



UNIVERSITAS INDONESIA

**POLA KERUANGAN EMISI KARBONDIOKSIDA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP DI PROVINSI BANTEN**

SKRIPSI

**DIAN ANGGRAENI
0706265320**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI SARJANA GEOGRAFI
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**POLA KERUANGAN EMISI KARBONDIOKSIDA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP DI PROVINSI BANTEN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

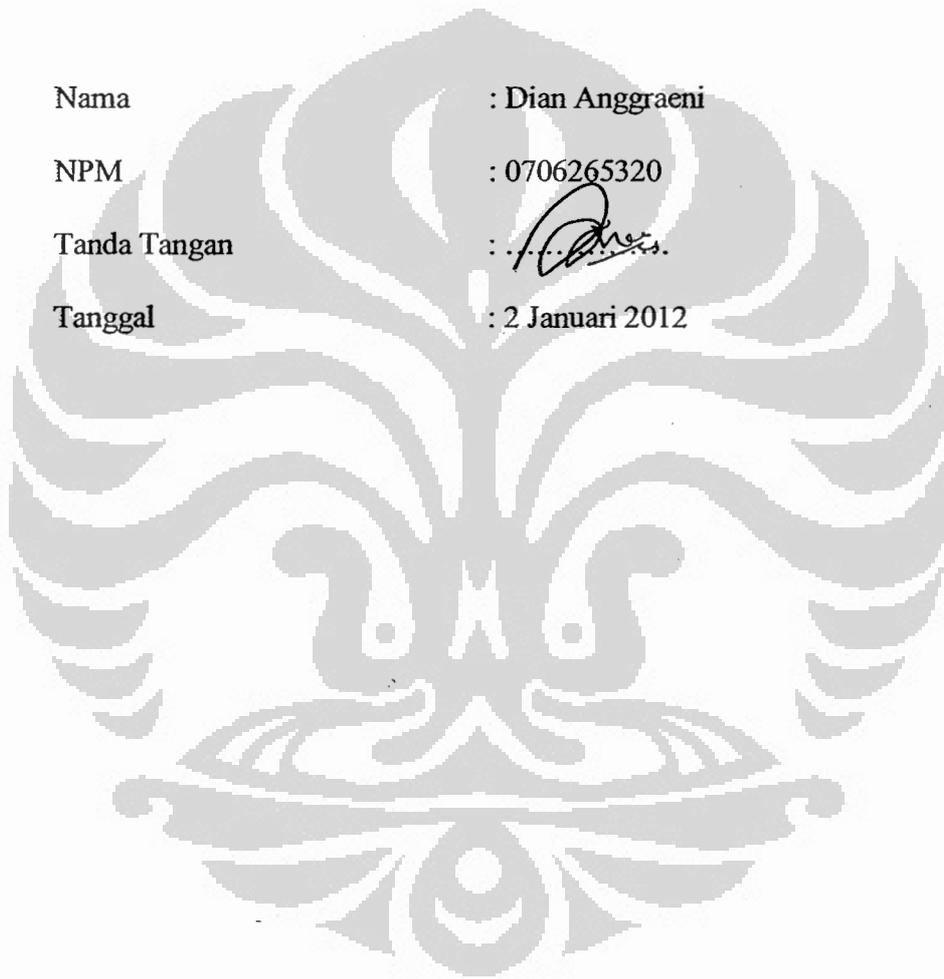
**DIAN ANGGRAENI
0706265320**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI SARJANA GEOGRAFI
DEPOK
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Dian Anggraeni
NPM : 0706265320
Tanda Tangan : 
Tanggal : 2 Januari 2012



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Dian Anggraeni
NPM : 0706265320
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : Pola Keruangan Emisi Karbondioksida Pembangkit Listrik
Tenaga Uap Provinsi Banten

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang : Dr. Rokhmatuloh, M. Eng ()
Pembimbing : Dr. Djoko Harmantyo, MS ()
Pembimbing : Dra. M. H. Dewi Susilowati, MS ()
Penguji : Drs. Hari Kartono, MS ()
Penguji : Drs. Sobirin, M.Si ()

Ditetapkan di :
Tanggal :

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Program Studi Geografi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, mulai dari masa perkuliahan hingga pada penyusunan skripsi ini penulis tidak akan mampu untuk dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pola Keruangan Emisi Karbondioksida Pembangkit Listrik Tenaga Uap Provinsi Banten" ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Drs. Djoko Harmatyo, MS selaku pembimbing I, yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaganya dalam memberikan bimbingan, saran, dukungan selama penelitian.
- 2) Drs. M.H. Dewi Susilowati, M.S selaku pembimbing II, atas kesabaran, masukan, saran, dan pemikirannya dalam memberikan bimbingan.
- 3) Dr. Rokhmatuloh, M. Eng selaku penguji I atas masukan, saran, dan kritikan dalam penyusunan skripsi ini, serta selaku pembimbing akademik yang telah membimbing penulis sejak masa perkuliahan.
- 4) Drs. Hari Kartono, M.S selaku penguji II yang telah memberikan kritikan, masukan, dan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
- 5) Drs. Sobirin, M.Si selaku penguji III yang telah memberikan kritik dan masukan yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini, serta selaku koordinator pendidikan yang telah membantu penulis dalam proses pendaftaran sidang.
- 6) Nuzul Achjar, Phd yang telah menjadi inspirator terbesar penulis, serta senantiasa memberikan bimbingan dan pandangan dalam melihat geografi sebagai basis keilmuan.
- 7) Hafid Setiadi, S.Si, MT yang telah memberikan bimbingan selama perkuliahan dan pinjaman atas buku-buku yang bermanfaat.
- 8) Farida Rahmawati, S.Si, MS yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
- 9) Seluruh staf pengajar Departemen Geografi atas ilmu-ilmu yang diberikan selama menjalani masa kuliah. Semoga dapat terus berkontribusi dalam memajukan pendidikan di Indonesia dan dapat terus mengembangkan ilmunya.
- 10) Alm. Iman Sukanto, mbah kung tersayang yang keteguhan iman serta kasih sayangnya telah menjadi kekuatan terbesar penulis dalam menempuh kehidupan.

