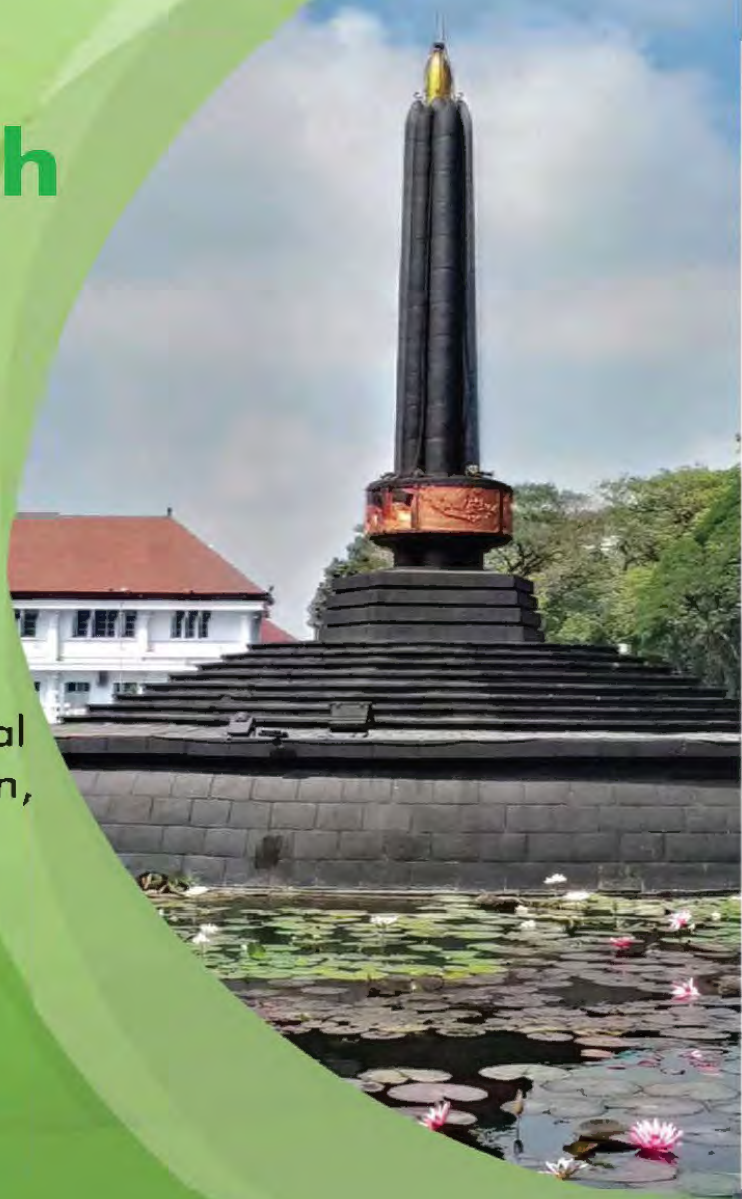
volume 1

Pertemuan Ilmiah Tahunan **PIT** **HATHI XXXII**

Malang, 6 - 8 Nopember 2015

Tema:

Meningkatkan Ketahanan Air Nasional
dalam Menunjang Kedaulatan Pangan,
Ketahanan Energi
dan Pengembangan Kemaritiman



Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATHI XXXII

Malang, 6-8 Nopember 2015

Volume 1

625 halaman, xii, 21cm x 30cm

2014

Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI),

Indonesian Association of Hydraulic Engineers

Sekretariat, Gedung Dit. Jend. SDA Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Lantai 8, Jl. Pattimura 20, Kebayoran Baru

Jakarta 12110 - Indonesia

Telepon/Fax. +62-21 7279 2263

<http://www.hathi-pusat.org>

email: hathi_pusat@yahoo.com

Review & Editor:

Prof. Dr. Ir. Sri Harto, Br., Dip., H., PU-SDA

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc., PU-SDA

Dr. Ir. Moch. Amron, M.Sc., PU-SDA

Dr. Ir. Lily Montarich Limantara, M.Sc.

Doddi Yudianto, ST., M.Sc., Ph.D.

ISBN : 978-979-98805-8-1

SAMBUTAN



Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XXXII HATHI dengan tema “Meningkatkan Ketahanan Air Nasional dalam Menunjang Kedaulatan Pangan, Ketahanan Energi dan Pengembangan Kemaritiman” telah terselenggara dengan baik dan dihadiri oleh para ahli dan profesional dari seluruh Indonesia, pada tanggal 6-8 November 2015 di Malang.

Diskusi dan presentasi Pertemuan Ilmiah Tahunan ini membahas tentang inovasi teknik hidraulik untuk menunjang ketahanan air, optimalisasi teknologi penunjang kebutuhan pangan, teknologi energi berbasis sumber daya air, serta penerapan teknologi pada infrastruktur kemaritiman.

Saya berharap, seluruh presentasi dan diskusi Pertemuan Ilmiah Tahunan ini dapat memberikan kontribusi dalam bentuk konsep, strategi, pembelajaran, dan berbagi pengalaman mengenai Pengelolaan Sumber Daya Air, terutama dalam meningkatkan ketahanan air nasional.

Saya ucapkan terima kasih kepada panitia, para penulis, senior dan semua anggota HATHI atas dukungannya dalam pelaksanaan PIT XXXII HATHI tahun ini. Semoga Allah merahmati kita semua. Aamiin.

Malang, November 2015

A handwritten signature in blue ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke at the end.

Ir. Mudjiadi, M.Sc.
Ketua Umum HATHI

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, Pengurus HATHI Cabang Malang dan Panitia Pelaksana Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XXXII HATHI tahun 2015 menyampaikan selamat atas terbitnya Prosiding PIT HATHI ke 32.

Publikasi karya ilmiah ini merupakan hasil kegiatan PIT ke 32 dengan tema: “Meningkatkan Ketahanan Air Nasional dalam Menunjang Kedaulatan Pangan, Ketahanan Energi dan Pengembangan Kemaritiman” yang diselenggarakan di Malang pada tanggal 6-8 November 2015.

Pertemuan Ilmiah Tahunan ini telah menjadi ajang pertemuan, pembahasan, dan penyebarluasan ilmu pengetahuan dan wawasan guna meningkatkan profesionalisme bagi praktisi, akademisi, peneliti dan pengambil keputusan, khususnya anggota HATHI. Disamping menjadi dokumentasi karya ilmiah PIT ke 32, prosiding ini diharapkan juga dapat bermanfaat sebagai referensi dalam pengembangan keilmuan dan profesionalisme di bidang Sumber Daya Air.

Kami merasa bahwa dalam hal penerbitan prosiding ini masih terdapat beberapa ketidak sempurnaan, oleh karena itu, kami menyampaikan permohonan maaf dan mengharapkan masukan yang konstruktif dimana tentunya akan sangat membantu dalam rangka perbaikan penyusunan dan penulisan di kemudian hari.

Kami ucapkan selamat bagi para penulis atas karya ilmiahnya yang telah berhasil diterbitkan dalam prosiding ini.

