



**PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR**  
**NOMOR 5 TAHUN 2008**  
**TENTANG**  
**PEDOMAN EVALUASI TAPAK REAKTOR DAYA UNTUK ASPEK**  
**METEOROLOGI**

**DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA,**

**KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,**

Menimbang : bahwa untuk menindaklanjuti ketentuan Pasal 49 Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 5 Tahun 2007 tentang Ketentuan Keselamatan Evaluasi Tapak Reaktor Nuklir, perlu menetapkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir tentang Pedoman Aspek Meteorologi Dalam Evaluasi Tapak Reaktor Daya;

Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 23, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3676);  
2. Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 2006 tentang Perizinan Reaktor Nuklir (Lembaran Negara Tahun 2006 Nomor 106, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4668);  
3. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 5 Tahun 2007 tentang Ketentuan Keselamatan Evaluasi Tapak Reaktor Nuklir;

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR TENTANG PEDOMAN EVALUASI TAPAK REAKTOR DAYA UNTUK ASPEK METEOROLOGI.

Pasal 1

Dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir ini yang dimaksud dengan:

1. Angin adalah gerak atmosfer atau udara nisbi terhadap permukaan bumi.
2. Arah angin adalah arah datangnya angin yang dinyatakan dengan puluhan derajat terdekat dengan arah jarum jam mulai dari arah utara geografis.
3. Atmosfer adalah lapisan dari gas atau campuran gas yang menyelimuti dan terikat pada bumi oleh gaya gravitasi bumi.
4. Badai adalah suatu gangguan atmosfer yang ditandai oleh adanya angin kencang pada tanah dan disertai curahan air yang kisarannya seperti badai guntur setempat, terjadi kira-kira beberapa kilometer.
5. Badai guntur adalah badai hujan yang diikuti oleh petir, guntur, langkisau yang kuat, dan kadang-kadang hujan es.
6. Cuaca adalah keadaan fisis atmosfer pada suatu tempat pada suatu saat.
7. Curah hujan adalah banyaknya curah hujan yang mencapai tanah atau permukaan bumi selama selang waktu tertentu.
8. Curahan adalah endapan atau deposit air dalam bentuk cair maupun padat yang berasal dari atmosfer.
9. Ekstrim adalah nilai tertinggi dan terendah dari variabel meteorologi dalam suatu periode.
10. El Nino adalah fluktuasi klimatologi yang terjadi dalam perioda 2-7 tahun yang menyebabkan terjadinya bencana kemarau panjang dan kebakaran hutan.

11. Guntur adalah suara yang terjadi akibat pemuaian udara karena panas secara tiba-tiba menyebabkan pelucutan muatan listrik pada waktu ada halilintar.
12. Kilat adalah kenampakan yang ditimbulkan oleh pelucutan muatan listrik di dalam atmosfer.
13. Hujan adalah curahan yang terdiri atas tetes air berdiameter lebih besar dari 0,5 mm dan kecepatan jatuhnya melebihi 3 meter tiap detik.
14. Iklim adalah keadaan yang mencirikan atmosfer yang terjadi di suatu daerah dalam jangka waktu cukup lama, yaitu kira-kira 30 tahun.
15. Klimatologi adalah ilmu yang mempelajari iklim.
16. Meteorologi adalah ilmu yang mempelajari atmosfer berhubungan dengan keadaan fisis, dinamis dan interaksinya dengan permukaan bumi di bawahnya.
17. Metode pembaharuan adalah metode yang digunakan apabila data jangka panjang tidak tersedia dengan mempertahankan perhitungan statistik ekstrim di atas nilai batas.
18. Penakar hujan adalah alat untuk mengukur banyaknya curah hujan.
19. Puting Beliung adalah badai angin kencang dalam bentuk kolom udara berputar, yang meluas ke bawah dari suatu awan *cumulonimbus*, dengan awan corong di tengah-tengahnya.
20. Siklon atau depresi adalah suatu daerah di atmosfer yang mempunyai pusat tekan rendah nisbi terhadap daerah sekelilingnya pada ketinggian yang sama.
21. Titik embun adalah suhu saat udara menjadi jenuh kalau udara tersebut didinginkan, pada tekanan konstan, tanpa ada penambahan atau pengurangan uap air.
22. Tropopause adalah puncak dari troposfer dan dicirikan oleh adanya inversi (bertambahnya suhu atmosfer terhadap ketinggian).

23. Troposfer adalah lapisan bawah dari atmosfer.
24. Udara adalah campuran gas penyusun atmosfer.
25. Pemohon Evaluasi Tapak selanjutnya disebut PET adalah Badan Pelaksana, Badan Usaha Milik Negara, koperasi, atau badan swasta yang berbentuk badan hukum yang mengajukan permohonan untuk melaksanakan kegiatan evaluasi tapak selama pembangunan, pengoperasian dan dekomisioning reaktor nuklir.
26. Badan Pengawas Tenaga Nuklir yang selanjutnya disingkat BAPETEN adalah instansi yang bertugas melaksanakan pengawasan melalui peraturan, perizinan, dan inspeksi terhadap segala kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir.

#### Pasal 2

- (1) Peraturan Kepala BAPETEN ini berisi pedoman bagi Pemohon Evaluasi Tapak dalam mengkaji fenomena nilai ekstrim variabel meteorologi dan fenomena meteorologi jarang terjadi dalam evaluasi tapak Reaktor Daya.
- (2) Variabel meteorologi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi angin, curah hujan, temperatur, dan tinggi muka air laut.
- (3) Fenomena meteorologi jarang terjadi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi puting beliung, siklon tropis, dan kilat.

#### Pasal 3

Peraturan Kepala BAPETEN ini bertujuan memberikan pedoman bagi Pemohon Evaluasi Tapak dalam melakukan kajian bahaya fenomena meteorologi yang ekstrim maupun yang jarang terjadi dalam evaluasi tapak Reaktor Daya.

#### Pasal 4

Pedoman sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 tercantum dalam

lampiran yang tidak terpisahkan dari Peraturan Kepala BAPETEN ini.

Pasal 5

Peraturan Kepala BAPETEN ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 1 Februari 2008  
KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,  
ttd  
SUKARMAN AMINJOYO

**LAMPIRAN**

**PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR**

**NOMOR 5 TAHUN 2008**

**TENTANG**

**PEDOMAN ASPEK METEOROLOGI DALAM EVALUASI TAPAK**

**REAKTOR DAYA**

## DAFTAR ISI

### **PEDOMAN EVALUASI TAPAK REAKTOR DAYA UNTUK ASPEK METEOROLOGI**

**BAB I      PENDEKATAN UMUM**

**BAB II     INFORMASI DAN INVESTIGASI YANG DIPERLUKAN (BASIS DATA)**

- A. BASIS DATA UNTUK NILAI EKSTRIM VARIABEL METEOROLOGI**
- B. SUMBER DATA METEOROLOGI LUAR-TAPAK (OFF-SITE)**
- C. PROGRAM PEMANTAUAN METEOROLOGI PADA TAPAK**
- D. BASIS DATA UNTUK FENOMENA METEOROLOGI JARANG TERJADI**

**BAB III    PENENTUAN BAHAYA BERDASARKAN NILAI EKSTRIM**

- A. PROSEDUR UMUM**
- B. ANGIN EKSTRIM**
- C. CURAH HUJAN EKSTRIM**
- D. TEMPERATUR EKSTRIM**
- E. KETINGGIAN MUKA AIR LAUT**