- 11) Mbah putri, bapak, mama, (Sri Supartinah, Kamil Trianto, Ellyani), mamah Nita, bapak Uthe, mba Beby, ka Adit, Indira, Seno, Lifqy, Reza, Alfayadh, mba Erma, mba Lupi, mas Adhe, ibu Ipim, mba Iko, mba Eti, om Irwan, pa Lilik, om Paul dan saudara di keluarga besar Iman Sukanto tercinta yang senantiasa memberikan doa, nasehat, dan dukungan bagi penulis selama ini.
- 12) Hendri Susilo Chaniago, SH yang menjadi kekuatan ketika tak sanggup bertahan, menunjukkan jalan ketika mulai tersesat, menjadi penerang ketika gelap menyelimuti, dan Insya Allah akan menjadi imam dalam mengarungi kehidupan kelak.
- 13) Segenap pimpinan dan staf Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, Dra. Ellydar Baher, MS, mba Rima, dan lain-lain yang telah banyak membantu saya dalam mendapatkan data skripsi ini.
- 14) Sahabat-sahabat “Hore” tersayang Yuli Nurraini S.Si, Deliyanti Ganesha S.Si, Estriastuti Nur Aisyah S.Si, Dani Vina Okatarine S.Si atas cinta dan kasih sayang, keceriaan, kehangatan dan dukungan kepada penulis disaatsusah dan senang.
- 15) Sahabat-sahabat yang telah membantu dan memberikan semangat bagi penulis, Dea Amelia atas ilmu dan dukungannya selama pembuatan skripsi ini, Anita Dwi Puspitasari atas ilmu dan informasinya, Arief Rachman yang baik hati, Dyota teman seperjuangan KD2, Mukti, Branityo, Hansel, Hendry, Chepy, Gendro, serta TIM SEMBILAN lainnya dan sahabat angkatan 2007 yang telah banyak membantu dan menemani penulis dalam suka maupun duka selama proses penyusunan skripsi.
- 16) Teman seperjuangan mba Fatma, Fitra, Jannah, mba Lu’lu, mba Nita, mba Betie, Fitri, Icha, Putri, Lia, Uilly, mba Era dan sahabat-sahabat di FRM UI. Semoga tetap tegar dan istiqomah di jalan yang telah kita pilih untuk meraih kejayaan Islam.
- 17) Seluruh staf karyawan Geografi UI atas bantuan administrasi pendukung keperluan proses pembuatan skripsi.
- 18) Teman-teman geografi angkatan 2008, 2009, dan 2010.
- 19) Serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan hingga terwujudnya skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap ALLAH SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis. Sempga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu. Wassalamualaikum Wr.Wb.

Depok, 2 Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dian Anggraeni
NPM : 0706265320
Program Studi : Geografi
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pola Keruangan Emisi Karbondioksida Pembangkit Listrik Tenaga Uap
Provinsi Banten**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 2 Januari 2012
Yang menyatakan


(Dian Anggraeni)

ABSTRAK

Nama : Dian Anggraeni
Program Studi : Geografi
Judul : Pola Keruangan Emisi Karbondioksida Pembangkit Listrik Tenaga Uap di
Provinsi Banten

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola semburan emisi karbondioksida di Provinsi Banten yang terdapat dua PLTU dengan sembilan unit pembangkit, menggunakan model dispersi gaussian. Emisi karbondioksida menyebar sesuai dengan arah angin dari arah Barat Daya, Selatan, dan Utara. Pola keruangan emisi karbondioksida ditentukan oleh tipe pembangkit dan cerobong serta faktor meteorologi diantaranya arah dan kecepatan angin, serta stabilitas atmosfer. Semburan emisi karbondioksida PLTU membentuk pola semburan dengan peningkatan yang tajam dan setelah mencapai konsentrasi maksimum akan menurun secara lambat.

Kata Kunci : pola keruangan, emisi karbondioksida, Pembangkit Listrik Tenaga Uap

ABSTRACT

Name : Dian Anggraeni
Program : Geography
Title : Spatial Pattern of Carbon Dioxide Emission of Steam Power Plant (PLTU)
in Province of Banten

The purpose of this research is to know the flowing pattern carbon dioxide emission in Province of Banten which has two PLTU that operating nine units of steam power plants, using Gaussian dispersion modeling. Carbon dioxide emission spreads as the wind direction from southwest, south, and north. The spatial pattern of carbon dioxide emission is created by the power plant type and chimney also meteorological factor, such as wind speed and direction also atmosphere stability. The flow of carbon dioxide emission is created a flowing pattern with sharp increasing number of concentration and after reached the maximum concentration it would be decrease slowly.

Keywords : spatial pattern, carbon dioxide emission, steam power plant

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pembangunan Berkelanjutan	4
2.2. Pencemaran Udara	6
2.3. Perubahan Iklim.....	8
2.3.1. Efek Gas Rumah Kaca	8
2.3.2. Karbondioksida dan Perubahan Iklim.....	9
2.3.3. Menghitung Emisi Karbondioksida.....	10
2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Uap	11
2.5. Kondisi Atmosfer.....	11
2.6. Model Dispersi Gaussian.....	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Daerah Penelitian.....	19
3.2. Model Pendekatan dan Alur Pikir Penelitian.....	19
3.3. Variabel Penelitian.....	20
3.4. Pengumpulan Data.....	21
3.4.1 Data Primer	21
3.4.2 Data Sekunder.....	21
3.5. Pengolahan Data	22

