



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
volume 1

Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) HATHI XXXII
Malang, 6 - 8 Nopember 2015



HATHI Cabang Malang

Sekretariat:
Perum Jasa Tirta I
Jl. Surabaya No. 2A Malang
Telp. 0341-551971 eks. 221/222/411
email: hathi.malang@yahoo.com



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 Montarcih 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 stylized, overlapping strokes that form the name 'Mudjiadi'.

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, Radianta Triatmadja dan Sunjoto</i> | |
| 15. Kajian Hubungan Antara Model Tampungan Air dengan Karakteristik Daerah Aliran Sungai: Studi Kasus DAS Bengawan Solo..... | 132 |
| <i>Yunita 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 Wilayah 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 Tampungan 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 Trapesium | 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 Yhadiano, 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, Syafril 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> | |

STUDI KECENDERUNGAN PERUBAHAN TINGGI CURAH HUJAN TERHADAP KEJADIAN BANJIR DKI JAKARTA

Steven Reinaldo Rusli*, dan Doddi Yudianto

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan

*steven.reinaldo.rusli@gmail.com

Intisari

Kejadian banjir di Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta, dipengaruhi tidak hanya oleh dampak pengembangan kawasan, tetapi juga oleh perubahan tinggi curah hujan. Berdasarkan hipotesis tersebut, studi ini menjadi penting untuk dikaji. Secara umum, studi ini menggunakan konsep analisis frekuensi dan regresi statistik untuk mengevaluasi kenaikan tinggi curah hujan rencana pada berbagai periode ulang dengan adanya perubahan tinggi curah hujan harian maksimum tahunan yang terlihat dari hasil pencatatan. Data curah hujan harian maksimum tahunan yang tersedia berasal dari BMG Jakarta pada tahun 1979 - 2012. Sekumpulan data tersebut terlebih dahulu dibagi ke dalam dua kelompok; kelompok pertama digunakan untuk menyusun kecenderungan pola hujan dan meramalkan tinggi curah hujan rencana pada periode kelompok kedua, dan kelompok kedua digunakan sebagai verifikasi hasil peramalan dari kelompok pertama. Hasil yang didapatkan menunjukkan kenaikan tinggi curah hujan rencana yang bervariasi terhadap periode ulang tertentu; pada periode ulang 2 tahun, ditemukan rata-rata kenaikan tinggi curah hujan pada 15 tahun terakhir sebesar 2.93%, periode ulang 5 tahun sebesar 3.60%, 10 tahun sebesar 5.06%, 25 tahun sebesar 6.94%, 50 tahun sebesar 8.21%, 100 tahun sebesar 9.31% dan 1000 tahun sebesar 11.73%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa hasil analisis frekuensi untuk menentukan tinggi curah hujan rencana perlu dikoreksi terhadap periode ulang rencana.