**BAB IV    PENENTUAN BAHAYA UNTUK FENOMENA METEOROLOGI JARANG TERJADI**

- A. PENDAHULUAN**
- B. PUTING BELIUNG**
- C. SIKLON TROPIS**
- D. KILAT**

**DISTRIBUSI HARGA EKSTRIM**

## **BAB I**

### **PENDEKATAN UMUM**

1. Nilai ekstrim variabel meteorologi dan fenomena meteorologi jarang terjadi harus diselidiki untuk setiap tapak Reaktor Daya.
2. Karakteristik meteorologi dan klimatologi pada region sekitar tapak harus diselidiki sesuai yang diterangkan dalam pedoman ini. Luas region yang akan diselidiki, tipe informasi yang akan dikumpulkan, serta ruang lingkup dan detail penyelidikan harus ditentukan berdasarkan sifat dan kompleksitas kondisi meteorologi dan geografi dari tapak. Pada umumnya, jangka waktu pengumpulan data ditentukan oleh ketersediaan data.
3. Efek yang mungkin terjadi akibat pemanasan global selama umur Reaktor Daya harus dijelaskan.
4. Ruang lingkup dan detail informasi yang dikumpulkan serta penyelidikan yang akan dilakukan harus memadai, sehingga dapat digunakan untuk menentukan dasar desain (*design bases*) yang dapat melindungi terhadap bahaya meteorologi pada atau sekitar tapak. Untuk menggabungkan efek dari variabel meteorologi yang berbeda secara benar, informasi mengenai distribusi variabel meteorologi temporal harus diperoleh.
5. Pengumpulan data harus berlanjut sepanjang umur Reaktor Daya, termasuk selama dekomisioning dan selama penyimpanan aman (*safe storage*), sehingga memungkinkan dilaksanakan pengkajian ulang mengenai proteksi terhadap bahaya meteorologi, misalnya dalam penilaian keselamatan berkala.
6. Program jaminan mutu ditetapkan dan dilaksanakan untuk beberapa jenis (*item*) mencakup barang, jasa, dan proses termasuk yang mempengaruhi keselamatan. Program jaminan mutu dilaksanakan untuk memastikan bahwa pengumpulan data, pemrosesan data, pekerjaan lapangan dan laboratorium, studi, evaluasi dan analisis, dan semua aktivitas lain yang diperlukan dalam memenuhi tujuan pedoman keselamatan ini dilaksanakan dengan benar

## **BAB II**

### **INFORMASI DAN PENYELIDIKAN YANG DIPERLUKAN**

#### **(BASIS DATA)**

##### **A. BASIS DATA UNTUK NILAI EKSTRIM VARIABEL METEOROLOGI**

7. Data yang dikumpulkan secara rutin mengenai variabel meteorologi akan memberikan rekaman data jangka panjang yang berguna dalam analisis penentuan nilai ekstrim. Spesifikasi instrumentasi yang diperlukan dan pemasangannya mengacu pada publikasi *World Meteorological Organization* (WMO). Untuk fenomena yang sering terjadi pada suatu tapak, statistik terkait harus ditentukan berdasarkan rekaman pengamatan pada kondisi standar.

##### **B. SUMBER DATA METEOROLOGI LUAR-TAPAK (OFF-SITE)**

8. Untuk mengevaluasi variabel meteorologi ekstrim, data harus dikumpulkan dalam jangka panjang dengan interval waktu yang tepat untuk tapak yang diusulkan. Jika rekaman data lokal tidak mencukupi, maka harus dilakukan kajian dengan menggunakan data meteorologi regional yang tersedia di stasiun atau substasiun meteorologi di sekitar tapak. Data jangka panjang yang paling mewakili kondisi tapak untuk variabel yang dikaji, atau rekaman dari berbagai stasiun meteorologi terdekat yang memiliki zona iklim yang sama harus diolah, sehingga dapat mendukung estimasi parameter statistik yang diperlukan. Pendekatan pertama dapat ditempuh dengan membandingkan data jangka panjang tersebut dengan data serupa yang diperoleh dari program pengumpulan data meteorologi jangka pendek pada tapak (*on site*).
9. Pada umumnya, untuk keperluan analisis data, awal interval waktu tahunan hendaknya dimulai pada waktu variabel meteorologi yang dikaji sedang tidak berada di puncak atau di lembah siklus tahunannya. Siklus tahunan seperti itu disebut sebagai "tahun meteorologi" dan rangkaian data yang dihasilkan dinyatakan, misalnya sebagai kecepatan ekstrim tahunan, temperatur ekstrim tahunan, dan sebagainya. Pendekatan ini harus diterapkan, terutama untuk curah hujan ekstrim dan temperatur ekstrim.
10. Skala waktu rata-rata yang tepat untuk setiap parameter harus dipilih sedemikian sehingga dapat menghasilkan data yang relevan untuk desain Reaktor Daya.

11. Satu kejadian ekstrim pada suatu tahun diidentifikasi dan ditabulasi setiap tahun untuk menampilkan perhitungan statistik ekstrim. Data jangka panjang meliputi periode minimum 30 tahun. Bila periode data yang ada lebih pendek, ukuran sampel diperbanyak dengan mempertahankan semua nilai di atas suatu nilai ambang, menggantikan nilai maksimum tunggal pertahun (metode pembaharuan), untuk mengkompensasi ketidakpastian yang lebih besar. Nilai ekstrim yang berkaitan dengan berbagai kebolehjadian tahunan yang melebihi nilai ambang diperoleh dari data ini; suatu interval kepercayaan yang terkait harus diberikan.
12. Katalog tentang data spesifik meteorologi dan klimatologi dipublikasikan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika. Data tersebut berisi informasi tentang angin, temperatur, kelembaban dan curah hujan. Pengguna data harus memahami bahwa pengukuran yang dilakukan oleh organisasi yang berbeda tidak selalu mengikuti prosedur yang sama, sehingga perlu dilakukan evaluasi yang cermat dan penyesuaian data sebelum dilakukan pengolahan data. Sebagai contoh, ketinggian instrumen standar sebesar 10 meter untuk pengukuran kecepatan angin seringkali tidak dilakukan oleh stasiun meteorologi.
13. Laporan hasil analisis harus memasukkan penjelasan mengenai stasiun meteorologi (jenis peralatan, kalibrasi, kualitas dan konsistensi perekaman), lokasi dan keadaan geografisnya, serta kondisi lingkungan. Setiap terjadi perubahan data harus disesuaikan dalam laporan.
14. Di beberapa bagian di dunia, model numerik *mesoscale* dapat mensimulasi aliran udara pada skala regional dan lokal, dan dapat terfokus pada area yang diberikan. Bila model tersebut tersedia dan tervalidasi, maka model tersebut dapat dipakai dalam evaluasi tapak meteorologi.

### C. PROGRAM PEMANTAUAN METEOROLOGI PADA TAPAK

15. Selama evaluasi tapak, program penyelidikan meteorologi pada tapak harus dimulai untuk pengevaluasian karakteristik tapak dalam kaitan dengan fenomena dispersi atmosfir. Program tersebut mencakup pengukuran sepanjang garis vertikal pada tapak, dengan memasang tiang peralatan dan perangkat pengukur profil angin dan temperatur.