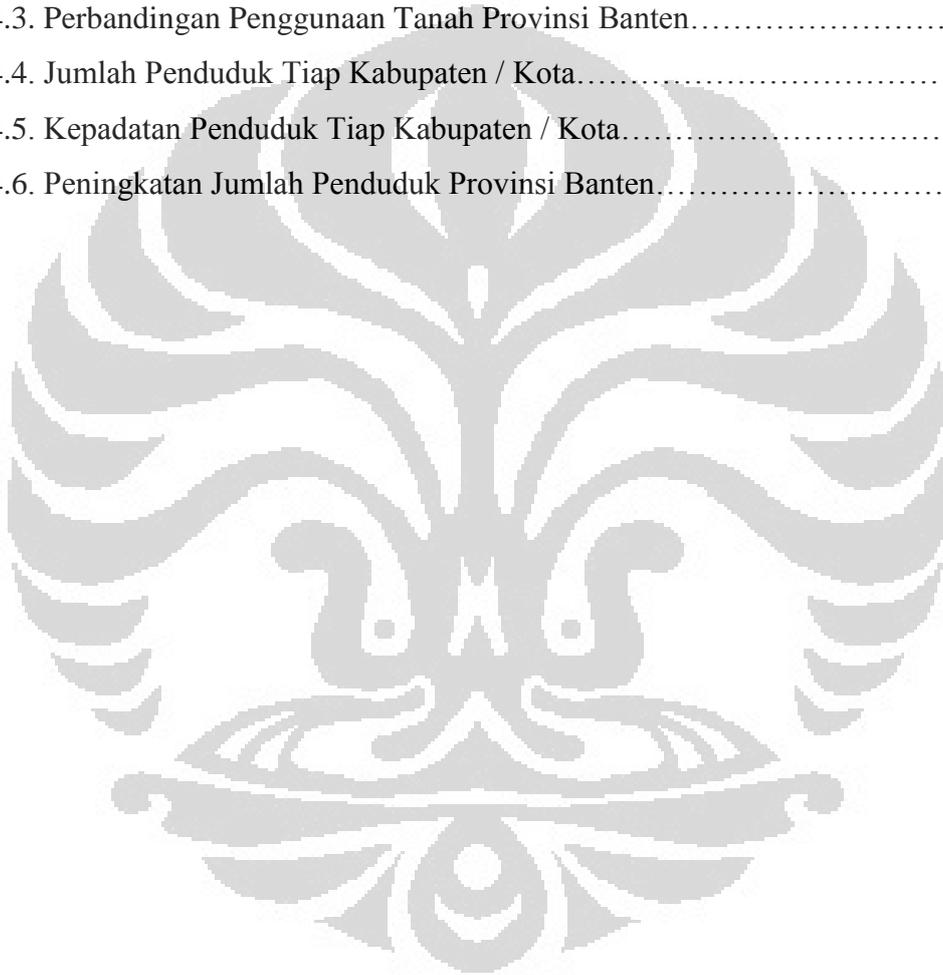
3.6. Analisis Data	26
BAB 4 GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN.....	27
4.1. Letak, Luas, dan Batas Daerah Penelitian	27
4.2. Topografi	27
4.3. Meteorologi dan Klimatologi	28
4.4. Spesifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	29
4.4.1. PLTU Suralaya	29
4.4.2. PLTU Labuan	32
4.5. Penggunaan Tanah Provinsi Banten	34
4.6. Jumlah dan Kepadatan Penduduk.....	35
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
5.1. Hasil	37
5.1.1. Emisi Karbondioksida.....	37
5.1.2. Parameter Meteorologi.....	38
5.1.2.1. Stabilitas Atmosfer.....	39
5.1.2.2. Windrose	40
5.1.3. Model Dispersi Gaussian	40
5.1.4. Emisi Karbondioksida PLTU	43
5.1.4.1 Konsentrasi Emisi Karbondioksida Cerobong PLTU Suralaya Tipe A.....	45
5.1.4.2. Konsentrasi Emisi Karbondioksida Cerobong PLTU Suralaya Tipe B.....	48
5.1.4.3. Konsentrasi Emisi Karbondioksida Cerobong PLTU Labuan.....	51
5.2.1. Konsentrasi Karbondioksida Udara Ambien di Provinsi Banten	54
5.2. Pembahasan.....	55
5.2.1. Wilayah Semburan Emisi Karbondioksida PLTU di Provinsi Banten.....	55
5.2.2. Konsentrasi Karbondioksida Ambien di Provinsi Banten.....	57
BAB 6 KESIMPULAN	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Karbondioksida.....	9
Tabel 2.2. Faktor Emisi Bahan Bakar	11
Tabel 3.1. Klasifikasi Kestabilan Udara.....	23
Tabel 3.2. Bilai Kelas Stabilitas Atmosfer Pasquill.....	25
Tabel 3.3. Lanjutan Nilai Stabilitas Atmosfer Pasquill.....	26
Tabel 4.1. Penggunaan Tanah Provinsi Banten.....	34
Tabel 5.1. Parameter Emisi Cerobong PLTU Suralaya.....	37
Tabel 5.2. Parameter Emisi Cerobong PLTU Labuan.....	38
Tabel 5.3. Parameter Meteorologi.....	39
Tabel 5.4. Stabilitas Atmosfer.....	40
Tabel 5.5. Arah dan Kecepatan Angin Dominan.....	40
Tabel 5.6. Nilai Konsentrasi Tertinggi Pada Waktu Pengamatan Berdasarkan Model Dispersi Gaussian PLTU Suralaya.....	41
Tabel 5.7. Nilai Konsentrasi Tertinggi Pada Waktu Pengamatan Berdasarkan Model Dispersi Gaussian PLTU Labuan.....	42
Tabel 5.8. Perbandingan Kecepatan Angin dan Kecepatan Lepasn Emisi Terhadap Tinggi Kepulan Asap Pada Waktu Pengamatan.....	44
Tabel 5.9. Konsentrasi Karbondioksida Ambien Provinsi Banten.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kondisi Atmosfer.....	13
Gambar 2.2. Tipe Kepulan Asap.....	14
Gambar 2.3. Model Dispersi Gauss.....	17
Gambar 3.1. Alur Pikir Penelitian.....	20
Gambar 4.1. Layout PLTU Suralaya	31
Gambar 4.2. Layout PLTU Labuan.....	33
Gambar 4.3. Perbandingan Penggunaan Tanah Provinsi Banten.....	35
Gambar 4.4. Jumlah Penduduk Tiap Kabupaten / Kota.....	35
Gambar 4.5. Kepadatan Penduduk Tiap Kabupaten / Kota.....	36
Gambar 4.6. Peningkatan Jumlah Penduduk Provinsi Banten.....	36



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Pembangunan merupakan agenda utama bagi suatu Negara dalam meningkatkan kondisi ekonominya, terutama bagi Negara berkembang seperti Indonesia pembangunan menjadi titik sentral bagi penyelenggaraan Negara. Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2010-2014, Presiden Republik Indonesia menyatakan bahwa di masa datang, Indonesia memiliki potensi yang besar untuk menjadi negara yang lebih maju lagi.