Kata Kunci: kejadian banjir, DKI Jakarta, perubahan tinggi curah hujan rencana

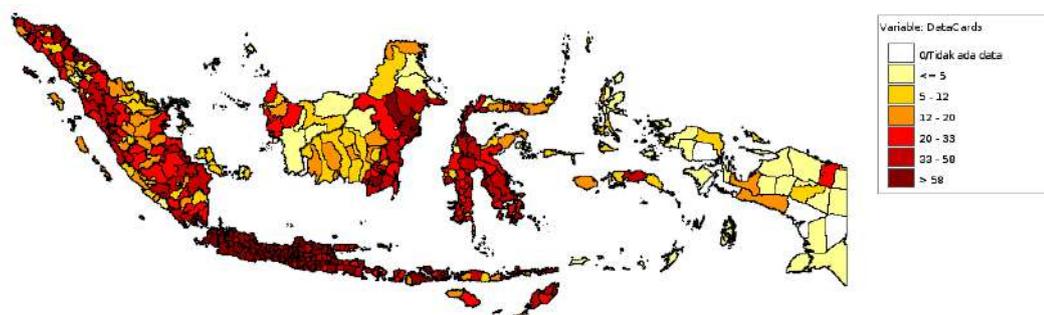
LATAR BELAKANG

Pendahuluan

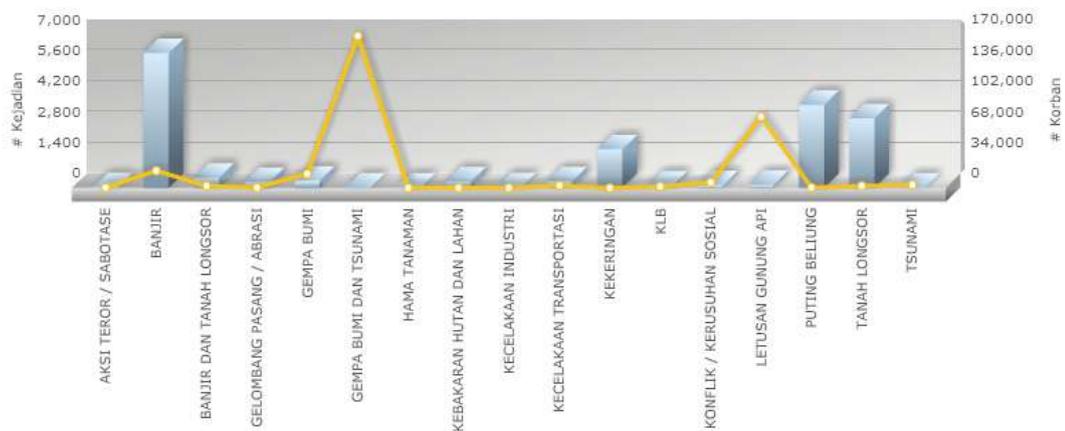
Berdasarkan hasil pengumpulan informasi terkait dengan kejadian bencana di Indonesia, data yang ada menunjukkan lebih banyaknya kejadian bencana yang terjadi di Pulau Jawa secara relatif dibandingkan dengan kejadian di pulau besar lainnya, terutama wilayah sekitar daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), melalui situs resminya merilis peta penyebaran kejadian bencana seperti dapat dilihat pada Gambar 1, berdasarkan pencatatan kejadian bencana dari tahun 1815 hingga 2015. Selain itu, dari kompilasi kejadian bencana pada periode yang sama juga ditemukan bahwa jumlah kejadian bencana terbesar adalah bencana banjir dengan total melebihi 6000 kejadian dan korban meninggal relatif lebih besar dibandingkan kejadian bencana lain terkecuali tsunami dan gunung meletus, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.

Secara khusus, kejadian banjir di DKI Jakarta dihipotesis dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu pesatnya perkembangan pembangunan dan perubahan tata guna lahan di DKI Jakarta yang kurang memperhatikan konservasi sumber daya air, yang lebih jauh kemudian mengakibatkan peningkatan volume limpasan langsung, pemanasan global yang menyebabkan kenaikan muka air laut sehingga terjadi fluktuasi pasang surut yang memberikan dampak air balik lebih besar ke sungai-sungai muara di DKI Jakarta, juga perubahan kecenderungan rata-rata tinggi curah hujan. Curah hujan yang terjadi cenderung meningkat nilainya dari tahun ke tahun; namun dalam analisis hidrologi terkait distribusi probabilitas curah hujan, seringkali ditemukan tidak diperhitungkannya faktor koreksi untuk mengakomodasi adanya kecenderungan perubahan tinggi curah hujan tersebut.

Dari fakta yang dapat ditarik dari Gambar 1 dan 2, juga paparan sebagaimana dijelaskan di atas, serta mengingat tingginya tingkat kepentingan kestabilan DKI Jakarta sebagai Ibukota Negara Republik Indonesia, maka studi ini, yang berkaitan langsung dengan analisis peramalan tinggi curah hujan berdasarkan studi kasus di DKI Jakarta menjadi penting untuk dicermati. Hasil analisis akan memberikan rekomendasi dalam perencanaan hidrologi di wilayah sekitar DKI Jakarta dan berkontribusi dalam peningkatan keamanan dan penanggulangan bencana, khususnya bencana banjir.