Malang, November 2015

HATHI Cabang Malang

Ir. Ulie Mospar Dewanto, MT., PMA-SDA
Ketua Cabang

Dr. Ir.Pitojo Tri Juwono, MT.
Ketua Panitia Pelaksana PIT XXXII

DAFTAR ISI

Sub Tema 1 : Inovasi Teknik Hidraulik untuk Menunjang Ketahanan Air

1. Dampak Pengendalian Air Dalam Rangka Mengurangi Kecepatan Laju Subsiden Dan Besaran Emisi Karbon Pada Lahan Gambut Dangkal.....	1
<i>L. Budi Triadi, dan Maruddin F. Marpaung</i>	
2. Studi Konservasi Sumber Daya Air Rawa Biru Untuk Mendukung Ketahanan Air Kota Merauke	12
<i>Happy Mulya</i>	
3. Peningkatan Kadar Oksigen dalam Aliran pada Saluran Bertangga terhadap Pelestarian Lingkungan Hidup	22
<i>Denik Sri Krisnayanti, Soehardjono, Very Dermawan, dan Mochamad Sholichin</i>	
4. Optimalisasi Fungsi Rubberdam Jeneberang	30
<i>Agus Setiawan, Hariyono Utomo, Subandi, Pandu Suryo Ageng, Rita T. Lopa, dan Parno</i>	
5. Pengenalan Pompa Aksial Horizontal sebagai Sarana Percepatan Aliran.....	39
<i>Isdiyana, dan Novianingrum Ekarina Sudaryanto</i>	
6. Studi Potensi Pemanfaatan Beton Pracetak Sistem Cetak Kering (Dry Cast) Sebagai Alternatif Material Saluran Irigasi/Drainase	49
<i>I Wayan Suparta, Nadjadji Anwar, dan Umboro Lasminto</i>	
7. Peningkatan Laju Infiltrasi dengan Memanfaatkan Sampah Organik Melalui Sistem Biopori	58
<i>Henny Herawati, dan Murti Juliandari</i>	
8. Pengembangan Teknologi Biogas Pedesaan Untuk Mengurangi Kerusakan Hutan dan Pencemaran Sumber Air	66
<i>Runi Asmaranto, Denny Widhiyanuriyawan, dan Sugiharto</i>	
9. Perencanaan Operasi Waduk dengan Pendekatan Dinamika Sistem	76
<i>Radhika, dan Waluyo Hatmoko</i>	
10. Pengelompokan Wilayah Sungai di Indonesia dengan Analisis Komponen Utama.....	85
<i>Waluyo Hatmoko, Radhika, Bayu Purnama, Rendy Firmansyah, dan Anthon Fathoni</i>	
11. Kajian Geologi Penyebab Kebocoran Bendungan Setu Patok di Kabupaten Cirebon	95
<i>Aris Kuswarjanto, dan Ainul Fatayaatis Salaamah</i>	
12. Pola Intrusi Air Laut Di Pantai Selatan Kabupaten Jember	105
<i>Sri Wahyuni, Didit Setyo Iswoko, dan Purnomo Sidy</i>	
13. Konstruksi Bangunan Pelindung Tepi Tikungan Sungai Indragiri Kabupaten Indragiri Hulu - Riau	117
<i>Ivan Indrawan</i>	

14. Pengaruh Media Berlapis Terhadap Kinerja Filter Beton.....	124
<i>Budi Kamulyan, Fatchan Nurrochmad, Radiana Triatmadja dan Sunjoto</i>	
15. Kajian Hubungan Antara Model Tampunguan Air dengan Karakteristik Daerah Aliran Sungai: Studi Kasus DAS Bengawan Solo.....	132
<i>Yunitta Chandra Sari, dan Nindy Cahyo Kresnanto</i>	
16. Jakarta Land Subsidence: for Integrated Surface and Groundwater Management.....	139
<i>Kunihiro Moriyasu</i>	
17. An Examination Of GPS Measuring Applicability For External Deformation Measurement Of Rockfill DAM.....	151
<i>Hideki Soda, Nobuteru Sato, and Naoki Tomida</i>	
18. Pemilihan Pola Distribusi Hujan Hipotetik Sebagai Masukan Model Hidrograf Satuan di Sungai.....	160
<i>I Gede Tunas, Nadjadji Anwar, dan Umboro Lasminto</i>	
19. Embung Long Storage River Mouth Selayar.....	171
<i>Subandi, M. Hasbi, M. Taufan, Natsir Ali, dan Agung Suseno</i>	
20. Memahami Karakteristik DAS Batang Anai dan DAS Siak dengan Pemodelan Hidrologi GIS.....	181
<i>Nurhamidah, Saidul Afkar, Bambang Istijono, dan Ahmad Junaidi</i>	
21. Pemodelan Periodik Stokastik Debit Sungai Seputih Segalamider dari PDA 138 Kabupaten Lampung Tengah Provinsi Lampung.....	191
<i>Eka Kurniawan, dan Ahmad Zakaria</i>	
22. Studi Kecenderungan Perubahan Tinggi Curah Hujan Terhadap Kejadian Banjir DKI Jakarta.....	202
<i>Steven Reinaldo Rusli, dan Doddi Yudianto</i>	
23. Analisis Pemilihan Metode Regresi Untuk Optimasi Model Tinggi Curah Hujan Dengan Pelbagai Periode Ulang.....	212
<i>Stephen Sanjaya, dan Steven Reinaldo Rusli</i>	
24. Model Hujan-Aliran pada DAS Perkotaan.....	221
<i>Edy Susilo, Suripin, dan Suharyanto</i>	
25. Kajian Analisis Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan Terhadap Pengelolaan Sistem Informasi Sumber Daya Air di Wilyah Sungai Jratunseluna.....	231
<i>H.G.Mawandha, dan Rachmad Jayadi</i>	
26. Pengendalian Run-Off Dengan Sumur Jebakan Dalam Skala Kecil.....	241
<i>Susilawati, Yohanes Bere, Marianus Angkasawan, Dave Ratu, Herson Kase, Jardy Boesday, Marianus Molo, dan Fergilius E. Sakunab</i>	
27. Hubungan ENSO Dengan Curah Hujan Di DAS Mahakam.....	250
<i>Mislan, Hj. Asniah, dan H. Rudi Yunanto</i>	
28. Perbandingan Beberapa Model Fungsi Tampunguan Untuk Prediksi Hidrograf Limpasan.....	258
<i>Ery Setiawan, Fatchan Nurrochmad, Joko Sujono, dan Rachmad Jayadi</i>	
29. Studi Kerentanan Polusi Air Tanah Dangkal Berbasis SIG dengan Metode Sintacs.....	268
<i>Donny Harisuseno, Runi Asmaranto, dan Rizky Nur Fitri</i>	