Dalam meningkatkan arus pembangunan, perkembangan industri terus dikembangkan. Kegiatan industri dan teknologi menjadi penyumbang utama pencemaran udara. Bahkan kegiatan penunjang industri dan teknologi seperti transportasi dan penyedia daya listrik juga tak kalah dalam menyumbang zat pencemar di atmosfer. Kegiatan Industri dan teknologi membutuhkan tersedianya daya listrik. Untuk memenuhi tersediaan daya listrik, dibutuhkan pembangkit tenaga listrik, sampai saat ini Indonesia memiliki berbagai pembangkit tenaga listrik diantaranya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (BAPPENAS, 2010).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap merupakan salah satu penyedia daya listrik yang sudah lama digunakan Indonesia. Pusat Listrik Tenaga Uap yang selanjutnya disingkat PLTU adalah suatu kegiatan yang memproduksi tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar padat, cair, dan/atau gas untuk memanaskan air dalam ketel uap (*boiler*) yang memproduksi uap untuk menggerakkan turbin yang seporos dengan generator sehingga membangkitkan tenaga listrik (KNLH, 2008).

Seiring dengan kemajuan industri dan teknologi, kebutuhan akan listrik juga semakin meningkat, sehingga terus meningkatkan penggunaan bahan bakar fosil dan gas. Hal ini dapat mengakibatkan berkurangnya daya dukung alam akibat eksplorasi dan meluasnya dampak pencemaran lingkungan, terutama pencemaran udara (Wardhana, 2004). Dalam pertemuan G20 di Pittsburgh-Amerika Serikat, pada September 2009, pemerintah menyatakan berkomitmen untuk menurunkan emisi gas-gas rumah kaca sebanyak 26 persen dari level "*Business As Usual*" pada tahun 2020 (KESDM, 2010).

Sejalan dengan komitmen tersebut, telah dikemukakan dalam RPJMN 2010-2014 bahwa salah satu tantangan dalam pembangunan adalah lingkungan hidup. Bahwasanya

pertumbuhan ekonomi tidak boleh merusak lingkungan hidup. Kerusakan lingkungan hidup akan menyebabkan pertumbuhan ekonomi tidak berkelanjutan, karena mengakibatkan biaya hidup meningkat yang pada gilirannya menurunkan kualitas hidup. Hal ini pun makin luas berkaitan dengan perubahan iklim yang mempunyai keterkaitan kuat dengan kerusakan lingkungan hidup dan pembangunan yang tidak ramah lingkungan. Ancaman perubahan iklim ini bukan hanya meningkatkan kemungkinan terjadinya guncangan yang tidak terduga seperti bencana alam, tetapi juga dapat mengancam produktivitas dari sumber daya alam (BAPPENAS, 2010).

Saat ini pemerintah mencanangkan program 10.000 MW, meningkatkan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap di 37 lokasi di Indonesia. Meningkatkan daya listrik hingga 10.000 MW dengan membangun PLTU tentunya juga akan meningkatkan emisi karbondioksida sebagai hasil pembakaran dari aktivitas PLTU tersebut (KESDM, 2010).

Di Provinsi Banten terdapat dua lokasi pembangkit, yaitu PLTU Suralaya dan PLTU Labuan. PLTU Suralaya memiliki tujuh unit pembangkit yang beroperasi, dan PLTU Labuan memiliki sebanyak dua unit pembangkit yang beroperasi.

Berdasarkan pemaparan diatas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai semburan emisi karbondioksida yang dihasilkan oleh kedua pembangkit tersebut dan bagaimana hubungan antara emisi karbondioksida yang dihasilkan PLTU dengan emisi karbondioksida di udara bebas di daerah sekitar kawasan PLTU dan Provinsi Banten. Penelitian ini berusaha untuk mendeskripsikan pola keruangan emisi karbondioksida Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Provinsi Banten.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan permasalahan dari penelitian ini adalah “Bagaimana pola keruangan emisi karbondioksida PLTU di Provinsi Banten?”

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola keruangan emisi karbondioksida Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Provinsi Banten.

1.4. Batasan Masalah

1. Pola keruangan adalah gambaran persebaran suatu gejala di atas muka bumi yang lazim disajikan dalam bentuk peta atau gambar.
2. Emisi adalah makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain yang dihasilkan dari kegiatan yang masuk atau dimasukkan ke dalam udara ambient (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 1995).
3. Karbondioksida merupakan gas tidak berwarna, tidak berbau dan gas asam yang ringan. Rata-rata konsentrasi karbondioksida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm, jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. Karbondioksida bersumber dari kegiatan pembakaran yang berasal dari aktifitas manusia meliputi pembakaran bahan bakar fosil (70-90%) sebagai sumber tenaga dan konversi penggunaan lahan (10-30%). Salah satu penyebab perubahan iklim adalah emisi karbondioksida yang sangat tinggi (IPCC, 2005).
4. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah suatu kegiatan yang memproduksi tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar padat, cair, dan/atau gas untuk memanaskan air dalam ketel uap (boiler) yang memproduksi uap untuk menggerakkan turbin yang seporos dengan generator sehingga membangkitkan tenaga listrik (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 21 Tahun 2008).
5. Daerah penelitian adalah Provinsi Banten dan dua lokasi PLTU di Provinsi Banten, yaitu PLTU Labuan dan PLTU Suralaya.
6. Kualitas udara adalah derajat kemampuan udara pada atmosfer untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia pada tempat dan dalam waktu tertentu, yang dinyatakan dengan nilai dan kriteria dari kombinasi tingkat keberadaan polutan-polutan tertentu dalam udara yang mencakup keadaan fisikokimiawi, biologi, estetika, dan faktor-faktor lainnya dengan perbandingan terhadap baku mutu parameter masing-masing zat dalam udara yang diterapkan (Rahmawati, 2003).
7. Udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi. Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangunan Berkelanjutan

Konsep pembangunan berkelanjutan merupakan konsep yang sederhana namun kompleks, sehingga pengertian keberlanjutan pun sangat multi-dimensi dan multi-interpretasi. Karena adanya multi-dimensi dan multi-interpretasi ini, para ahli sepakat untuk sementara mengadopsi pengertian yang telah disepakati oleh Komisi Brundtland yang menyatakan bahwa “pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka” (Fauzi, 2004).