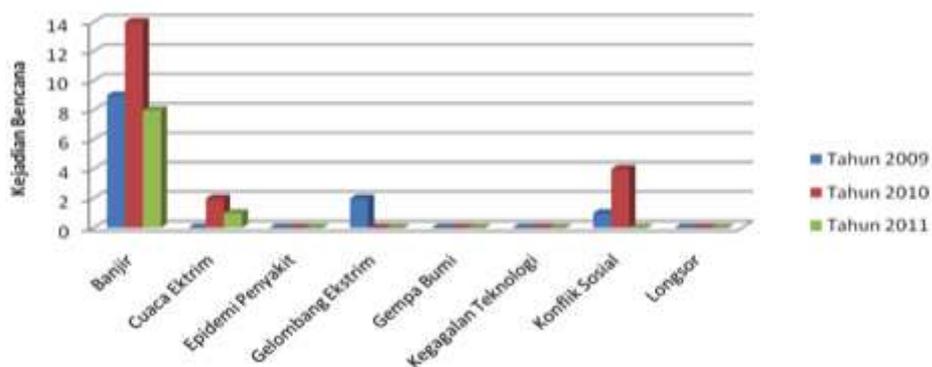
Gambar 1. Peta Penyebaran Kejadian Bencana di Indonesia, 1815 - 2015



Gambar 2. Jumlah Kejadian Bencana dan Korban Meninggal, 1815 – 2015¹

Kondisi Umum Daerah Studi

Masih berdasarkan data dari BNPB, di DKI Jakarta sendiri, banjir telah menjadi momok bencana yang paling sering terjadi terutama dewasa ini. Gambar 3 di bawah menunjukkan kejadian bencana dengan lingkup spasial hanya DKI Jakarta dari tahun 2009 hingga 2011, dan secara jelas, banjir masih menjadi permasalahan bencana nomor satu dengan frekuensi kejadian jauh lebih besar dibandingkan dengan bencana lainnya.



Gambar 3. Kejadian Bencana di DKI Jakarta, 2009 - 2011

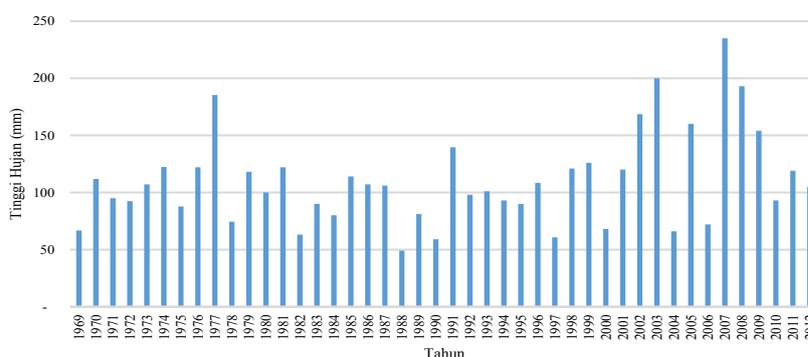
Dari sumber lain, yaitu Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) DKI Jakarta, tercatat juga beberapa fenomena banjir DKI Jakarta yang cukup besar dan dampaknya terasa signifikan terhadap keberlangsungan aktivitas manusia, sebagai contoh seperti yang terjadi pada tahun 1996 dan 2007. Pada kejadian banjir tahun 1996, menurut salah satu sumber di internet, diperkirakan lebih dari 500 rumah hanyut dan 30.000 warga diungsikan, dengan nilai kerusakan mencapai 435 juta USD. Dari sumber yang sama, bahkan pada kejadian banjir pada tahun 2007, korban pengungsi meningkat 10 kali lipat dari kejadian banjir tahun 1996, dengan jumlah korban meninggal mencapai 80 orang. Masih jelas juga dalam ingatan kita bagaimana pada tahun 2013 terjadi banjir cukup parah di wilayah DKI Jakarta sehingga menyebabkan terendamnya pusat kota dan bundaran Hotel Indonesia (HI), seperti dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Banjir di DKI Jakarta Tahun 2013

Ketersediaan Data

Data yang tersedia untuk melakukan analisis dalam studi ini adalah data curah hujan harian maksimum tahunan dari stasiun BMKG Jakarta, yang secara geografis terletak pada koordinat 6°09'20" LS dan 106°50'30" BT, dengan panjang data dari tahun 1969 hingga tahun 2012. Dari sebaran data yang ada, dapat dilihat bahwa pada beberapa tahun terdapat curah hujan yang cukup tinggi, seperti curah hujan harian dengan tinggi 185 mm pada tahun 1977, 200 mm pada tahun 2003, 235 mm pada tahun 2007, 193 mm pada tahun 2008, dan seterusnya. Selain itu, dapat diamati juga bahwa dewasa ini, curah hujan harian maksimum tahunan yang terjadi di DKI Jakarta memiliki kecenderungan meningkat nilai dan frekuensi terjadinya.