30. Alokasi Air Real-Time.....	279
<i>Anang M. Farriansyah, Galuh Rizqi Novelia, dan Budi Husnan</i>	
31. Pengaruh Variasi Debit Banjir Pada Sungai Bermeander: Studi Kasus Sungai Bedadung, Jember	288
<i>Wiwik Yunarni, Sri Wahyuni, Entin Hidayah, dan Dian Sisinggih</i>	
32. Penerapan Metode Regionalisasi Dalam Analisis Hidrologi Das Way Semaka Untuk Pembuatan Flow Duration Curve.....	298
<i>Dwi Joko Winarno, dan John Sianipar</i>	
33. Pengaruh Sudut dan Jari-Jari Tikungan Terhadap Konsentrasi Aliran Sedimen Suspensi Arah Transversal: Studi Kasus Pada Saluran Irigasi Mataram	308
<i>Chairul Muharis</i>	
34. Model Tangki untuk Estimasi Produksi Erosi Permukaan pada DAS Kali Kreo	315
<i>Tedjo Mulyono, Suharyanto, dan Djoko Legono</i>	
35. Indikasi Pengaruh Potensi Pembentukan Asam di Dalam Tanah pada Laju Sedimentasi.....	327
<i>Agung Febrianto, Ibadi Zalfatirsa, dan Santosa</i>	
36. Kajian Awal Pengembangan Alat Pemantauan Gerusan Lokal Di Sekitar Pilar Jembatan.....	336
<i>Asep Sulaeman, Tauvan Ari Paraja, Rahmat Suria Lubis, dan Ibnu Supriyanto</i>	
37. Model Analitik Dinamika Respon Pelepasan Air terhadap Pola Sedimentasi Waduk Wonogiri	346
<i>Dyah Ari Wulandari, Djoko Legono, dan Suseno Darsono</i>	
38. Analisis Angkutan Sedimen Pada Sungai Bah Bolon Kabupaten Simalungun Sumatera Utara	356
<i>Rian Mantasa Salve P., RR. Rintis Hadiani, dan Suyanto</i>	
39. Pencocokan Peta Erosi yang Dibangun Menggunakan Pendekatan Logika Fuzzy.....	364
<i>Manyuk Fauzi, Imam Suprayogi, dan Eko Riyawan</i>	
40. Kajian Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen Suspensi Sebagai Dasar untuk Penentuan Debit Sedimen Suspensi Pada Saluran Tampang Trapeسيوم	374
<i>Bambang Agus Kironoto, Bambang Yulistiyanto, dan Nashrullah Chatib Sjarbainy</i>	
41. Pengerukan Sedimen Waduk Buang Hilir Guna Menunjang Pengelolaan Sedimen yang Berkelanjutan di Waduk Selorejo.....	384
<i>Aris Yhadianto, Fahmi Hidayat, Djoko Legono, Adi Santoso, dan Syamsul Bachri</i>	
42. Rekayasa Ekohidrolika Untuk Mengurangi Erosi Tebing Dan Meningkatkan Habitat Ikan.....	392
<i>Bayu Candra Himawan, Hermien Indraswari, Inni Dian Rohani, dan Daru Setyorini</i>	

43. Erosi Lahan Di Das Air Anak (Bagian Hulu Way Besai) Dan Dampaknya Pada Sedimentasi Reservoir Area Plta Way Besai	404
<i>Dyah Indriana Kusumastuti, Yudha Mediawan , dan Eka Kurniawan</i>	
44. Evaluation of Residual Pore Water Pressure of Reservoir Landslides And Its Application to Takizawa Dam	413
<i>Takeyoshi Sadahiro, and Keiichirou Sakamoto</i>	
45. Kajian Implementasi Sabodam Dengan Fungsi Pengambilan Air Di Way Karlutu, Pulau Seram, Maluku	422
<i>Dyah Ayu Puspitosari, F. Tata Yunita, dan Ika Prinadiastari</i>	
46. Model Multi Kriteria Guna Analisis Pemilihan Sistim Pembawa Air Baku.	430
<i>Suseno Darsono, Bobby Prabowo, dan Heny Krisyani</i>	
47. Kajian Prioritas Daerah Layanan Untuk Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Kabupaten Pidie-Provinsi Aceh	438
<i>Azmeri, Eldina Fatimah, dan Sri Hartati</i>	
48. Desain Sistem Jaringan Dan Distribusi Air Bersih Pedesaan Studi Kasus Kelurahan Tinoor	448
<i>Tiny Mananoma, Lambertus Tanudjaja, dan Liany A. Hendratta</i>	
49. Analisis Pengaruh Intersepsi Lahan Kelapa Sawit terhadap Ketersediaan Air Sungai pada Sub DAS Bendung Jeuram Kabupaten Nagan Raya	455
<i>Meylis, Alfiansyah Yulianur, dan Azmeri</i>	
50. Optimalisasi Pemanfaatan Air D.I. Delta Brantas Guna Peningkatan Penyediaan Air Besih di Kabupaten Sidoarjo.....	466
<i>Mona Shinta Safitri dan Nadjadji Anwar</i>	
51. Kajian Sistem Operasional Intake PDAM Kota Samarinda Saat Intrusi Air Laut Sungai Mahakam	477
<i>Alimudin dan Hasyim Saleh Daulay</i>	
52. Pemanfaatan Sistem Cluster dalam Upaya Penyediaan Air Baku pada Kawasan Industri	487
<i>Obaja Triputera Wijaya, Doddi Yudianto, dan Yiqing Guan</i>	
53. Studi Pemanfaatan Embung Haekrit dalam Rangka Pemenuhan Kebutuhan Air Baku di Kabupaten Belu	494
<i>Isak Mesah</i>	
54. Inovasi Prasarana SDA Pada Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (Spam) Regional Jatiluhur	502
<i>Harry M Sungguh, Anton Mardiyono, dan Udien Yulianto</i>	
55. Kebutuhan Penutupan Bangunan dalam Perhitungan Konservasi Air di Daerah Urban	514
<i>Sunjoto</i>	
56. Sumber Air Berkelanjutan: Greywater dan Air Hujan.....	521
<i>Siti Qomariyah, Sobriyah, dan Sudarto</i>	