Menurut Perman (1996), setidaknya ada tiga alasan utama mengapa pembangunan ekonomi harus berkelanjutan. *Pertama*, menyangkut alasan moral. Generasi kini yang menikmati barang dan jasa yang dihasilkan dari sumberdaya alam dan lingkungan memiliki kewajiban moral untuk menyisakan layanan sumberdaya alam tersebut untuk generasi mendatang. Kewajiban moral tersebut mencakup tidak mengkestraksi sumberdaya alam yang merusak lingkungan sehingga menghilangkan kesempatan bagi generasi mendatang untuk menikmati layanan yang sama. *Kedua*, menyangkut alasan ekologi. Keanekaragaman hayati, misalnya, memiliki nilai ekologi yang sangat tinggi sehingga aktivitas ekonomi semestinya tidak diarahkan pada hal yang mengancam fungsi ekologi tersebut. *Ketiga*, menyangkut alasan ekonomi. Alasan dari sisi ekonomi memang masih menjadi perdebatan karena tidak diketahui apakah aktivitas ekonomi selama ini sudah atau belum memenuhi kriteria berkelanjutan. Dimensi ekonomi keberlanjutan sendiri cukup kompleks, sehingga sering aspek keberlanjutan dari sisi ekonomi ini hanya dibatasi pada pengukuran kesejahteraan antargenerasi (*intergenerational welfare maximization*).

Konsep keberlanjutan ini paling tidak mengandung dua dimensi, yaitu dimensi waktu karena keberlanjutan tidak lain menyangkut apa yang akan terjadi di masa mendatang, dan dimensi interaksi antara sistem ekonomi dan sistem sumberdaya alam dan lingkungan (Heal, 1998).

Dalam kaitannya dengan pembangunan berkelanjutan, terdapat dua kaidah yang harus diperhatikan dalam pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan, yaitu (Pearce dan Turner, 1990):

1. Untuk sumberdaya alam yang terbarukan (*renewable resources*): Laju pemanenan harus lebih kecil atau sama dengan laju regenerasi (produksi lestari).
2. Untuk masalah lingkungan: Laju pembuangan (limbah) harus lebih kecil atau setara dengan kapasitas asimilasi lingkungan. Aspek operasional dari konsep keberlanjutan ini dapat dipahami lebih jauh dengan adanya lima alternatif pengertian sebagaimana yang diuraikan Perman (1996) sebagai berikut:
 - a. Suatu kondisi dikatakan berkelanjutan (*sustainable*) jika utilitas yang diperoleh masyarakat tidak berkurang sepanjang waktu dan konsumsi tidak menurun sepanjang waktu (*non-declining consumption*).
 - b. Keberlanjutan adalah kondisi dimana sumberdaya alam dikelola sedemikian rupa untuk memelihara kesempatan produksi di masa mendatang.
 - c. Keberlanjutan adalah kondisi dimana sumberdaya alam (*natural capital stock*) tidak berkurang sepanjang waktu (*non-declining*).
 - d. Keberlanjutan adalah kondisi dimana sumberdaya alam dikelola untuk mempertahankan produksi jasa sumberdaya alam.
 - e. Keberlanjutan adalah kondisi dimana kondisi minimum keseimbangan dan daya tahan (*resilience*) ekosistem terpenuhi.

Selain definisi operasional diatas, Harris (2000) melihat bahwa konsep keberlanjutan dapat diperinci menjadi tiga aspek pemahaman, yaitu:

1. Keberlanjutan ekonomi, yang diartikan sebagai pembangunan yang mampu menghasilkan barang dan jasa secara kontinu untuk memelihara keberlanjutan pemerintahan dan menghindari terjadinya ketidakseimbangan sektoral yang dapat merusak produksi pertanian dan industri.
2. Keberlanjutan lingkungan: Sistem yang berkelanjutan secara lingkungan harus mampu memelihara sumberdaya yang stabil, menghindari eksploitasi sumberdaya alam dan fungsi penyerapan lingkungan. Konsep ini juga menyangkut pemeliharaan keanekaragaman hayati, stabilitas ruang udara, dan fungsi ekosistem lainnya yang tidak termasuk kategori sumber-sumber ekonomi.
3. Keberlanjutan sosial: Keberlanjutan secara sosial diartikan sebagai sistem yang mampu mencapai kesetaraan, menyediakan layanan sosial termasuk kesehatan, pendidikan, jenis kelamin, dan akuntabilitas politik.

Menurut Munasinghe (1993), pembangunan berkelanjutan mempunyai tiga tujuan utama, yaitu: tujuan ekonomi (*economic objective*), tujuan ekologi (*ecological objective*) dan tujuan sosial (*social objective*). Tujuan ekonomi terkait dengan masalah efisiensi

(*efficiency*) dan pertumbuhan (*growth*); tujuan ekologi terkait dengan masalah konservasi sumberdaya alam (*natural resources conservation*); dan tujuan sosial terkait dengan masalah pengurangan kemiskinan (*poverty*) dan pemerataan (*equity*). Dengan demikian, tujuan pembangunan berkelanjutan pada dasarnya terletak pada adanya harmonisasi antara tujuan ekonomi, tujuan ekologi dan tujuan sosial.