Gambar 5. Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Jakarta, 1969 – 2012

Landasan Teori

Secara umum, analisis yang digunakan dalam studi ini mencakup analisis frekuensi dan regresi statistik. Analisis frekuensi adalah suatu metode statistik yang digunakan untuk mengestimasi tinggi curah hujan di masa mendatang dengan suatu probabilitas kejadian tertentu berdasarkan data pencatatan historis yang ada. Terdapat beberapa distribusi probabilitas yang biasa digunakan dalam analisis frekuensi, yaitu distribusi probabilitas normal, log normal 2 parameter, log normal 3 parameter, Gumbel I, Pearson III dan log Pearson III. Secara prinsip, persamaan yang digunakan dalam melakukan analisis frekuensi adalah:

$$X = \bar{x} + Ks \dots\dots\dots (1)$$

dengan keterangan:

- X : tinggi curah hujan rencana (mm)
- \bar{x} : rata-rata dari data pencatatan curah hujan (mm)
- K : faktor distribusi probabilitas
- s : deviasi standar dari data pencatatan data curah hujan (mm)

Faktor K dalam persamaan 1 di atas ditentukan berdasarkan masing-masing distribusi probabilitas yang digunakan. Pada distribusi probabilitas normal, maka probabilitas Gauss digunakan untuk menentukan nilai K , sedangkan pada metode log normal 2 parameter dan 3 parameter berturut-turut, terdapat parameter tambahan untuk menentukan nilai K , yaitu koefisien variasi (σ) dan koefisien kecondongan (C_s).

Metode Gumbel I bergantung kepada panjangnya data yang tersedia, sedangkan metode Pearson III dan log Pearson III dikembangkan berdasarkan koefisien kecondongan seperti pada metode log normal 3 parameter.

Di samping analisis frekuensi, analisis dalam studi ini juga banyak menggunakan analisis regresi. Analisis regresi adalah hubungan yang didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel-variabel (Sudjana, 2002: 310). Variabel yang dimaksudkan di sini adalah variabel respon (Y) dan variabel prediktor (X). Hubungan sederhana antara kedua variabel tersebut dapat diekspresikan melalui persamaan yang dikemukakan oleh Hardle, 1990 sebagai berikut:

$$Y_i = m(X_i) + \varepsilon_i \dots\dots\dots (2)$$

dengan keterangan:

- Y_i : nilai variabel respon berdasarkan garis regresi
- m : fungsi regresi
- X_i : nilai variabel prediktor
- ε_i : variabel yang menggambarkan variasi Y di sekitar $m(X_i)$

Berdasarkan hasil studi Sanjaya dan Rusli, 2015, mengenai analisis regresi dari hasil analisis frekuensi, pada kondisi tidak ditemukannya tinggi curah hujan ekstrim, maka metode regresi yang paling cocok untuk diaplikasikan terhadap tinggi curah hujan hasil analisis frekuensi adalah metode polinomial orde dua, yang dinyatakan dengan persamaan yang mengandung variabel β yang merupakan parameter yang harus ditaksir nilainya:

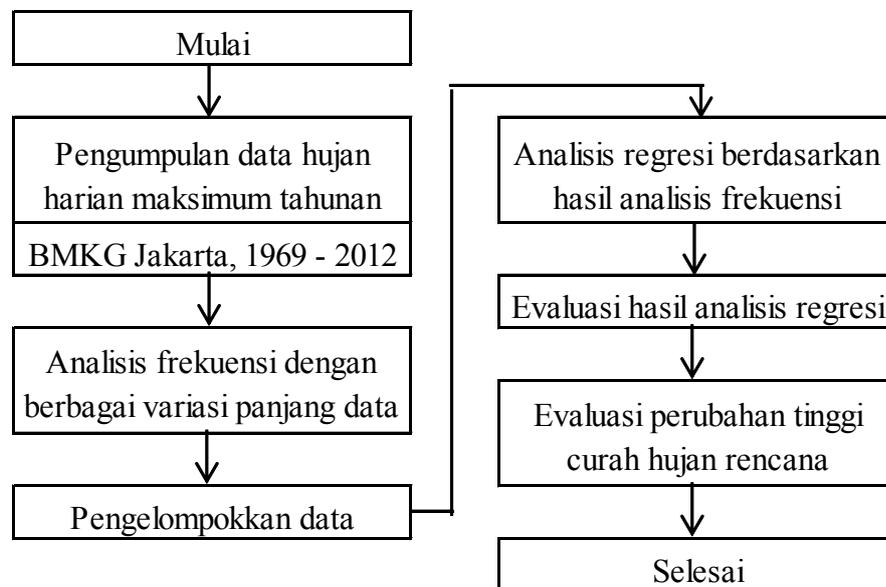
$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon \dots\dots\dots (3)$$