16. Apabila terdapat bukti tidak langsung bahwa pengukuran jangka panjang yang dilakukan pada stasiun meteorologi yang berdekatan dianggap telah mewakili tapak yang diusulkan, maka data yang dikumpulkan dalam jangka pendek pada tapak harus tetap digunakan untuk mengkaji pengaruh kondisi tapak dalam menentukan nilai ekstrim variabel meteorologi. Analisis komparatif rekaman pada tapak dan luar tapak yang berdekatan harus dilakukan untuk memvalidasi penggunaan data luar-tapak.
17. Selama tahap operasional, rekaman data jangka panjang yang diperoleh dari program penyelidikan meteorologi harus digunakan sebagai konfirmasi terhadap parameter meteorologi dan dijadikan sebagai dasar desain. Rekaman ini juga digunakan bila suatu saat akan dilakukan pengkajian ulang mengenai proteksi terhadap bahaya meteorologi.

#### **D. BASIS DATA UNTUK FENOMENA METEOROLOGI JARANG TERJADI**

18. Kejadian yang dicirikan sebagai fenomena meteorologi jarang terjadi, kemungkinan kecil terekam oleh jaringan instrumen standar karena kebolehjadian kemunculannya kecil pada tiap koordinat manapun, dan karena sifatnya merusak, fenomena tersebut dapat menyebabkan kerusakan instrumen standar atau menghasilkan rekaman yang tidak andal pada instrumen tersebut. Untuk fenomena yang jarang terjadi, kecepatan angin ekstrim harus ditentukan dari model konseptual fenomena tersebut, bersama-sama digabungkan dengan statistik frekuensi kemunculan (*rate of occurance*) dan intensitas kejadian pada tapak.
19. Dua jenis data harus dikumpulkan untuk fenomena meteorologi jarang terjadi, yaitu :
  - a. Data yang disusun secara sistematis oleh organisasi khusus (Badan Meteorologi dan Geofisika) dalam tahun-tahun terakhir. Data pada jenis ini akan memasukkan lebih banyak kejadian dengan intensitas yang lebih rendah dan lebih handal dari data riwayat;
  - b. Data riwayat yang diperoleh dari pencarian sumber informasi secara menyeluruh, misalnya dari surat kabar, rekaman dan arsip riwayat. Dari jenis data ini, dan dengan menggunakan skala kualitatif untuk setiap fenomena,

dapat diperoleh suatu kumpulan kejadian berikut intensitasnya untuk region tersebut. Data tersebut kemungkinan:

- 1) Sangat jarang terdapat dalam jangkauan kejadian berintensitas rendah;
  - 2) Bergantung pada kepadatan penduduk pada waktu itu; dan
  - 3) Hanya terklasifikasi secara subyektif pada waktu kemunculannya, sehingga sulit menentukan tingkat intensitas yang tepat untuk setiap kasus.
20. Pengumpulan data dan informasi secara komprehensif harus segera dilakukan setelah munculnya kejadian. Hal ini meliputi: nilai variabel terukur, saksi mata, foto, uraian kerusakan, dan informasi kualitatif lainnya yang tersedia segera setelah kejadian. Studi lebih lanjut mengenai kejadian yang jarang terjadi dapat menolong dalam membuat model mengenai kemunculan kejadian dan dapat memberikan kontribusi dalam hubungannya dengan klimatologi yang diketahui untuk region tertentu dalam penentuan kejadian dasar desain (*design basis event*) untuk region tersebut. Seringkali area yang terkena dampak oleh fenomena meteorologi jarang terjadi, relatif kecil, sehingga kenyataannya sangat sulit tercapai akumulasi data yang relevan dan memadai.

## **BAB III**

### **PENENTUAN BAHAYA BERDASARKAN NILAI EKSTRIM**

#### **A. PROSEDUR UMUM**

21. Prosedur umum untuk menentukan bahaya dari variabel meteorologi ekstrim terdiri atas langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Studi mengenai rangkaian data mewakili wilayah yang dianalisis, dan evaluasi atas kualitasnya (kelengkapan dan kehandalan);
  - b. Pemilihan distribusi statistik yang paling cocok untuk himpunan data;
  - c. Pengolahan data untuk mengevaluasi fungsi distribusi dari variabel yang menjadi bahan pertimbangan (nilai yang diharapkan, deviasi standar, dan lain-lain), mungkin dapat diturunkan harga interval munculnya kembali nilai tengah (*mean recurrence interval/MRI*) dan batas kepercayaan (*confidence limits*) yang menyertai.
22. Nilai tahunan ekstrim dari variabel meteorologi merupakan variabel acak yang ditandai dengan distribusi kebolehjadian spesifik. Pada dasarnya, himpunan data dianalisis dengan fungsi distribusi kebolehjadian yang sesuai untuk himpunan data yang dipelajari. Di antara distribusi yang ada, distribusi nilai ekstrim asimtotis dijelaskan pada lampiran, yaitu Fisher-Tippet Tipe I (Gumbel), Tipe II (Frechet), dan Tipe III (Weibull) biasa digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa harus tersedia informasi yang memadai untuk menentukan distribusi yang paling cocok dengan data. Distribusi Fisher-Tippet dipakai dalam bentuk grafik, terutama Hukum Gumbel, yang menghasilkan suatu garis lurus bila diplot pada suatu pola (*template*) khusus, kurva pada sisi ujung ekstrim dapat mengindikasikan bahwa data dari dua populasi kejadian terdapat di dalam himpunan data.
23. Pengolahan data harus memperhitungkan ketidaktetapan (*non-stationarity*) yang mungkin dari proses stokastik yang dibahas; ketidaktetapan ini dapat menunjukkan perubahan iklim yang terjadi pada fenomena meteorologi lainnya. Data untuk tujuan desain harus menjelaskan ketidaktetapan ini berikut interval kepercayaannya.
24. Upaya penyesuaian distribusi nilai ekstrim ke dalam himpunan data yang hanya mewakili beberapa tahun rekaman harus dilakukan dengan hati-hati. Bila

ekstrapolasi dilakukan mencakup periode waktu yang panjang dengan menggunakan teknik statistik, maka batas fisik untuk variabel masalah yang sedang dibahas hendaknya diperhatikan. Kehati-hatian harus diambil dalam mengekstrapolasi ke interval waktu yang berada di luar durasi perekaman yang ada (misalnya untuk periode ‘ulang’ yang empat kali lebih besar dari durasi sampel). Metode ekstrapolasi harus didokumentasikan.

## B. ANGIN EKSTRIM

### B.1. Sumber dan Pengumpulan Data

25. Nilai rata-rata kecepatan angin maksimum biasanya di rekam pada durasi yang tetap, misalnya 3 detik angin kencang sesaat (*gust*), 60 detik, atau 10 menit. Pengolahan data untuk mengevaluasi statistik angin ekstrim dilakukan dengan metode terbaik yang ada; khususnya, himpunan data harus distandardkan terhadap periode waktu perata-rataan yang seragam, dan terhadap ketinggian (*height*) dan kekasaran (*roughness*) permukaan tanah yang seragam, serta harus dikoreksi dengan efek topografis lokal.
26. Tidak semua data tentang angin diperoleh pada ketinggian yang sama di atas permukaan tanah. Ketinggian dapat bervariasi antara setiap stasiun; bahkan untuk satu stasiun, data dapat dikumpulkan pada ketinggian yang berbeda selama periode yang berbeda. Dalam hal ini, data harus dinormalisasikan ke ketinggian standar (biasanya 10 meter di atas permukaan tanah), menggunakan profil dengan koefisien yang dapat disesuaikan dengan kekasaran setempat. Namun untuk struktur yang tinggi, data angin yang diukur pada ketinggian yang lebih tinggi lebih tepat untuk digunakan.
27. Bila sebagian himpunan data angin telah diperoleh dengan periode perata-rataan yang berbeda, maka data harus dinormalisasikan terlebih dahulu ke suatu durasi perata-rataan yang konstan (*constant averaging duration*). Nilai kecepatan angin yang akan dipakai adalah nilai yang berkaitan dengan durasi waktu yang ditentukan menjadi kritis untuk digunakan dalam desain.
28. Angin kencang dapat disebabkan oleh beberapa fenomena meteorologi yang berbeda, misalnya sistem tekanan menyeluruh (*extended pressure systems/EPS*), formasi awan *cumulonimbus* (hujan badai) tertentu, angin fohn, aliran yang

diinduksi gravitasi, dan fenomena lokal lainnya. Kecepatan angin tahunan ekstrim yang dihasilkan oleh tiap fenomena tersebut mengandung variabel acak yang harus dianalisis secara terpisah. EPS dapat dinyatakan sebagai depresi ekstra tropis atau angin siklon ekstra tropis.