57. Efektifitas Pintu Polder Sebagai Alternatif Pengendali Banjir Pada Das Sempaja Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur	529
<i>SSN. Banjarsanti, Suminah, dan Kalpin Noor</i>	
58. Upaya Pengendalian Banjir Citarum Hulu.....	540
<i>Dwi Aryani Semadhi, dan Winskayati</i>	
59. Pemetaan Indeks Kerusakan Sistem Drainase Sungai Batang Kuranji Dan Kanal Banjir.....	548
<i>Jufrinal, Mefri Hengky, Junaidi, dan Mas Mera</i>	
60. Sistem Penanganan Banjir Sungai Mati di Kota Denpasar.....	557
<i>I Gst. Lanang Made Parwita, Made Mudhina, Ketut Wiwin Andayani, dan I Nyoman Sedana Triadi</i>	
61. Investigasi Potensi Banjir Bandang DAS Kuranji Kota Padang dengan Metode Simulasi dan Data Satelit.....	567
<i>Revalin Herdianto, Aguskamar, dan Dalrino</i>	
62. Sumur Resapan Sebagai Upaya Penanggulangan Banjir Dan Konservasi Air Tanah Di Perumahan: Studi Kasus Perumahan Di Kabupaten Jember...	575
<i>Eka Desy, Dendy Hendra S, Angga Dana KW, Sri Wahyuni, Entin Hidayah, dan Wiwik Yunarni Widiarti</i>	
63. Perubahan Perkiraan Debit Kala Ulang Disebabkan Perubahan Penggunaan Lahan di Sub DAS Kampar Kiri.....	585
<i>Bambang Sujatmoko, Sigit Sutikno, dan Firdaus</i>	
64. Pemetaan Daerah Potensi Pemasok Banjir Berdasarkan Laju Infiltrasi dan Intensitas Hujan di Sub DAS Tenggara Kabupaten Bondowoso	596
<i>Andiani Herlina, Wiwik Yunarni Widiarti, Sri Wahyuni, dan Entin Hidayah</i>	
65. Kajian Perubahan Genangan Banjir Di Kota Semarang.....	606
<i>Suripin, Ratih Pujiastuti</i>	
66. Pola Pusaran Pada Penyempitan Aliran Melalui Terowongan : Gagasan Mitigasi Banjir Dengan Terowongan Multiguna	616
<i>Ani Hairani, Djoko Legono, dan Adam Pamudji Rahardjo</i>	
67. Aplikasi Metode L-Moment Untuk Analisis Banjir Regional 10 DAS Wilayah Sungai Batanghari.....	625
<i>Siti Umi Kalsum</i>	
68. Studi Persepsi Masyarakat terhadap Kejadian Banjir di Kawasan Air Pacah Kota Padang.....	634
<i>Taufika Ophiyandri, Bambang Istijono, An Nisa, Ali Mukhni, Syafri Daus, dan Rahmad Yuhendra</i>	
69. Studi Pengoptimalan Luas Kolam Tampungan pada Penanganan Banjir yang Dipengaruhi Pasang Surut	645
<i>Tamrin Muhammad Zuraini Ikhsan dan Habir</i>	
70. Flood Control for Typhoon 18 At The Yodo River System in 2013	654
<i>Masayuki Kanmuri, Hiroshi Morita, Masayuki Kitamaki, Hideshi Takezawa, Tahiro Aoyama, and Hirohisa Miura</i>	

PEMODELAN PERIODIK STOKASTIK DEBIT SUNGAI SEPUTIH SEGALA MIDER DARI PDA 138 KABUPATEN LAMPUNG TENGAH PROFINSI LAMPUNG

Eka Kurniawan¹, Ahmad Zakaria²

¹Balai Besar Wilayah Mesuji Sekampung Profinsi Lampung.

Surel: sikan250864@gmail.com

²Laboratorium Hidrolika dan Mekanika Fluida, Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Surel: ahmad.zakaria@eng.unila.ac.id

Intisari

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari model periodik stokastik debit air harian sungai Seputih Segala Mider dari Pos Duga Air (PDA) 138, Kabupaten Lampung Tengah Profinsi Lampung. Studi ini dilakukan dengan menggunakan data debit harian sungai Seputih Segala Mider dengan panjang 1 tahun (2011) dari PDA 138 Kabupaten Lampung Tengah Profinsi Lampung. Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan panjang data 512 hari. Dengan mengaplikasikan FFT dihasilkan 253 frekuensi debit harian. Dengan menggunakan 253 frekuensi dan dengan menggunakan persamaan Fourier dan metode kuadrat terkecil, dapat dihasilkan model periodik debit aliran sungai. Selisih debit terukur dan model periodik merupakan residu, dengan menggunakan model autoregressif order 3, residu ini dimodelkan sebagai model stokastik. Dari hasil penelitian ini didapat bahwa model periodik debit harian sungai Seputih Segala Mider yang dihasilkan mempunyai korelasi sebesar 0,6995 sedangkan koefisien korelasi model periodik stokastik debit aliran yang dihasilkan dapat mencapai 0,99895.

Kata Kunci: FFT, persamaan Fourier, autoregressif, debit aliran.

LATAR BELAKANG

Untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, informasi mengenai debit aliran sungai dalam hubungannya dengan waktu sangat diperlukan. Untuk membuktikan satu seri pencatatan dari data debit adalah sangat sulit, sehingga terkadang untuk meramal atau menambah data pencatatan debit aliran sungai, pembuatan simulasi data debit sintetik diperlukan. Berbagai metode sudah dikembangkan oleh para peneliti dalam bidang teknik dan sains untuk membuktikan informasi ini. Paling banyak dipergunakan metode yang sekarang sudah ada adalah metode deterministik dan metode stokastik, Kotegoda (1980). Ketika metode yang terdahulu tidak dapat membuktikan pengaruh acak dari parameter data input, metode yang terakhir mengaplikasikan konsep dari probabilitas, dimana karakteristik hujan berdasarkan waktu diabaikan, dan perhitungan ini hanya akan menguntungkan bila data yang diolah cukup panjang. Akan tetapi metode ini tidak

banyak lagi dipergunakan karena metode ini tidak cukup untuk menjawab permasalahan yang ada.

Di sungai, sifat debit aliran yang disebabkan dari hujan adalah periodik dan stokastik, sebab hujan dipengaruhi oleh parameter-parameter iklim seperti suhu udara, arah angin, kelembaban udara dan lain sebagainya, yang juga bersifat periodik dan stokastik. Parameter-parameter ini ditransfer menjadi komponen hujan yang kemudian berubah menjadi debit aliran sungai yang bersifat periodik dan stokastik. Selanjutnya curah hujan dan debit dapat dihitung untuk menentukan keduanya, komponen periodik dan komponen stokastik. Menentukan semua faktor yang diketahui dan diasumsikan bahwa hujan dan debit adalah sebagai sebuah fungsi dari variasi periodik dan stokastik dari iklim. Selanjutnya analisis periodik dan stokastik debit aliran sungai seri waktu akan menghasilkan sebuah model yang akan menghitung bagian periodik dan stokastik dan juga dapat dipergunakan untuk meramal variasi debit aliran sungai harian di waktu yang akan datang.

Selama beberapa tahun, beberapa peneliti sudah melakukan penelitian berkenaan dengan pemodelan periodik dan stokastik dari data seri waktu curah hujan, diantaranya adalah Rizalihadi (2002), Bhakar (2006), Zakaria (2008), Zakaria (2010a, 2010b).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan model periodik dan stokastik debit aliran sungai harian sintetik dari PDA 138 Way Seputih - Segalamider. Dengan model periodik dan stokastik ini, dapat dilakukan simulasi debit aliran sungai harian sintetik yang lebih akurat dari pada simulasi yang hanya mempergunakan model periodik saja. Model ini bisa dipergunakan untuk menghasilkan data debit sintetik yang sangat akurat dan realistis dipergunakan untuk perencanaan irigasi atau proyek sumber daya air di masa yang akan datang untuk daerah Way Seputih - Segalamider.

Latar Belakang dilakukannya penelitian ini adalah untuk dapat mensimulasikan atau membuat data debit sintetik berdasarkan data debit aliran sungai harian.