METODOLOGI STUDI

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, analisis yang digunakan dalam studi ini secara garis besar terdiri dari analisis frekuensi dan analisis regresi, disertai analisis uji kecocokan menggunakan metode *plotting* dan Kolmogorov-Smirnov. Berdasarkan teori-teori yang ada tersebut, maka disusunlah skema seperti dijelaskan di bawah untuk melakukan sejumlah tahapan analisis dalam studi ini.

Langkah pertama yang dilakukan adalah analisis frekuensi dengan berbagai variasi panjang data, sebagai contoh analisis frekuensi dengan menggunakan data hujan sepanjang 10 tahun dari tahun 1969 hingga tahun 1978, 11 tahun dari tahun 1969 hingga tahun 1979, 12 tahun dari tahun 1969 hingga tahun 1980 dan seterusnya hingga analisis frekuensi dengan panjang data 43 tahun dari tahun 1969 hingga tahun 2011 dan panjang data 44 tahun dengan menggunakan data dari tahun 1969 hingga tahun 2012. Setelah mengkompilasi hasil dari seluruh analisis frekuensi tersebut, hasil analisis dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu kelompok I dengan data berupa hasil analisis frekuensi dari panjang data 10 tahun hingga 27 tahun, dan kelompok II dengan panjang data 28 tahun hingga 44 tahun.

Kemudian, dengan menggunakan bantuan fungsi *trendline* pada Microsoft Excel, maka sebaran variabel di kelompok I berdasarkan masing-masing periode ulang (pada studi ini dibahas perubahan tinggi curah hujan rencana dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 hingga 1000 tahun) disusun persamaan regresinya dengan metode polinomial tingkat dua, dengan mengambil bilangan asli ($i = 1,2,3,\dots$) sebagai variabel prediktor dan tinggi curah hujan rencana sebagai variabel respon. Metode polinomial orde dua dipilih untuk digunakan dalam studi ini dengan pertimbangan bentuk penyebaran data dari kompilasi hasil analisis frekuensi yang cenderung berbentuk kurva. Persamaan regresi tersebut kemudian divalidasi dengan membandingkan hasil estimasi tinggi curah hujan rencana berdasarkan penggunaan persamaan regresi itu sendiri dengan sebaran data pada kelompok dua. Lebih jauh lagi, hasil tersebut bisa digunakan untuk mengevaluasi kenaikan tinggi curah hujan rencana akibat hujan yang sebenarnya terjadi. Dalam bentuk diagram alir, sistematika analisis dalam studi ini dapat dilihat melalui Gambar 6 berikut.