### **B.2. Analisis Statistik**

29. Berbagai studi telah menunjukkan bahwa pada sebagian besar lokasi, kecepatan angin ekstrim yang disebabkan oleh satu fenomena meteorologi, misalnya angin EPS, lebih baik dicocokkan dengan hukum Tipe I. Untuk rangkaian berbagai macam angin (*mixed wind series*), yaitu rangkaian yang tidak termasuk dalam tipe badai, tidak ada distribusi yang ideal untuk dipilih. Apabila terdapat informasi yang menyatakan adanya potensi fenomena meteorologi seperti badai tropis atau badai di luar tropis, maka kejadian dasar desain (*design basis event*) yang sesuai untuk setiap fenomena tersebut harus dievaluasi.
30. Studi di atas dilakukan untuk mengukur kecepatan angin dengan mengabaikan arah angin. Karakterisasi statistik kecepatan angin ekstrim dengan mempertimbangkan arah angin harus dilakukan dengan cara mengelompokkan data menjadi beberapa bagian, misalnya dibagi dalam delapan penjuru angin (*octants*), untuk mendapatkan model yang lebih lengkap.

### **B.3. Data untuk Tujuan Desain**

31. Kecepatan angin ekstrim ditandai oleh kebolehjadiannya yang terlampaui dalam interval waktu acuan; kebolehjadian dan interval waktu acuan tersebut harus sesuai untuk tujuan pembuatan desain instalasi. Sebagai indikator bahaya angin, kecepatan angin ekstrim yang diduga dan tingkat kepercayaannya (*confidence interval*) selama umur instalasi harus ditentukan.

## **C. CURAH HUJAN EKSTRIM**

### **C.1. Sumber dan Pengumpulan Data**

32. Data yang dikumpulkan secara rutin dan digunakan untuk analisis curah hujan ekstrim pada umumnya meliputi curah hujan maksimum 24 jam. Rekaman yang didasarkan pada waktu rata-rata yang lebih pendek dari rentang waktu 24 jam mengandung lebih banyak informasi, dan dalam kondisi tertentu (kondisi

orografi, topografi) dapat dijadikan pilihan. Analisis harus menggunakan data dari stasiun yang dilengkapi dengan alat penakar hujan yang merekam secara berkelanjutan, seperti penakar jenis *weighting* atau *tipping bucket*. Apabila jaringan stasiun yang merekam secara berkelanjutan tersebut jarang ada, maka data dari stasiun yang tidak merekam secara berkelanjutan dapat dipergunakan.

33. Pada saat hasil analisis curah hujan ekstrim dilaporkan, uraian mengenai stasiun meteorologi dan keadaan geografisnya harus disertakan. Segala penyesuaian terhadap data tersebut disajikan bersama-sama dengan hasil analisisnya.
34. Kajian curah hujan regional dilakukan untuk memastikan apakah tapak secara klimatologis serupa dengan kondisi klimatologis yang berada di sekitar stasiun meteorologi. Kajian ini dibuat untuk memilih stasiun yang paling sesuai untuk memberikan rangkaian data jangka panjang bagi keperluan analisis. Proses pemilihan tidak terbatas hanya pada pertimbangan karakteristik mikrometeorologi, sistem *mesoscale*, dan pengaruh topografis. Data tambahan yang dihimpun selama program pengukuran di tapak harus dipertimbangkan.
35. Apabila tidak ada jaringan perekaman berkelanjutan di sekitar tapak, tetapi jika tersedia data total curah hujan untuk interval waktu tertentu pada stasiun-stasiun secara klimatologis tidak berbeda dengan tapak, maka konsep yang sama dapat digunakan. Dengan demikian, suatu hubungan statistik umum dapat diterapkan untuk memperkirakan kejadian maksimum yang muncul dalam periode rata-rata tertentu, misalnya 24 jam yang berasal dari kumpulan pengukuran berurutan dibuat selama interval perata-rataan yang lain, misalnya 3 jam, 6 jam, atau 12 jam.

## C.2 . Analisis Statistik

36. Secara umum, analisis curah hujan maksimum untuk periode yang lebih panjang (masa 24 jam atau lebih) memberikan kesesuaian data yang baik dengan distribusi Tipe I (*Gumbel*). Akan tetapi, analisis curah hujan maksimum untuk periode yang lebih pendek menghasilkan kesesuaian data yang baik dengan distribusi Tipe II (*Frechet*). Periode waktu untuk perubahan dari satu tipe distribusi ke tipe distribusi lainnya dapat bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lain sebagai fungsi klimatologi. Berbagai analisis dengan periode waktu yang berbeda dilakukan untuk membuat kurva intensitas-durasi curah hujan.

37. Untuk periode perata-rataan yang pendek, kejadian curah hujan yang sangat lebat (*outliers*), khususnya di area yang mengalami curah hujan ekstrim disebabkan oleh kondisi orografis, kadang-kadang dapat teramati dalam rekaman. Efek curah hujan tersebut diperhitungkan dalam melakukan perhitungan statistik terkait. Bila terdapat penyimpangan data curah hujan, maka analisis harus dilakukan dengan hati-hati. Nilai yang menyimpang ini menggambarkan nilai ekstrim kejadian di dalam himpunan data, tetapi mungkin nilainya terlalu besar dibandingkan dengan nilai lainnya. Dalam beberapa hal, pendekatan statistik diabaikan dan hanya perkiraan batas atas curah hujan yang harus dipertimbangkan berdasarkan analisis fenomena fisika.
38. Untuk interval waktu 12 hingga 48 jam, evaluasi harus dibuat untuk menentukan distribusi (misalnya *Gumbel* atau *Frechet*) yang paling sesuai dengan data. Walaupun beberapa petunjuk tersedia tetapi ada hal-hal pokok yang harus dipertimbangkan, yaitu :
  - a. jangkauan nilai titik data (*data point*) di dalam data tersebut;
  - b. sifat dasar sistem yang menghasilkan nilai maksimum himpunan data, dan;
  - c. kemungkinan penggunaan distribusi campuran (*mixed distribution*) jika curah hujan diakibatkan oleh lebih dari satu fenomena meteorologi.

### C.3. Data untuk Tujuan Desain

39. Di masa mendatang, untuk mengevaluasi curah hujan sebagai dasar desain, variabel yang dipertimbangkan adalah banyaknya curah hujan selama periode waktu yang berbeda. Sub-bab ini umumnya berkenaan dengan curah hujan dalam fase cair, atau dengan hujan padat yang sama dengan cairan, dan tidak membedakan antara fase padat dan cair.
40. Sebagaimana halnya variabel meteorologi yang lain dapat diukur selama periode waktu yang cukup panjang, bahaya curah hujan dapat dievaluasi dengan analisis statistik standar dari rekaman yang teramati. Bahaya curah hujan tersebut ditandai dengan kebolehjadian dari bencana yang telah melebihi interval waktu acuan; kebolehjadian dan interval waktu acuan ini harus sesuai dengan tujuan desain Reaktor Daya. Sebagai suatu indikator bahaya curah hujan, harga ekstrim yang diharapkan pada 24 jam dan interval kepercayaannya selama umur Reaktor Daya

harus ditentukan. Di samping itu, untuk evaluasi efek lokal pada Reaktor Daya atau area sekitarnya, diperlukan periode pererataan yang lebih pendek.