KAJIAN PUSTAKA

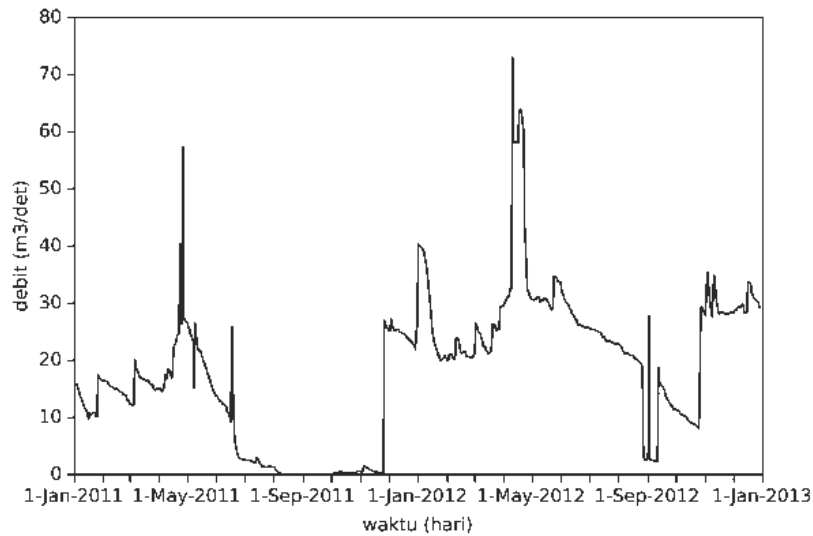
Wilayah Studi

Wilayah studi dari penelitian ini adalah daerah Way Seputih - Segalamider. Daerah ini merupakan salah satu daerah di Kabupaten Lampung Tengah, provinsi Lampung, Indonesia.

Data Debit Sungai

Data debit harian dari daerah Way Seputih – Segalamider diambil dari Balai Besar

Wilayah Mesuji Sekampung Profinsi Lampung. Data debit yang dipergunakan untuk studi ini adalah data debit yang didapat dari PDA 138 dari tahun 2011 – tahun 2012 dengan panjang 512 hari. Data debit ini dipresentasikan sebagaimana Gambar 1. berikut,



Gambar 1. Debit sungai harian Way Seputih – Segalamider (PDA 138).

Pendekatan Matematika

Prosedur matematika yang diambil untuk memformulasikan model yang diprediksi akan didiskusikan selanjutnya. Tujuan yang paling prinsip dari analisis ini adalah untuk menentukan model yang realistis untuk menghitung dan menguraikan data debit seri waktu menjadi berbagai komponen frekuensi, amplitudo, dan fase hujan yang bervariasi.

Secara umum, data seri waktu dapat diuraikan menjadi komponen deterministik, yang mana ini dapat dirumuskan menjadi nilai nilai yang berupa komponen yang merupakan solusi eksak dan komponen yang bersifat stokastik, yang mana nilai ini selalu dipresentasikan sebagai suatu fungsi yang terdiri dari beberapa fungsi data seri waktu. Data seri waktu $X(t)$, dipresentasikan sebagai suatu model yang terdiri dari beberapa fungsi sebagai berikut: (Rizalihadi, 2002; Bhakar dkk, 2006; dan Zakaria, 2008, 2010a, 2010b),

$$X(t) = T(t) + P(t) + S(t) \dots\dots\dots(1)$$

- dimana,
- $T(t)$ = komponen trend, $t = 1, 2, 3, \dots, N$
- $P(t)$ = komponen periodik
- $S(t)$ = komponen stokastik

Komponen trend menggambarkan perubahan panjang dari pencatatan data debit yang panjang selama pencatatan data dari pos duga air (PDA) dan dengan

mengabaikan komponen fluktuasi dengan durasi pendek. Didalam penelitian ini, untuk data debit yang dipergunakan diperkirakan tidak memiliki trend. Sehingga persamaan ini dapat dipresentasikan sebagai berikut,

$$X(t) \approx P(t) + S(t) \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan (2) adalah persamaan pendekatan untuk mensimulasikan model periodik dan stokastik dari data debit harian aliran sungai Way Seputih.

Metode Spektral

Metode spektrum merupakan salah satu metode transformasi yang umumnya dipergunakan didalam banyak aplikasi. Metode ini dapat dipresentasikan sebagai persamaan Transformasi Fourier sebagai berikut, (Zakaria, 2003, 2008, 2010a, 2010b):

$$P(f_m) = \frac{\Delta t}{2\sqrt{\pi}} \sum_{n=-N/2}^{n=N/2} P(t_n) \cdot e^{\frac{-2 \cdot \pi \cdot i}{M} \cdot m \cdot n} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana $P(t_n)$ adalah data seri debit aliran sungai dalam domain waktu dan $P(f_m)$ adalah data seri debit aliran sungai dalam domain frekuensi. t_n adalah variabel seri dari waktu yang mempresentasikan panjang data ke N , f_m variabel seri dari frekuensi.

Berdasarkan pada frekuensi debit aliran sungai yang dihasilkan dari Persamaan (3), amplitudo sebagai fungsi dari frekuensi debit aliran dapat dihasilkan. Amplitudo maksimum dapat ditentukan dari amplitudo yang dihasilkan sebagai amplitudo signifikan. Frekuensi debit aliran sungai dari amplitudo yang signifikan digunakan untuk mensimulasikan debit aliran sintetik atau buatan yang diasumsikan sebagai frekuensi debit aliran yang signifikan. Frekuensi debit aliran signifikan yang dihasilkan didalam studi ini dipergunakan untuk menghitung frekuensi sudut dan menentukan komponen periodik debit aliran dengan menggunakan Persamaan (3).

Komponen Periodik

Komponen periodik $P(t)$ berkenaan dengan suatu perpindahan yang berosilasi untuk suatu interval tertentu (Kottegoda, 1980). Keberadaan $P(t)$ diidentifikasi dengan menggunakan metode Transformasi Fourier. Bagian yang berosilasi menunjukkan keberadaan $P(t)$, dengan menggunakan periode P , beberapa periode puncak dapat diestimasi dengan menggunakan analisis Fourier. Frekuensi frekuensi yang didapat dari metode spektral secara jelas menunjukkan adanya variasi yang bersifat periodik. Komponen periodik $P(f_m)$ dapat juga ditulis dalam bentuk frekuensi sudut (ω_r) . Selanjutnya dapat diekspresikan sebuah persamaan dalam bentuk Fourier sebagai berikut, (Rizalihadi, 2002; Bhakar dkk, 2006; Zakaria, 2008, 2010a, 2010b):

$$\hat{P}(t) = S_o + \sum_{r=1}^{r=k} A_r \sin(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{r=k} B_r \cos(\omega_r \cdot t) \dots\dots\dots(4)$$

Persamaan (4) dapat disusun menjadi persamaan sebagai berikut,

$$\hat{P}(t) = \sum_{r=1}^{r=k+1} A_r \sin(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{r=k} B_r \cos(\omega_r \cdot t) \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

- $P(t)$ = komponen periodik.
- $\hat{P}(t)$ = model dari komponen periodik.
- P_0 = A_{k+1} = rerata debit aliran (mm).
- ω_r = frekuensi sudut (radian).
- t = waktu (hari).
- A_r, B_r = koefisien komponen Fourier.
- k = jumlah komponen signifikan.