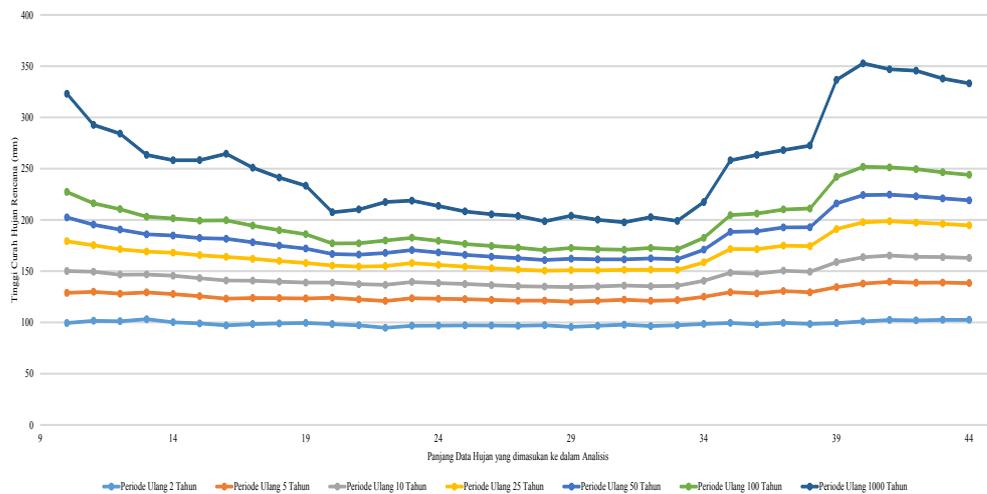


Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

Analisis Frekuensi

Setelah melakukan hasil analisis frekuensi dengan berbagai metode distribusi probabilitas, uji kecocokan memberikan hasil yang berbeda-beda mengenai distribusi yang paling cocok pada setiap panjang data yang ada (dari data 10 tahun hingga data 44 tahun). Tercatat terdapat beberapa distribusi yang cocok, yaitu distribusi log Pearson III, Pearson III, log normal 2 parameter dan log normal 3 parameter. Berdasarkan rekapitulasi hasil uji kecocokan, diputuskan bahwa dalam studi ini digunakan distribusi log Pearson III. Hal ini dikarenakan terdapat 14 periode panjang data (terbanyak) yang paling cocok jika dianalisis menggunakan distribusi probabilitas log Pearson III. Hasil seluruh analisis frekuensi menggunakan distribusi probabilitas log Pearson III dengan berbagai periode ulang dan berbagai panjang data yang dianalisis dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah.



Gambar 7. Hasil Analisis Frekuensi Berbagai Periode Ulang dan Panjang Data

Gambar 7 lebih jauh menunjukkan lebih sensitifnya tinggi curah hujan rencana dengan periode ulang tinggi terhadap perubahan tinggi curah hujan harian maksimum tahunan aktual. Melihat kecenderungan naiknya tinggi curah hujan harian maksimum tahunan dalam beberapa tahun terakhir, perubahan nilai tinggi curah hujan rencana pada periode ulang tinggi didapatkan lebih besar dibandingkan periode ulang rendah. Hal ini mencirikan pentingnya koreksi nilai tinggi curah hujan rencana pada perencanaan infrastruktur air yang membutuhkan tingkat keamanan dan periode ulang tinggi.