41. Prosedur untuk mengevaluasi bahaya curah hujan tergantung pada berbagai faktor, misalnya: karakteristik meteorologi yang paling berpengaruh terhadap hujan lebat pada tapak tertentu; jumlah, jenis dan kualitas data meteorologi; fitur topografi; dan pengaruh yang mungkin dari faktor meteorologi dan topografi terhadap lamanya hujan dan terhadap pemilihan luas drainase minimum yang diperlukan. Karena faktor yang terkait, maka tidak ada prosedur umum, tunggal dan terperinci yang tersedia. Ahli meteorologi yang akrab dengan klimatologi badai hujan ekstrim harus melakukan studi sesuai dengan metode terbaik yang tersedia.

## D. TEMPERATUR EKSTRIM

### D.1. Sumber dan Pengumpulan Data

42. Pada beberapa stasiun, temperatur direkam secara berkelanjutan dan di stasiun yang lain direkam pada interval tertentu. Pada stasiun sekunder, temperatur maksimum dan minimum sekurang-kurangnya direkam setiap hari.
43. Uraian mengenai masing-masing stasiun meteorologi tempat data diperoleh dan keadaan geografinya dimasukkan dalam laporan analisis.
44. Suatu program pengukuran di tapak harus dilaksanakan guna memperoleh data tapak untuk dibandingkan dengan data dari stasiun meteorologi yang sudah tersedia di region tapak. Dengan cara perbandingan tersebut, maka dimungkinkan untuk menentukan stasiun yang mempunyai kondisi meteorologi mirip dengan kondisi meteorologi pada tapak, dan dimungkinkan tersedianya rekaman jangka panjang. Kemiripan ini harus diverifikasi dalam program di tapak.
45. Temperatur maksimum dan minimum harian (nilai ekstrim temperatur sesaat dalam satu hari) mencerminkan himpunan data, yang mana nilai ekstrim tahunan biasanya dipilih untuk keperluan prediksi. Nilai ini membentuk sub himpunan data yang biasanya dianalisis untuk mendapatkan statistik nilai ekstrim. Perlu dicatat bahwa, pendekatan yang lebih baik (metode terbaru) didasarkan pada sub himpunan data yang diperbesar, artinya selain maksimum tahunannya, tercatat pula nilai maksimum berikutnya misalnya, nilai maksimum kedua dan ketiga,

dengan menganggap bahwa nilai maksimum berikutnya tidak saling berhubungan. Sub-himpunan data yang diperbesar ini harus tersedia. Selain itu, perkiraan mengenai lamanya temperatur tetap di atas atau di bawah nilai yang ditentukan dapat digunakan untuk tujuan desain Reaktor Daya, dan harus diperhitungkan dalam pengumpulan data.

46. Awal tahun meteorologi untuk analisis temperatur ekstrim harus dipilih supaya tidak bersamaan dengan suatu musim yang temperaturnya mencapai nilai ekstrim. Dengan cara ini, maka akan terhindar dari pemilihan yang tidak sesuai untuk data tahun yang berbeda terhadap satu musim.

#### **D.2. Analisis Statistik**

47. Temperatur ekstrim umumnya mengikuti distribusi *Gumbel*. Rekaman temperatur diolah sebagaimana mestinya untuk mendapatkan ciri-ciri statistik konsistensi temperatur, di atas atau di bawah tingkat yang dipilih.

#### **D.3. Data untuk Tujuan Desain**

48. Desain harus dapat memasukkan pengaruh temperatur ekstrim, dan analisis statistik harus menyediakan data yang diperlukan dalam bentuk yang dapat digunakan untuk tujuan tersebut, demikian pula yang harus dilakukan untuk variabel yang lain. Durasi temperatur sangat tinggi atau sangat rendah yang berlangsung lama merupakan faktor yang harus dipertimbangkan.

### **E. KETINGGIAN MUKA AIR LAUT**

49. Ketinggian muka air laut yang dekat dengan Reaktor Daya pada daerah pantai dipengaruhi oleh :
- Perubahan ketinggian muka air laut rata-rata yang disebabkan oleh perubahan iklim (atau fenomena lain);
  - Pasang surut astronomis;
  - Gelombang badai yang datang dari laut terbuka, secara potensial diperkuat oleh angin kencang setempat;
  - Ombak;
  - Struktur buatan manusia, seperti pemecah ombak dan tembok laut (*jetties*).

Jika Reaktor Daya terletak di muara, maka pelepasan air sungai ke laut menjadi faktor tambahan yang harus dipertimbangkan.

### **E.1. Pengumpulan dan Sumber Data**

50. Ketinggian muka air laut biasanya direkam tiap jam dengan alat pengukur pasang surut di pelabuhan. Di beberapa Negara, data tersebut direkam sejak lebih dari satu abad (pengukuran dilakukan oleh Bakosurtanal, BMG, Dishidros). Data ini harus dikumpulkan secara seksama, mengingat bahwa data historis dapat dipengaruhi oleh gejala alam atau ulah manusia yang dapat mengubah wilayah pantai.
51. Dalam hal gelombang badai, data yang mewakili untuk tapak yang dipelajari dikaji dengan menggunakan model tervalidasi untuk region tersebut.
52. Data ketinggian ombak biasanya dikumpulkan oleh BMG. Parameter yang digunakan untuk menjelaskan ombak ini adalah sepertiga dari ketinggian gelombang tertinggi. Standardisasi data ini harus didokumentasi dengan baik.
53. Dalam hal tidak tersedianya data statistik yang dapat diandalkan tentang gelombang badai dan ombak, informasi dari tapak lain tidak terlalu diandalkan sebab sangat sulit memastikan kemiripan tapak tanpa adanya penyelidikan yang menyeluruh. Hasil dari model meteorologi (sesuai untuk gambaran kejadian ini) harus dipandang sebagai sumber pengganti dari data statistik. Untuk region tersebut, model ini harus divalidasi terhadap data yang dikumpulkan dari region lain yang secara fisik serupa dalam hal gelombang badai, seperti angin atau tekanan. Kemiripan kebolehjadian dengan lokasi lain harus diselidiki dan divalidasi secara menyeluruh.

### **E.2. Analisis Statistik**

54. Pada umumnya, analisis gelombang badai ekstrim dan ombak ekstrim dilakukan menggunakan metode klasik, misalnya distribusi *Gumbel*, untuk pengkajian harga ekstrim. Metode terbaru biasanya menggunakan kejadian historis (data kualitatif dan kuantitatif).

### **E.3. Data untuk Tujuan Desain**

55. Perkiraan ketinggian muka air laut rata-rata selama umur Reaktor Daya harus didokumentasikan dengan baik beserta interval kepercayaannya.
56. Gelombang badai ekstrim dan ketinggian ombak ekstrim ditandai dengan kebolehjadian terlampauinya (nilai ambang ekstrim) dalam interval waktu acuan; kebolehjadian dan interval waktu acuan ini harus tepat untuk tujuan desain Reaktor Daya. Sebagai suatu indikator bahaya, perkiraan gelombang badai ekstrim dan tinggi ombak ekstrim selama umur Reaktor Daya harus ditentukan berikut interval kepercayaannya.