Komponen Stokastik

Komponen Stokastik dibentuk oleh nilai yang bersifat random yang tidak dapat dihitung secara tepat. Stokastik model, dalam bentuk model autoregresif dapat ditulis sebagai fungsi matematika sebagai berikut (Rizalihadi, 2002; Bhakar dkk, 2006; Zakaria, 2010b),

$$S(t) = \varepsilon + \sum_{k=1}^p b_k \cdot S(t-k) \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan (6) dapat diuraikan menjadi,

$$S(t) = \varepsilon + b_1 \cdot S(t-1) + b_2 \cdot S(t-2) + \dots + b_p \cdot S(t-p) \dots\dots\dots(7)$$

dimana,

- b_r = parameter model autoregressif.
- ε = konstanta bilangan random
- $r = 1, 2, 3, 4, \dots, p$ = order komponen stokastik

Untuk mendapatkan parameter model dan konstanta bilangan random dari model stokastik di atas dapat dipergunakan metode kuadrat terkecil (*least squares method*).

Metode Kuadrat Terkecil (*Least Squares Method*)

Analisis komponen periodik

Didalam metode pendekatan curvanya, sebagai suatu solusi pendekatan dari komponen-komponen periodik $P(t)$, dan untuk menentukan fungsi $\hat{P}(t)$ dari Persamaan (5), sebuah prosedur yang dipergunakan untuk mendapatkan model komponen periodik tersebut adalah metode kuadrat terkecil (*Least squares method*). Dari Persamaan (5) dapat dihitung jumlah dari kuadrat error antara data dan model periodik (Zakaria, 2008, 2010a, 2010b) sebagai berikut,

$$\text{Jumlah Kuadrat Error} = J = \sum_{t=1}^{t=m} [P(t) - \hat{P}(t)]^2 \dots\dots\dots(8)$$

Dimana J adalah jumlah kuadrat error yang nilainya tergantung pada nilai A_r dan B_r . Selanjutnya koefisien J hanya dapat menjadi minimum bila memenuhi persamaan sebagai berikut,

$$\frac{\partial J}{\partial A_r} = \frac{\partial J}{\partial B_r} = 0 \text{ dengan } r = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, k \dots\dots\dots(9)$$

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, didapat komponen Fourier A_r dan B_r . Berdasarkan koefisien Fourier ini dapat dihasilkan persamaan sebagai berikut,

a. debit aliran rerata,

$$P_o = A_{k+1} \dots\dots\dots(10)$$

b. amplitudo dari komponen harmonik,

$$C_r = \sqrt{A_r^2 + B_r^2} \dots\dots\dots(11)$$

c. Fase dari komponen harmonik,

$$\phi_r = \arctan\left(\frac{B_r}{A_r}\right) \dots\dots\dots(12)$$

Rerata dari debit aliran, amplitudo dan Fase dari komponen harmonik dapat dimasukkan kedalam sebuah persamaan sebagai berikut,

$$\hat{P}(t) = S_o + \sum_{r=1}^{r=k} C_r \cdot \text{Cos}(\omega_r \cdot t - \phi_r) \dots\dots\dots(13)$$

Persamaan (13) adalah model periodik dari debit aliran sungai harian, dimana yang didapat berdasarkan data debit aliran sungai harian dari PDA 138 Way Seputih - Segalamider.

Analisis komponen stokastik

Berdasarkan hasil simulasi yang didapat dari model periodik debit aliran sungai harian, dapat dihitung komponen stokastik debit aliran. Komponen stokastik merupakan selisih antara data debit aliran dengan hasil simulasi debit aliran yang didapat dari model periodik. Selisih antara seri data debit aliran dan model periodik debit aliran yang didapat merupakan seri stokastik, yang dapat dipresentasikan sebagai berikut,

$$S(t) \approx X(t) - P(t) \dots\dots\dots(14)$$

Persamaan (14) dapat diselesaikan dengan menggunakan cara yang sama dengan cara yang dipergunakan untuk mendapatkan komponen periodik seri debit aliran. Mengikuti persamaan (8), untuk model stokastik dapat disusun menjadi seperti persamaan sebagai berikut (Zakaria, 2010b),

$$\text{Jumlah Kuadrat Error} = J = \sum_{t=1}^{t=m} \{S(t) - \hat{S}(t)\}^2 \dots\dots\dots(15)$$

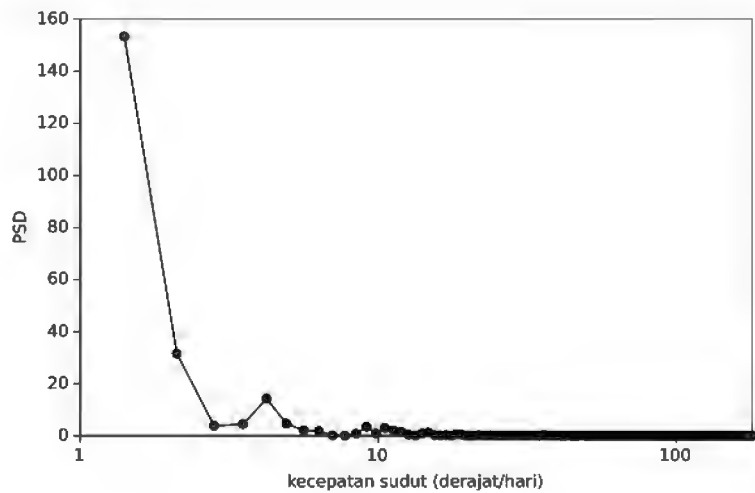
Dimana J adalah jumlah kuadrat error yang nilainya tergantung pada nilai ε dan b_r . Dimana koefisien J hanya dapat menjadi minimum bila memenuhi persamaan sebagai berikut,

$$\frac{\partial J}{\partial \varepsilon} = \frac{\partial J}{\partial b_r} = 0 \quad \text{dengan } r = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, p \quad \dots\dots\dots(16)$$

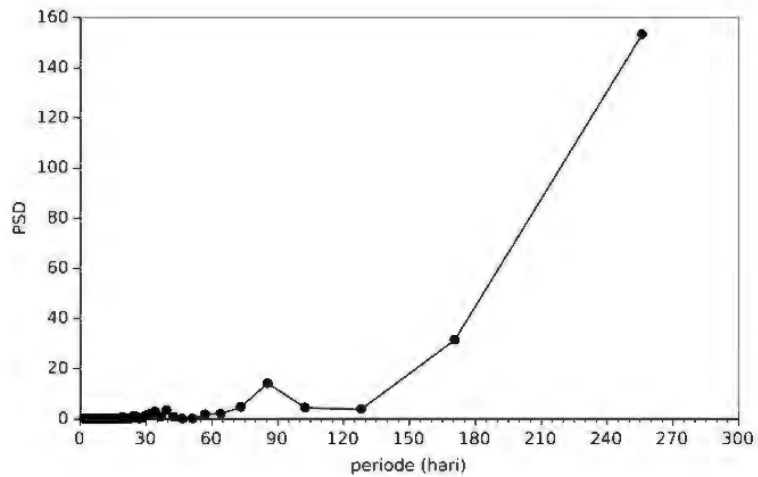
Selanjutnya, dengan menggunakan persamaan (16) parameter stokastik ε dan b_r dari data debit aliran dapat dihitung.