2.2. Pencemaran Udara

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan. Bila keadaan seperti tersebut terjadi, maka udara dikatakan telah tercemar (Wardhana, 2004)

Udara atau dalam istilah meteorologi adalah atmosfer merupakan pencampuran mekanis dari gas dan bukan pencampuran kimiawi. Udara alami (*natural air*) selain dari gas tanpa uap air, juga mengandung uap air, campuran partikel padat dan cair yang halus disebut aerosol (Harmantyo, 1989). Komposisi utama yang terdapat dalam atmosfer terdiri dari Nitrogen (78,08%), Oksigen (20,95%), Argon (0,93%), dan Karbondioksida (0,034%). Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal seperti tersebut di atas dan kemudian mengganggu kehidupan makhluk hidup di dalamnya, maka berarti udara telah tercemar.

Secara umum penyebab pencemaran udara ada dua macam, yaitu:

1. karena faktor internal (secara alamiah), contoh:
 - a. debu yang berterbangan akibat tiupan angin
 - b. abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi, berikut gas-gas vulkanik
 - c. proses pembusukan sampah organik, dll.
2. karena faktor eksternal (akibat ulah manusia), contoh:
 - a. hasil pembakaran bahan bakar fosil
 - b. debu / serbuk dari kegiatan industri
 - c. pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara (Wardhana, 2004).

Pencemaran udara pada suatu tingkat tertentu dapat merupakan campuran dari satu atau lebih bahan pencemar, baik berupa padatan, cairan atau gas yang masuk terdispersi ke udara dan kemudian menyebar ke lingkungan sekitarnya. Kecepatan penyebaran pada

suatu wilayah akan bergantung pada kondisi topografi serta arah dan kecepatan angin di wilayah tersebut.

Karena sifatnya yang dinamis (selalu berubah-ubah), pencemaran udara tidak mengenal secara tegas batas wilayah pengaruhnya. Masalah yang ditimbulkan oleh pencemaran udara bahkan dapat melingkupi ruang antar Negara. Hal tersebut disebabkan oleh berbagai faktor yang mempengaruhi persebarannya seperti *volume* bahan pencemar, faktor geografis, topografi, dan faktor klimatologi (Harmantyo, 1989)

Selain itu, dalam disertasinya, Harmantyo (1989) menyebutkan bahwa di atas wilayah perkotaan terdapat lapisan udara yang mengalami pencemaran. Lapisan udara tersebut dapat dibedakan dengan lapisan udara bersih di atasnya. Batas kedua lapisan udara tersebut dinamakan *mixing-height* atau ketinggian lapisan pencampuran. Batas pencampuran bahan pencemar tersebut sampai pada ketinggian 500 meter.

Perubahan tingkat konsentrasi bahan pencemar udara daerah perkotaan atau regional merupakan hasil keseimbangan antara laju produksi bahan pencemar, laju pelepasan atau pembauran (*dilution*) dan laju penurunan melalui (1) proses pencampuran pada lapisan udara permukaan; (2) transportasi oleh angin; (3) reaksi kimia oleh udara; (4) absorpsi tanah dan proses pembersihan oleh hujan.

Pencemaran dapat menahan atau menutup proses pencampuran vertikal (*vertical mixing*) dan membentuk suatu lapisan udara (yang mengalami pencemaran) yang dapat dibedakan dengan lapisan udara lainnya. Dalam keadaan *inverse* dijumpai kecepatan udara lemah di permukaan tanah, kecuali angin tersebut selanjutnya akan meningkat setiap kenaikan ketinggian.

Udara bersih yang kita hirup merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, dan tidak berwarna maupun berasa. Akan tetapi udara yang benar-benar bersih sudah sulit diperoleh, terutama di kota-kota besar yang banyak industrinya dan padat lalu-lintasnya. Udara yang tercemar dapat merusak lingkungan dan kehidupan manusia. Terjadinya kerusakan lingkungan berarti berkurangnya (rusaknya) daya dukung alam yang selanjutnya akan mengurangi kualitas hidup manusia.

2.3. Perubahan Iklim

Adapun definisi perubahan iklim adalah berubahnya kondisi fisik atmosfer bumi antara lain suhu dan distribusi curah hujan yang membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia (KNLH, 2008). Perubahan fisik ini tidak terjadi hanya sesaat tetapi dalam kurun waktu yang panjang. LAPAN (2009)

mendefinisikan perubahan iklim adalah perubahan rata-rata salah satu atau lebih elemen cuaca pada suatu daerah tertentu. Sedangkan istilah perubahan iklim skala global adalah perubahan iklim dengan acuan wilayah bumi secara keseluruhan.

IPCC (2005) menyatakan bahwa perubahan iklim merujuk pada variasi rata-rata kondisi iklim suatu tempat atau pada variabilitasnya yang nyata secara statistik untuk jangka waktu yang panjang (biasanya dekade atau lebih). Selain itu juga diperjelas bahwa perubahan iklim mungkin karena proses alam internal maupun ada kekuatan eksternal, atau ulah manusia yang terus menerus merubah komposisi atmosfer dan tata guna lahan.

2.3.1. Efek Gas Rumah Kaca

Udara yang normal mengandung gas yang terdiri dari 78% nitrogen; 20% oksigen; 0.93% argon; 0.03% (300 ppm) karbondioksida, dan sisanya terdiri dari neon, helium, metan, dan hidrogen. Komposisi ini dapat mendukung kehidupan manusia. Karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogen oksida (N_2O) merupakan Gas Rumah Kaca (GRK) yang menyebabkan terjadinya Efek Rumah Kaca (ERK). Efek rumah kaca berguna bagi makhluk hidup di bumi. Jika tidak ada gas rumah kaca, suhu di bumi rata-rata hanya -18°C . Suhu ini terlalu rendah bagi sebagian besar makhluk hidup, termasuk manusia. Tetapi dengan adanya efek rumah kaca suhu rata-rata di bumi menjadi 33°C lebih tinggi, yaitu 15°C . Suhu ini sesuai bagi kehidupan makhluk hidup (Soemarwoto, 1991). Karbondioksida merupakan gas rumah kaca yang paling dominan yang terjadi secara alamiah dan sangat berperan dalam sistem biologis dunia kita.