## **BAB IV**

### **PENENTUAN BAHAYA**

#### **UNTUK FENOMENA METEOROLOGI YANG JARANG TERJADI**

#### **A. PENDAHULUAN**

57. Bab ini menerangkan metode untuk menentukan bahaya fenomena meteorologi yang jarang terjadi, seperti puting beliung, siklon tropis dan kejadian lainnya. Dalam keadaan tertentu kejadian ini mungkin akan menimbulkan banjir. Metode tersebut dapat dirangkum sebagai berikut:
- Melaksanakan kajian potensi setiap fenomena di region. Jika ada potensi, klimatologi regional dievaluasi; intensitas dan frekuensi kemunculan fenomena terkait ditentukan;
  - Mengidentifikasi parameter fisika relevan yang terkait dengan berbagai intensitas fenomena;
  - Menentukan kebolehjadian setiap fenomena pada tapak tertentu (*specific site*) yang diusulkan sebagai fungsi tingkat intensitas fenomena atau menyusun suatu model yang tepat untuk kejadian di region;
  - Menevaluasi fenomena dasar desain yang berhubungan dengan kebolehjadian suatu nilai yang melampaui batasan yang dipilih.

#### **B. PUTING BELIUNG**

##### **B.1. Pengumpulan Data**

58. Fenomena puting beliung dikenal sesuai dengan nama setempat, telah didokumentasikan di semua belahan dunia. Informasi pada kurun waktu selama mungkin harus dikumpulkan untuk menentukan adanya potensi terjadi puting beliung pada region.
59. Apabila kemungkinan terjadinya puting beliung di suatu region telah dikonfirmasikan, maka harus dilaksanakan suatu penyelidikan yang lebih rinci untuk mendapatkan data yang cocok bagi evaluasi puting beliung dasar desain.
60. Skema klasifikasi intensitas dipilih seperti yang dikembangkan oleh Fujita-Pearson. Sistem ini merupakan kombinasi dari penilaian skala-F Fujita untuk kecepatan angin, skala Pearson untuk panjang dan lebar lintasan. Klasifikasi masing-masing puting beliung didasarkan pada tipe dan luas kerusakan.

Penjelasan dan potret area yang rusak dapat menjadi petunjuk tambahan untuk klasifikasi puting beliung.

### **B.2. Kompilasi Inventori Puting Beliung**

61. Laporan puting beliung yang terjadi di region dikumpulkan dan puting beliung tersebut harus diklasifikasikan. Berdasarkan hal tersebut di atas, inventori puting beliung regional dikompilasi dalam bentuk ‘katalog puting beliung’. Region dengan luasan 100.000 km<sup>2</sup> yang berpusat pada tapak harus dipertimbangkan untuk tujuan ini.
62. Klasifikasi masing-masing puting beliung harus mencantumkan intensitas (skala-F), panjang lintasan, lebar lintasan dan arah lintasan. Informasi umumnya hanya tersedia untuk sebagian puting beliung yang menyentuh tanah. Sulit untuk memperhitungkan puting beliung yang tidak menyentuh tanah sama sekali, atau untuk menentukan kerusakan efektif dari bagian yang terangkat oleh puting beliung yang sesekali menyentuh tanah. Akibatnya, dapat terjadi perhitungan yang terlalu rendah terhadap kebolehjadian interaksi dengan struktur yang tinggi.
63. Interpretasi yang tepat mengenai laporan puting beliung yang dihimpun dari masyarakat kemungkinan sulit. Jika uraian tentang puting beliung tidak jelas, kelas intensitas skala-F harus ditentukan secara konservatif. Untuk evaluasi puting beliung dasar desain yang diuraikan dalam bab ini, luas lintasan (lebar lintasan dan panjang lintasan) dan intensitas (skala-F) sangat penting.
64. Untuk evaluasi dasar desain terhadap puting beliung, harus dipilih suatu region yang homogen secara klimatologi dan yang menunjukkan karakteristik puting beliung yang sama (*uniform*). Region tersebut bisa dibagi ke dalam beberapa sub-region, dan untuk masing-masing sub-region, frekuensi terjadinya puting beliung harus dievaluasi dan dibandingkan untuk menentukan homogenitas zona dan kekonservatifan pilihan frekuensi untuk region tersebut.

### **B.3. Data untuk Tujuan Desain**

65. Kebolehjadian per tahun bahwa suatu tapak tertentu akan mengalami puting beliung dengan kecepatan angin melebihi nilai tertentu harus ditetapkan melalui studi dari inventori puting beliung. Puting beliung diklasifikasikan berdasarkan

karakteristik fisisnya, seperti kecepatan angin maksimum (intensitas) dan luasan kerusakan (panjang lintasan dan lebar lintasan).

66. Setelah penentuan dasar desain pada puting beliung yang diberi skala berdasarkan kecepatan angin, suatu model puting beliung harus dipilih untuk mengevaluasi parameter lain seperti kecepatan angin tangensial, kecepatan angin rotasi maksimum, radius terhadap kecepatan angin maksimum dan penurunan tekanan. Projektil yang disebabkan oleh puting beliung harus disebutkan.

## C. SIKLON TROPIS

67. Pendekatan yang harus diambil untuk tahap desain terhadap siklon tropis dengan mengandalkan penentuan siklon tropis maksimum yang mungkin (PMTC = *Probable Maximum Tropical Cyclone*) telah dicakup dalam pedoman ini. Metode umum diberikan untuk evaluasi parameter yang terkait dengan PMTC. Metode ini tergantung pada hasil studi teoritis tentang struktur siklon tropis dan memanfaatkan sejumlah besar data.
68. Distribusi dan perkiraan hujan lebat dalam siklon tropis dan pengaruh siklon tropis terhadap banjir memerlukan pertimbangan tersendiri. Kriteria umum mengenai hujan lebat, tidak terkait secara khusus dengan siklon tropis, dijelaskan dalam Pedoman yang mengatur bahaya banjir terhadap Reaktor Daya.

### C.1. Penjelasan Fenomena

69. Siklon tropis terdiri atas suatu perputaran massa dari udara lembab hangat, dalam diameter satu hingga beberapa ratus kilometer. Tekanan atmosfer mendekati titik pusat lebih rendah, tekanan tersebut bisa mencapai kurang dari 90 kPa dalam suatu perkembangan gulungan siklon tropis yang dahsyat. Di belahan bumi bagian utara, angin siklon putaran spiralnya ke arah pusat berlawanan dengan arah jarum jam, sedangkan di belahan bumi bagian selatan, putarannya searah dengan jarum jam. Perkembangan gulungan siklon tropis meliputi awan tebal yang areanya menyebar luas, meluas hingga puncak tertinggi, bersatu dengan hujan yang sangat lebat dan angin kencang. Angin terkencang (mencapai 100 m/dt) bertiup dalam satu kumpulan yang kencang di sekeliling mata siklon tropis (badai tropis menyerupai siklon tropis tapi intensitasnya lebih rendah). Badai

tropis dapat disamakan dengan kecepatan angin maksimum lebih rendah dari 33 m/dt). Mata siklon berada pada daerah antara angin ringan dan langit berawan tipis, biasanya berbentuk lingkaran bulat atau elips dengan jangkauan beberapa kilometer hingga lebih dari 150 km. Kecepatan angin naik secara tiba-tiba di dekat tepi sebelah luar mata siklon, disebut dinding mata siklon, selanjutnya menjauhi dinding kecepatan angin berkurang secara perlahan-lahan.