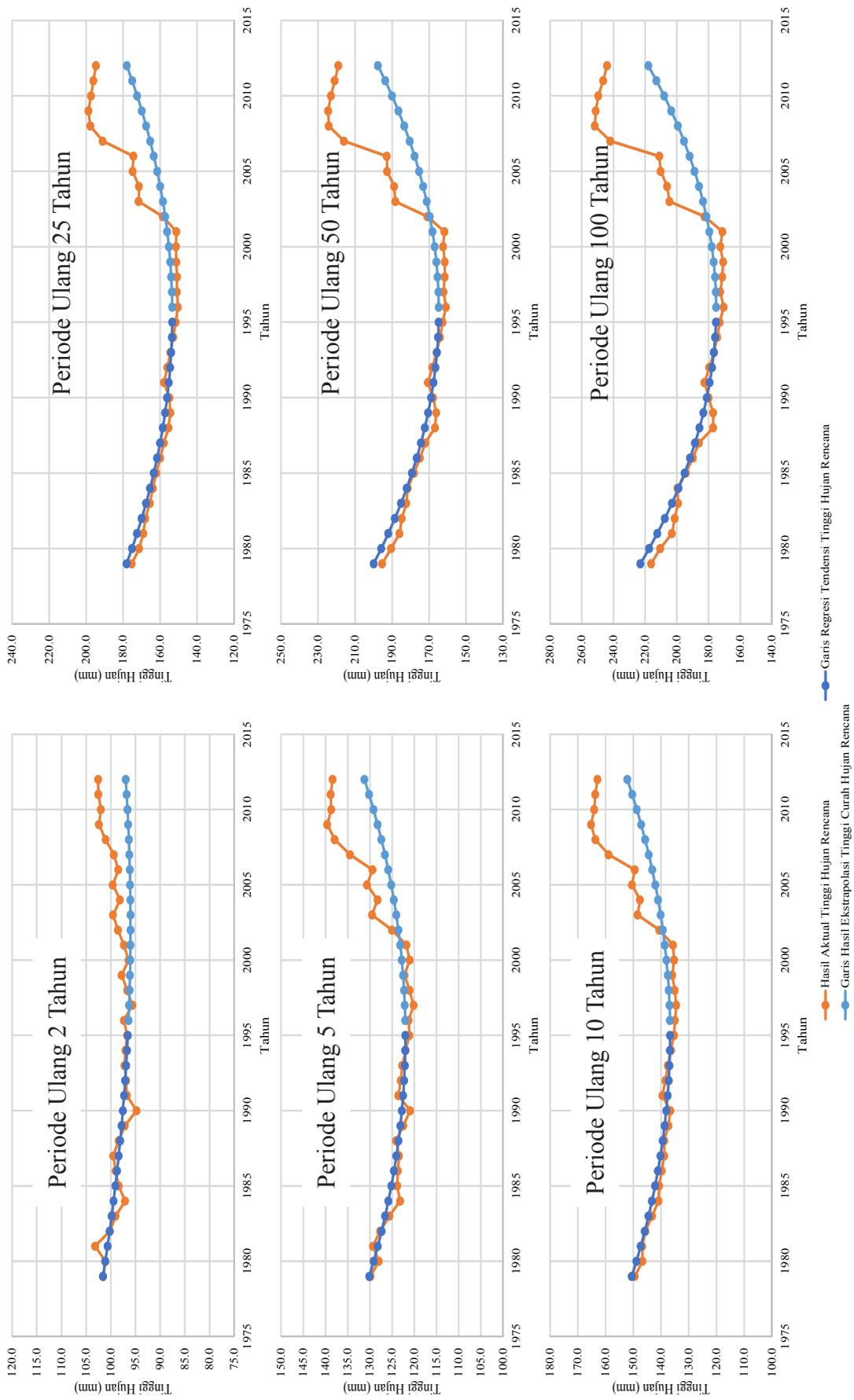
Analisis Regresi

Analisis regresi dilakukan terhadap hasil 17 analisis frekuensi pertama (dari panjang data 10 tahun hingga 27 tahun). Dengan variasi berbagai periode ulang, persamaan regresi yang didapat dapat dilihat melalui Tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Persamaan Regresi Berbagai Periode Ulang

| Periode Ulang | Persamaan Regresi |
|---------------|-------------------------------------|
| 2 | $y = 0.0103x^2 - 0.4998x + 102.06$ |
| 5 | $y = 0.0318x^2 - 1.0795x + 131.06$ |
| 10 | $y = 0.0536x^2 - 1.8271x + 152.29$ |
| 25 | $y = 0.0904x^2 - 3.1663x + 181.16$ |
| 50 | $y = 0.1250x^2 - 4.4451x + 204.25$ |
| 100 | $y = 0.1661x^2 - 5.9631x + 228.74$ |
| 1000 | $y = 0.3589x^2 - 12.9270x + 322.69$ |

Hasil analisis regresi dalam Tabel 1 kemudian dievaluasi dengan cara membandingkan nilai tinggi curah hujan rencana aktual dengan nilai yang dihasilkan dari persamaan regresi yang ada. Secara kuantitatif, evaluasi dilakukan dengan cara merata-ratakan penyimpangan yang terjadi dari setiap panjang data yang ada. Hasil evaluasi tersebut dimasukkan dalam grafik seperti dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Hasil Estimasi Curah Hujan Rencana dengan Hasil Analisis Frekuensi

Melalui Gambar 8, dapat dilihat bahwa pendekatan regresi polinomial tingkat dua memberikan hasil yang secara visual cukup baik, karena kompilasi analisis frekuensi yang dihasilkan secara umum menunjukkan kecenderungan mengikuti bentuk kurva polinom tingkat dua. Pada hasil analisis frekuensi dengan panjang data 10 tahun (1969 – 1978) hingga 27 tahun (1969 – 1995), terdapat kecenderungan penurunan tinggi curah hujan rencana; sebaliknya pada periode setelah itu, tinggi curah hujan rencana meningkat dengan cukup drastis. Hal ini kemudian menjadi dasar digunakannya analisis regresi polinomial tingkat dua pada studi ini.