2.3.2. Karbondioksida dan Perubahan Iklim

Aliran karbon dari atmosfer ke vegetasi merupakan aliran yang bersifat dua arah, yaitu pengikatan karbondioksida ke atmosfer melalui proses dekomposisi dan pembakaran dan penyerapan karbondioksida oleh tanaman. Secara alamiah berada di atmosfer bumi, berasal dari emisi gunung berapi dan aktivitas mikroba di tanah (perombakan bahan organik) dan respirasi tumbuhan serta hasil pernapasan manusia. Selain dari itu gas ini juga dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar minyak dan gas yang banyak dipergunakan di Kota. Setiap jenis bahan bakar yang dipergunakan

menghasilkan jumlah emisi gas karbondioksida yang berbeda-beda (Gratimah, 2009).

Karbondioksida merupakan gas tak berwarna, yang terdiri dari satu atom karbon dan dua atom oksigen. Karbondioksida adalah hasil dari pembakaran senyawa organik jika cukup jumlah oksigen yang ada. Karbondioksida merupakan salah satu partikel pencemar udara. Jika karbondioksida berada di udara melebihi batas normal yang menurunkan kualitas udara sampai pada batas yang mengganggu kehidupan

Karbondioksida dihasilkan oleh semua hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis. Oleh karena itu, karbondioksida merupakan komponen penting dalam siklus karbon. Ciri-ciri karbondioksida dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 2.1. Karakteristik Karbondioksida

Nama lain	<i>Carbonic Acid Gas</i> <i>Carbonic Anhydride</i>	Kelarutan dalam air	1.716 ft ³ CO ₂ gas / ft ³ H ₂ O @ STP
Ikatan molekul	CO ₂	Titik leleh	216 K
Berat mol	44.01 g/mol	Titik didih	195 K
Densitas: Fase Cair Fase Gas	1032 kg/m ³ @-20°C 1.976 kg/m ³ @STP	Viskositas: Gas Cair	13.72 μN.s/m ² @STP 99 μN.s/m ² @STP
Sifat	<i>Odorless, Colorless</i>	Molekul shape	<i>Linear</i>
Temperatur kritis	31.1°C	Tekanan kritis	73.9 bar
Densitas kritis	467 kg/m ³	Titik Sublimasi	-78.5°C

Sumber : IPCC, 2005

Sebagian besar gas yang bertanggungjawab atas efek rumah kaca di atmosfer dengan perkiraan hingga 50% merupakan karbondioksida. Rata-rata konsentrasi karbondioksida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm, jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. Sumber yang berasal dari aktifitas manusia meliputi pembakaran bahan bakar fosil (70-90%) sebagai sumber tenaga dan konversi penggunaan lahan (10-30%). Selain itu, terdapat sumber alami penghasil gas karbondioksida seperti gas vulkanik, pembakaran material organik, proses respirasi organisme aerobik. Sumber penghasil karbondioksida juga dapat dibedakan berdasarkan kegiatan aktivitas manusia, dimana industri energi merupakan penghasil gas karbondioksida terbesar dengan kontribusi sebesar 36% yang diikuti oleh kegiatan transportasi (27%)

dan industri (21%). Hal ini juga menjelaskan bahwa sumber utama penghasil gas karbondioksida berasal dari aktifitas manusia (IPCC, 2005).

Akibat dari gas karbondioksida yang melebihi batas diantaranya adalah gangguan pernapasan apabila terhirup secara langsung, serta dapat meningkatnya suhu bumi karena efek rumah kaca. Polutan yang berupa gas karbondioksida akan mengembang di udara dan mempunyai sifat seperti kaca. Sinar matahari yang jatuh ke bumi tidak akan dipantulkan oleh karbondioksida yang mengembang, tetapi diteruskan. Sebagai akibatnya suhu bumi makin meningkat. Hal tersebut merupakan dampak jangka pendek, sedangkan dampak jangka panjangnya dapat mencairkan es di kutub sehingga permukaan air laut di seluruh permukaan bumi meningkat. Peningkatan air laut akan mampu menenggelamkan daratan.

2.3.3. Menghitung Emisi Karbondioksida

Untuk mengetahui seberapa besar emisi karbondioksida yang dihasilkan dari aktivitas Kota, maka dilakukan pendekatan perhitungan emisi karbondioksida. Faktor emisi adalah nilai yang digunakan untuk mendapatkan berat karbondioksida berdasarkan besaran-besaran yang dinilai, misalnya minyak tanah, bensin, solar, LPG, dsb. Faktor emisi untuk perhitungan karbondioksida dalam penelitian ini diperoleh dari IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

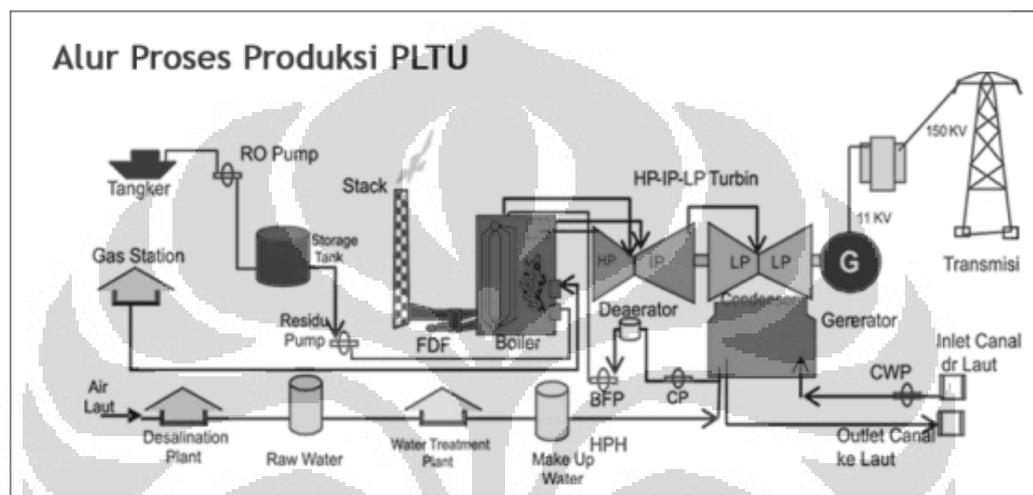
Tabel 2.2. Faktor Emisi Bahan Bakar

No	Bahan Bakar	Faktor Emisi (Kg/TJ)
1	Bensin	69.300
2	Solar	74.100
3	Minyak Tanah	71.900
4	Batubara	94.600
5	LPG	63.100
6	Briket Batubara	97.500
7	Arang Kayu	112.000
8	Kayu Bakar	112.000

Sumber: *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), 2005

2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah suatu kegiatan yang memproduksi tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar padat, cair, dan/atau gas untuk memanaskan air dalam ketel uap (*Boiler*) yang memproduksi uap untuk menggerakkan turbin yang seporos dengan generator sehingga membangkitkan tenaga listrik (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.21 Tahun 2008).