70. Walaupun angin siklon tropis seringkali melampaui kecepatan 50 m/dt, gerakan peralihan siklon tersebut kebanyakan lebih rendah kecepatannya. Sebagai contoh di lautan Pasifik barat laut, pergerakan secara khusus menuju barat atau barat laut pada kisaran 4-5 m/dt, tetapi arah di luar itu kecepatannya dapat melebihi 15 m/dt.
71. Proses fisik dan transformasi energi yang terjadi pada siklon tropis luar biasa rumit dan belum sepenuhnya dipahami. Pada prinsipnya suatu siklon tropis adalah mesin pemanas yang sangat luas dengan sumber energinya berasal dari penghangatan laut, ketika uap air hangat yang tersembunyi tersebut lepas maka saat itulah terjadi kondensasi dan terbentuklah hujan.
72. Bagian tengah dari siklon tropis lebih hangat dan karena udara hangat di bagian tengah lebih ringan dari sekelilingnya, maka tekanan udara permukaan menjadi lebih rendah, dan perbedaan semacam itu menciptakan tekanan permukaan, pola tersebut dikenal dengan lingkaran isobar (garis khayalan di peta bumi yang menghubungkan tempat-tempat yang sama tekanan udaranya). Udara bergerak menuju ke pusat tekanan rendah dan dibiasakan karena rotasi perputaran bumi dan masuk ke dalam spiral. Harus diperhatikan bahwa siklon tropis tidak terbentuk dekat equator ( $5^{\circ}$  Lintang Utara sampai  $5^{\circ}$  Lintang Selatan).
73. Secara umum diketahui bahwa siklon tropis terbentuk dan dapat berlangsung apabila memenuhi tiga kondisi :
  - a. Suhu laut dalam kondisi hangat, dengan temperatur permukaan lebih dari  $27^{\circ}$  C;
  - b. Udara lembab pada level rendah berkumpul dan bergerak ke atas menuju daerah yang luas;
  - c. Aliran udara pada level sangat tinggi bergerak keluar sehingga sirkulasi dapat berlanjut.

74. Siklon tropis mempunyai berbagai nama, bergantung pada kedahsyatan daya rusaknya dan di wilayah mana siklon tropis tersebut terjadi. Di Atlantik digambarkan sebagai *Hurricane* (angin ribut, topan) yang pada dasarnya fenomena sama terjadi juga di Selat Bangladesh, Laut Arab dan barat daya Lautan India, atau *Typhoon* dianggap sebagai siklon dahsyat yang terjadi di Pasifik utara bagian barat.
75. Meskipun siklon tropis sangat jarang terjadi pada EPS yang kuat, namun pengaruhnya begitu penting di daerah pantai, sebagian besar negara selalu memperhatikan untuk mengkaji kembali manfaat ancaman tersebut. Kerusakan utama akibat badai ini disebabkan oleh banjir sebagai akibat gelombang pasang dan disertai gangguan cuaca yang pada umumnya terjadi jaraknya cukup jauh dari pusat siklon. Pada garis pantai yang tidak terlindung, biasanya kerusakan dimulai dari pengikisan erosi dan hempasan oleh pukulan gelombang besar yang menyebabkan air pasang dan menghantam pondasi bangunan Reaktor Daya sehingga menyebabkan kerusakan struktur lantai dasar bangunan tersebut.
76. Umumnya siklon tropis terjadi di Pasifik sebelah barat. Juga terjadi di Lautan India utara (Selat Bangladesh, Laut Arab), Lautan India selatan, Pasifik selatan, Atlantik barat, lepas pantai barat Australia. Siklon tropis sering juga terjadi di Pasifik sebelah timur tetapi lintasannya tetap terutama di atas lautan. Kejadian siklon modulasi kuat oleh osilasi sebelah utara: sebagian besar di Pasifik, sebagian kecil di Atlantik, El Nino tahunan. Fenomena ini dikaitkan dengan keberadaan dari siklon tropis, dalam beberapa tahun, kondisi lautan yang hangat tetapi berbeda dari biasanya terjadi di sepanjang pantai barat tropis di Amerika Selatan, disebabkan oleh pengaruh cuaca lokal dan tercipta anomali pada medan luas di Pasifik equator, Asia dan Amerika Utara. Atlantik tenggara dan Pasifik tengah tidak dipengaruhi oleh gangguan ini. Daerah pantai Brasil dilaporkan telah menjadi tujuan siklon tropis yang merusak dan terjadi sekali dalam setiap ratusan tahun. Ada indikasi suatu peningkatan temperatur yang tetap pada permukaan air lautan, sehingga secara teoritis angka kejadian dan intensitas siklon tropis di dunia meningkat juga.

## C.2. Pengumpulan Informasi

77. Beberapa data parameter badai yang menyertai siklon tropis harus dikumpulkan, diantaranya :
- tekanan pusat minimum;
  - kecepatan angin maksimum;
  - profil angin permukaan horisontal;
  - bentuk dan ukuran mata siklon;
  - profil kelembaban dan temperatur vertikal dalam mata siklon;
  - karakteristik tropopause sepanjang mata siklon;
  - posisi siklon tropis secara teratur, sebaiknya setiap interval enam jam;
  - temperatur permukaan laut.
78. Nilai beberapa parameter pada angka 77 umumnya tersedia dalam laporan, data base, ikhtisar atau makalah yang disediakan oleh penyedia jasa data meteorologi nasional atau internasional atau oleh institusi penelitian. Namun, beberapa data mungkin tidak tersedia untuk region tertentu sehingga pengambilan data harus ditempuh dengan cara lain, misalnya melalui pengamatan radar, citra satelit, laporan pengintaian (*reconnaissance*) khusus, studi kasus dan laporan pers.
79. Untuk penentuan nilai 'ekstrim' dari beberapa variabel di atas, maka nilai tertinggi dan terendah yang telah direkam harus dipastikan. Karena pengamatan sinoptik dibuat pada interval waktu yang diskrit, sebagian dari nilai ini dapat ditentukan dengan menggunakan rekaman autografi yang berasal dari lokasi daratan atau lautan. Jika data autografi tidak memadai, maka beberapa data parameter, seperti angin maksimum atau tekanan sekeliling dari siklon tropis, harus diperkirakan dari peta sinoptik.
80. Untuk tujuan penerapan metode tertentu, gambaran menyeluruh harus berlaku pada kondisi normal atau 'tak terganggu' di region tersebut ketika terjadi siklon. Pada tahap ini, peta atau analisis klimatologi yang menggambarkan unsur berikut harus diperhatikan, yaitu :
- tekanan pada permukaan laut;
  - temperatur permukaan laut;
  - temperatur, ketinggian, kelembaban (titik-titik embun) pada tingkat tekanan standar dan pada tropopause.

81. Sebagian besar data siklon tropis yang digunakan untuk pengembangan PMTC, terkait dengan badai di atas perairan terbuka, metode tersebut hanya dapat diterapkan di lokasi pantai terbuka. Untuk lokasi pedalaman, pengaruh topografis dan gesekan permukaan tanah harus diuji dan dikuantifikasi.