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

Dari hasil studi/analysis model sintetik debit aliran sungai harian ini didapat hasil sebagaimana dipresentasikan dalam Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8 sebagai berikut,

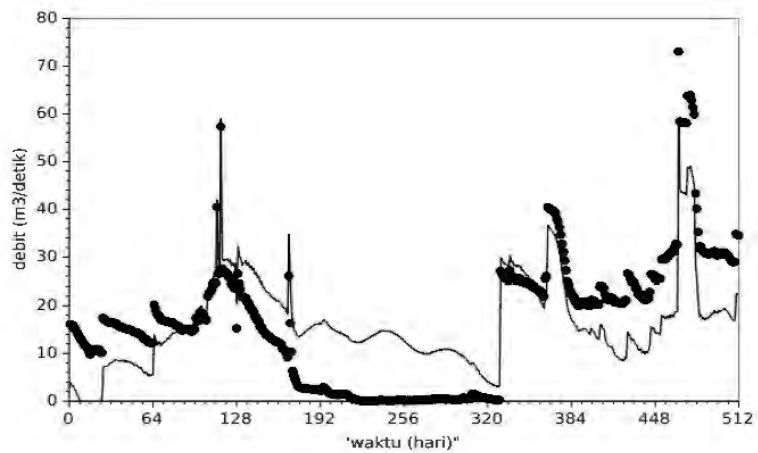


Gambar 2. Spektrum debit aliran sungai harian dalam PSD versus kecepatan sudut.

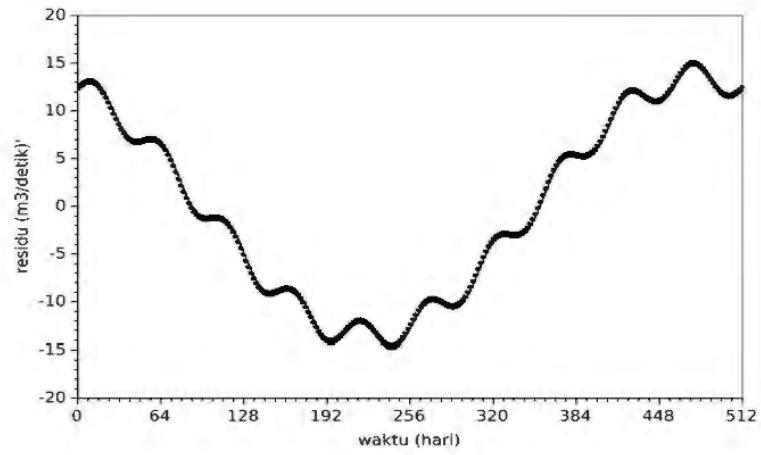


Gambar 3. Spektrum debit aliran sungai harian dalam PSD versus periode (hari).

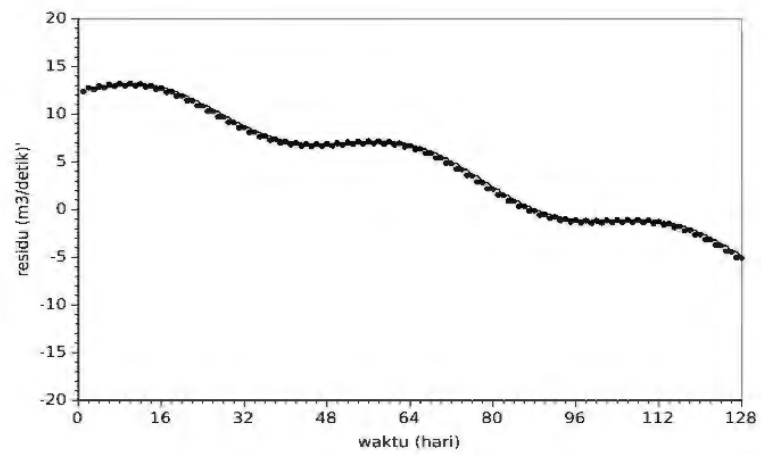
Berdasarkan spektrum debit aliran sungai harian (Gambar 3) didapat frekuensi/periode dominan yang dipergunakan untuk memodelkan model periodik debit aliran sungai harian sungai Way Seputih – Segalamider. Model periodik debit aliran dipresentasikan dalam Gambar 4. berikut,



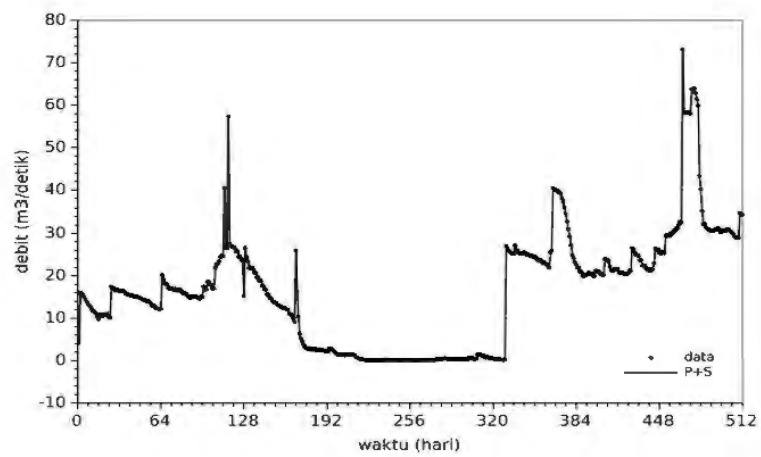
Gambar 4. Model periodik debit aliran sungai harian versus waktu (hari).



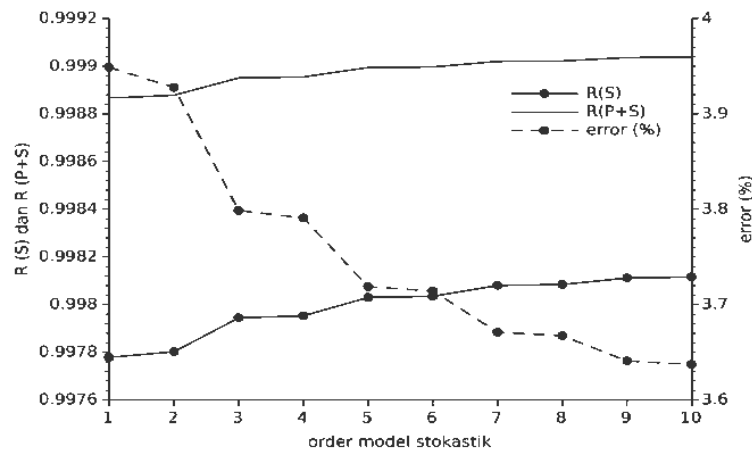
Gambar 5. Model stokastik residu debit aliran sungai versus waktu (512 data).



Gambar 6. Model stokastik residu debit aliran sungai versus waktu (128 data).