Dengan menggunakan persamaan yang ada, dapat dilihat bahwa kecenderungan naiknya tinggi curah hujan rencana cukup signifikan, terutama meningkat seiring meningkatnya periode ulang yang digunakan. Peningkatan tinggi curah hujan rencana diasumsikan bernilai sama dengan rata-rata penyimpangan yang dihasilkan seperti ditunjukkan Gambar 8. Hasil peningkatan tinggi curah hujan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Evaluasi Hasil Persamaan Regresi

| Periode Ulang | Rata-rata Penyimpangan / Peningkatan Tinggi Curah Hujan Rencana (%) |
|---------------|---|
| 2 | 2.93 |
| 5 | 3.60 |
| 10 | 5.06 |
| 25 | 6.94 |
| 50 | 8.21 |
| 100 | 9.31 |
| 1000 | 11.73 |

Berdasarkan hasil evaluasi persamaan regresi di atas, maka disarankan untuk mengkoreksi hasil dari analisis frekuensi tinggi curah hujan melihat kecenderungan kenaikan tinggi curah hujan rencana, terutama pada 5 hingga 10 tahun terakhir. Nilai pada Tabel 2 dapat dijadikan acuan sebagai faktor koreksi tersebut.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Dari hasil analisis-analisis di atas, dapat ditarik kesimpulan seperti di bawah ini.

1. Kejadian banjir masih menjadi salah satu bencana yang paling dominan di DKI Jakarta, dilihat dari jumlah kejadian, jumlah korban (baik meninggal ataupun yang diungsikan) dan kerugian secara ekonomis.
2. Hasil uji kecocokan menunjukkan bahwa metode yang paling cocok dengan karakteristik distribusi curah hujan Jakarta adalah metode log Pearson III.
3. Suatu nilai kejadian ekstrim berpengaruh lebih besar pada analisis frekuensi dengan periode ulang besar daripada pada periode ulang kecil. Analisis frekuensi dengan periode ulang kecil cenderung memberikan hasil yang lebih stabil terhadap adanya kejadian hujan ekstrim.

4. Kajian dalam studi ini memberikan indikasi penurunan tinggi curah hujan rencana pada panjang data hingga 27 tahun (tahun 1969 hingga tahun 1995) dan kenaikan tinggi curah hujan rencana pada panjang data 28 hingga 44 tahun (tahun 1969 hingga tahun 2012). Bentuk seperti yang ditunjukkan hasil kompilasi analisis frekuensi dilihat sesuai dengan analisis regresi polinomial orde dua.
5. Perlu dilakukan koreksi untuk melakukan analisis frekuensi, dikarenakan adanya kecenderungan peningkatan tinggi curah hujan rencana dalam kurun waktu 5 hingga 10 tahun terakhir. Besarnya koreksi yang dilakukan bergantung dengan periode ulang yang diperlukan; untuk periode ulang 2 tahun dikoreksi sebesar 2.93%, 5 tahun sebesar 3.60%, 10 tahun sebesar 5.06%, 25 tahun sebesar 6.94%, 50 tahun sebesar 8.21%, 100 tahun sebesar 9.31% dan 1000 tahun sebesar 11.73%.

Rekomendasi

Untuk memperoleh hasil studi yang lebih baik di masa mendatang, maka terdapat saran untuk mencoba menyusun persamaan regresi di dalam beberapa periode, sehingga kecenderungan perubahan tinggi curah hujan rencana tidak hanya ditinjau dari satu sudut pandang analisis frekuensi, tetapi juga dari sisi analisis regresinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang membantu atas tersusunnya tulisan ini, baik secara materi ataupun moril.

DAFTAR PUSTAKA

- Doddi Yudianto dan Steven Reinaldo Rusli, 2012. Consideration in Choosing The Appropriate Flood Control System for Tenggarong River. *4th International Seminar of HATHI*, 6-8 September 2012, Yogyakarta
- Hardle, W., 1990. Smoothing Techniques with Implementation in S. New York: Springer Verlag.
- <http://www.bnpb.co.id> [diakses pada tanggal 27 Juli 2015]
- <http://www.bpbj.jakarta.co.id> [diakses pada tanggal 27 Juli 2015]
- Stephen Sanjaya dan Steven Reinaldo Rusli, 2015. Analisis Pemilihan Metode Regresi untuk Optimasi Model Tinggi Curah Hujan dengan Pelbagai Periode Ulang. *Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI ke 32*, Malang - dalam proses review