### C.3. Pemodelan Siklon

82. Walaupun tersedia data siklon tropis dari pesawat pemantau yang dikumpulkan selama 20 tahun terakhir, variasi terhadap waktu dari beberapa parameter siklon tropis yang terkait selama periode beberapa jam, masih sedikit yang diketahui, sehingga PMTC diasumsikan dalam kondisi tunak. Perubahan substansi pada region inti bagian dalam dari jam ke jam telah dicatat pada beberapa siklon tropis yang besar.
83. Untuk menentukan keberlakuan suatu model terhadap tapak yang dievaluasi, maka kondisi lokal, keunikan tapak dan data historis harus dievaluasi dengan seksama dan harus dilengkapi dengan pengukuran menggunakan instrumentasi yang tepat yang dipasang pada tapak sehingga perbandingan terhadap area sekitar dapat dilakukan. Jika mungkin, studi kasus harus juga dibuat untuk menentukan karakteristik siklon tropis yang melintasi area sekitarnya. Semua siklon tropis yang diketahui yang telah melintas dalam 300-400 km dari tapak harus dimasukkan dalam studi tersebut.
84. Ada kemungkinan bahwa metode yang didasarkan pada model fisis untuk dikembangkan pada region tertentu, tidak dapat diterapkan di region lain tanpa modifikasi yang sesuai. Karena jarang terjadi siklon tropis dahsyat, dan langkanya pengamatan bagian intens dari badai, maka karakteristik fisis siklon pada region yang berbeda tidak diketahui sepenuhnya, dan ketidakpastian ini harus diperhitungkan dalam pemodelan.

### C.4. Siklon Tropis Maksimum yang Mungkin (*Probable Maximum Tropical Cyclone/ PMTC*)

85. Untuk tujuan penerapan metode yang dibahas dalam Pedoman Keselamatan ini, PMTC merupakan hipotesis untuk siklon tropis kondisi tunak yang mempunyai kombinasi nilai parameter meteorologi yang dipilih, untuk memberikan kecepatan

angin tertinggi secara terus-menerus terjadi pada lokasi pantai yang dievaluasi. Dari nilai parameter meteorologi, PMTC diperoleh dan digunakan untuk menghitung nilai gelombang maksimum pada titik-titik pantai, dengan asumsi bahwa PMTC mendekati pantai melalui jalur yang paling kritis.

86. Metode untuk mengevaluasi PMTC masih dikembangkan, oleh karena itu evaluasi harus dilakukan dengan seksama. Dalam hal ini, teknik modern untuk menentukan beberapa parameter siklon tropis atas dasar pengamatan dari satelit dan pesawat telah mengalami evolusi yang signifikan dan harus dipertimbangkan dalam penerapannya.

#### **C.5. Data untuk Tujuan Desain**

87. Kecepatan angin maksimum yang dapat dipercaya pada tapak harus ditentukan. Nilai ini harus sesuai dengan nilai yang dihasilkan dari data rekaman yang tersedia pada tapak atau stasiun terdekat. Demikian juga, fitur lain yang diperlukan untuk desain, seperti profil kecepatan angin vertikal atau durasi intensitas angin di atas ketinggian tertentu, proyektil yang terbawa angin atau gelombang, harus dijelaskan.

#### **D. KILAT**

88. Transien kilat menunjukkan tegangan, arus dan laju kenaikan arus yang sangat tinggi. Kerusakan biasanya dikategorikan menjadi kerusakan langsung ataupun tidak langsung. Kilat berasal dari medan listrik sangat kuat yang dihasilkan pada kondisi tertentu, menghasilkan pelucutan muatan titik (*point discharges*) dan dapat menyebabkan kerusakan insulator alam (membentuk lintasan konduktif). Segera setelah suatu lintasan konduktif terbentuk, maka akan terbuka jalan bagi kilat berikutnya yang mengalirkan arus listrik puluhan hingga ratusan kiloamper.
89. Meskipun waktu dan tempat menyambarnya kilat sulit diprediksi dengan pasti, informasi statistik yang mewakili kondisi kilat selama bertahun-tahun dapat menjadi petunjuk mengenai area, musim, dan waktu tertentu yang mempunyai kebolehjadian terbesar terjadinya kilat. Perlu dicatat bahwa kilat merupakan suatu fenomena transien yang sulit diprediksi, dengan karakteristik yang bervariasi antara kilatan (*flash*) yang satu tehadap kilatan lainnya dan pengukurannya sulit dilakukan.

90. Metode yang umumnya dipakai untuk menyajikan data terjadinya kilat adalah peta *isokeraunic*. Garis kontur menggambarkan jumlah hari petir per bulan atau per tahun pada suatu region tertentu yang diperkirakan akan mengalaminya. Peta ini didasarkan pada rekaman penyedia jasa informasi cuaca selama periode waktu tertentu (misal 30 tahun). Hari petir didefinisikan sebagai hari pada saat seorang pengamat mendengar guntur paling sedikit satu kali. Walaupun peta *isokeraunic* dirujuk oleh orang yang melakukan analisis resiko untuk struktur bangunan dan sistem yang rentan terhadap sambaran kilat, peta tersebut merupakan indikator yang lemah terhadap aktivitas kilat yang sesungguhnya. Hal ini karena satu hari petir dapat berarti satu atau 100 petir terdengar pada hari itu. Di samping itu, studi terbaru menunjukkan bahwa guntur tidak terdengar pada 20-40 persen dari kilatan yang terdeteksi,
91. Karena kebolehjadian kilat yang menyambar pada suatu area tertentu sering dievaluasi dengan menggunakan nilai yang ditentukan secara statistik berdasarkan pada data peta *isokeraunic*, maka perhitungan kebolehjadian tersebut harus dilakukan dengan hati-hati. Walaupun banyak kelemahan dalam penggunaan peta *isokeraunic* mengenai hari petir, peta tersebut dapat berguna dalam memberikan perkiraan kasar kemunculan relatif dari kilat pada region tertentu. Ketentuan umum, berdasarkan sejumlah besar data di seluruh dunia, memperkirakan bahwa densitas rata-rata kilatan di bumi adalah 1 - 2 kilatan dari awan ke bumi per 10 hari petir per kilometer persegi. Teknik baru beserta jaringannya saat ini digunakan di banyak negara untuk mendeteksi setiap kilatan dari awan ke bumi sekaligus menyimpan datanya. Jika data base yang lebih baru ini tersedia pada area tapak yang dievaluasi, maka data base tersebut dapat digunakan untuk melengkapi data hari petir, sehingga dapat dilakukan suatu kajian resiko kilat yang lebih realistik untuk tapak Reaktor Daya.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

ttd

SUKARMAN AMINJOYO

## DISTRIBUSI HARGA EKSTRIM

A-1. Dalam analisis harga ekstrim, distribusi harga ekstrim asimtotis yang umum digunakan secara luas:

- Untuk  $k \neq 0$       
$$F(x) = \exp\left[-\left(1-k \frac{x-\xi}{\alpha}\right)\right]^{\frac{1}{k}}$$
- Untuk  $k = 0$       
$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\xi}{\alpha}\right)\right]$$

Distribusi ini dinamakan hukum Fisher-Tippett, Tipe I (Gumbel), Tipe II (Frechet), Tipe III (weibull), masing-masing untuk  $k=0$ ,  $k<0$ ,  $k>0$ .

A-2. Hukum Tipe I,  $k=0$  dikenal sebagai hukum distribusi Gumbel, distribusi tersebut dapat dituliskan:

- $\xi = x + a \cdot \{-\ln(\ln F(x))\} = x + au ; u = \ln [-\ln F(x)]$

di mana  $u$  adalah variabel tereduksi Gumbel,

Grafik  $x$  terhadap  $u$  berupa garis lurus. Sifat ini memungkinkan untuk menguji tingkatan suatu himpunan data yang memenuhi hukum distribusi Gumbel.

A-3. Hukum Tipe II,  $k<0$  dikenal sebagai Hukum Frechet.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

ttd

SUKARMAN AMINJOYO