Gambar 7. Model Periodik – Stokastik debit aliran sungai harian versus waktu (hari).



Gambar 8. Koefisien Korelasi (R) model periodik (P), periodik-stokastik (P+S), dan error versus order.

Untuk pemodelan periodik debit aliran sungai harian memberikan nilai korelasi (R) sebesar 0,6995. Untuk pemodelan stokastik yang menggunakan orde 3 memberikan nilai korelasi (R) sebesar 0,9980. Untuk pemodelan periodik dan stokastik debit aliran sungai harian memberikan nilai korelasi yang menunjukkan hubungan antara data dan model R sebesar 0,99895. Nilai korelasi ini hampir mendekati 1. Ini menunjukkan bahwa model periodik dan stokastik debit aliran sungai harian ini hampir mendekati pola data debit aliran sungai harian yang terukur pada PDA 138 Way Seputih - Segalamider. Variasi orde model stokastik residu debit aliran sungai harian dapat dilihat pada Gambar 8.

Berdasarkan hasil yang dipresentasikan pada Gambar 8 menunjukkan bahwa akurasi orde 3 dari model autoregresif memberikan hasil yang jauh lebih baik dibandingkan dengan akurasi orde 2. Sedangkan untuk akurasi orde 4 sampai tidak memberikan perbedaan hasil akurasi yang terlalu signifikan dibandingkan dengan akurasi orde 3. Sehingga didalam penelitian ini model stokastiknya cukup mempergunakan akurasi orde 3. Prosentase error (%) untuk model periodik memberikan hasil sebesar 53 %. Sedangkan prosentase error (%) untuk model periodik – stokastik dapat memberikan nilai error yang jauh lebih baik yaitu sebesar 3,8 %.

Pemodelan debit aliran sungai harian ini dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan lengkap jika dibandingkan dengan pemodelan curah hujan bulanan, seperti yang dilakukan oleh Rizalihadi (2002) dan Bhakar dkk (2006), dimana pemodelan curah hujannya hanya menggunakan beberapa parameter. Didalam penelitiannya Rizalihadi (2002) menggunakan sampai dengan 6 komponen periodik dengan komponen stokastik untuk akurasi orde 3. Sedangkan, Bhakar dkk (2006), didalam penelitiannya hanya menggunakan 3 komponen harmonik dengan 1 komponen stokastik.

Di dalam penelitian pemodelan debit aliran sungai harian yang dilakukan ini, penyelesaiannya jauh lebih kompleks dibandingkan dengan penelitian

sebelumnya, karena menggunakan 509 komponen periodik. Walaupun demikian perhitungan di dalam pemodelan ini masih dapat dilakukan dengan cepat karena menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (Cooley and Tukey, 1965) untuk memprediksi frekuensi komponen harmonik debit aliran sungai harian. Sehingga dari perhitungan model periodiknya dapat dihasilkan dengan cepat.

Perilaku dari komponen stokastik debit aliran sungai harian dapat dilihat seperti yang dipresentasikan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Seri komponen stokastik ini merupakan selisih antara data dengan model periodiknya. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa komponen stokastik nilainya berfluktuasi dari $-14,8$ m³/detik sampai dengan $15,2$ m³/detik. Koefisien korelasi dari model stokastik dengan akurasi orde 3 ini adalah sebesar 0,9980, sedangkan untuk akurasi orde 1 didapat koefisien korelasi sebesar 0,9978. Hasil ini lebih baik bila dibandingkan dengan hasil yang dipresentasikan oleh Bhakar dkk (2006) yang hanya menggunakan model stokastik orde 1 dan menghasilkan koefisien korelasi untuk model stokastiknya sebesar 0,9001.

Dengan menggunakan 509 komponen periodik dan 3 parameter stokastik menghasilkan hasil simulasi model debit aliran sungai harian sintetik yang sangat baik dan akurat, dengan koefisien korelasinya adalah sebesar 0,99895. Koefisien korelasi yang dipresentasikan pada Gambar 8 merupakan bukti bahwa model periodik dan stokastik (P+S) debit aliran sungai harian mempunyai korelasi yang sangat baik dan akurat dibandingkan dengan model periodik saja (P) yang menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,6995. Hasil ini juga terlihat jauh lebih baik bila dibandingkan penelitian seri waktu data hujan kumulatif bulanan yang dilakukan Bhakar (2006) yang pemodelannya menggunakan 3 komponen periodik dan 1 komponen stokastik yang menghasilkan koefisien korelasi R sebesar $0,9961 \ll 0,99895$.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Spektrum dari debit aliran sungai harian seri waktu yang dihasilkan dengan menggunakan metode FFT digunakan untuk memodelkan debit aliran sungai harian sintetik. Dengan menggunakan metode FFT dan metode Kuadrat Terkecil, debit aliran sungai harian sintetik seri waktu dapat dihasilkan lebih akurat. Dengan menggunakan 253 komponen periodik dan memasukkan 3 komponen stokastik, model debit aliran sungai harian sintetik yang dihasilkan untuk debit aliran sungai harian dari PDA 138 Way Seputih – Segalamider menjadi sangat akurat dengan koefisien korelasi sebesar $0,99895 \approx 1$.

Rekomendasi

Dari hasil penelitian dapat direkomendasikan bahwa untuk dapat menyimpulkan pemodelan periodik – stokastik debit aliran sungai harian yang lebih umum, kegiatan penelitian harus dilakukan dengan menggunakan data debit aliran sungai harian yang lebih panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini kami mengucapkan terimakasih kepada BBWSMS atas bantuan data debit aliran sungai harian yang dipergunakan di dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Cooley, James W. Tukey, John W., 1965. *An Algorithm for the machine calculation of Complex Fourier Series*, Mathematics of Computation, Vol 19 (90): 297–301.
- Kottegoda, N. T., 1980. *Stochastic Water Resources Technology*, halaman 384, The Macmillan Press, London.
- Rizalihadi, M., 2002. The generation of synthetic sequences of monthly rainfall using autoregressive model, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syah Kuala*, Vol. 1 (2): 64-68.
- Zakaria, A., 2003. *Numerical Modelling of Wave Propagation Using Higher Order Finite Difference Formulas*, Thesis (Doktor), Curtin University of Technology, 247 halaman.
- Bhakar, S.R., Singh, Raj Vir, Chhajed, Neeraj, and Bansal, Anil Kumar. 2006. Stochastic modeling of monthly rainfall at kota region. *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol.1(3): 36-44.
- Zakaria, A., 2008. The generation of synthetic sequences of monthly cumulative rainfall using FFT and least squares method. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian kepada masyarakat*, Universitas Lampung, Vol. 1: 1-15.
- Zakaria, A., 2010a. A study periodic modeling of daily rainfall at Purajaya region. *Seminar Nasional Sain & Teknologi III*, Lampung University, Vol. 3: 1-15.
- Zakaria, A., 2010b. Studi pemodelan stokastik curah hujan harian dari data curah hujan stasiun Purajaya. *Seminar Nasional Sain Mipa dan Aplikasinya*, Lampung University, Vol. 2: 145-155.