Gambar 2.1. Alur Proses Produksi PLTU

Peralatan utama PLTU adalah boiler, Turbin, dan Generator, dan peralatan bantuannya seperti *Desalination Plant & water treatment*, dll. Dalam proses produksi energi listrik, air tawar yang digunakan sebagai media kerja diperoleh dari air laut yang diolah melalui peralatan *Desalination Plant*, diolah lagi melalui peralatan *Water Treatment* hingga air tersebut memenuhi syarat, disalurkan dan dipanaskan ke dalam boiler dengan menggunakan bahan bakar gas dan atau bahan bakar Residu. Uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu disalurkan ke Turbin. Uap yang disalurkan ke Turbin akan menghasilkan tenaga mekanis untuk memutar Generator dan menghasilkan tenaga listrik disalurkan ke daerah-daerah.

2.5. Kondisi Atmosfer

Sesaat setelah polutan diemisikan ke dalam udara, selanjutnya atmosfer berperan dalam perpindahan, difusi, reaksi kimia dan pengangkutan polutan tersebut. Empat proses di atmosfer tersebut selanjutnya disebut dispersi. Proses dispersi polutan di atmosfer dipengaruhi oleh kondisi fisik meteorologi setempat seperti

stabilitas atmosfer, distribusi angin, suhu udara, radiasi surya, dan kelembaban udara serta dipengaruhi oleh gejala cuaca seperti presipitasi, stabilitas atmosfer.

a. Radiasi Matahari

Radiasi matahari yang sampai di atmosfer maupun yang tiba di permukaan bumi merupakan energi utama dalam siklus cuaca termasuk persebaran polutan di atmosfer. Salah satunya reaksi kimia atmosfer yang melibatkan bagian molekul dengan jumlah elektron ganjil atau radikal (Visconti, 2001). Pengaruh dari radiasi surya secara fisik dan dinamik dalam penyebaran polusi udara adalah sebagai sumber energi perpindahan massa udara. Hal ini disebabkan perbedaan pemanasan di permukaan bumi maupun di perairan yang menimbulkan angin dan turbulensi, sehingga mempengaruhi kondisi stabilitas atmosfer dan pencampuran polutan dengan lingkungan sekitar.

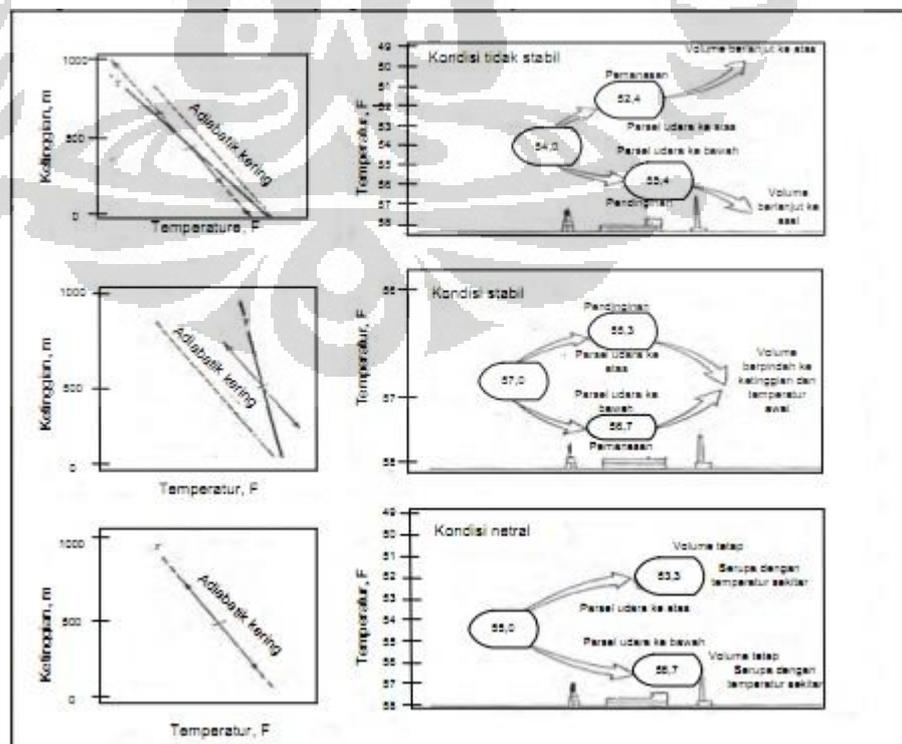
b. Suhu Udara dan Stabilitas Atmosfer

Suhu mencerminkan energi kinetik rata-rata dari gerakan molekul-molekul sedangkan panas adalah salah satu bentuk energi yang dikandung oleh suatu benda (Handoko, 1993). Pada lapisan troposfer, laju suhu udara turun terhadap ketinggian (*lapse rate*). Namun pada waktu tertentu di lapisan permukaan (*surface layer*) laju suhu udara naik terhadap ketinggian (*inversi*). Hal ini dapat mempengaruhi efek stabilitas atmosfer yang berperan dalam pendispersian polutan secara vertikal.

Pada suhu parcel udara yang lebih rendah dari lingkungan (kondisi stabil), massa udara polutan tidak dapat naik tapi tetap berada di atmosfer dan terakumulasi, sehingga menaikkan konsentrasi polutan. Sebaliknya bila suhu parcel udara lebih tinggi dari pada suhu lingkungan (kondisi tidak stabil), maka massa udara polutan naik dan menyebar, sehingga tidak membahayakan makhluk hidup dalam jangka pendek.

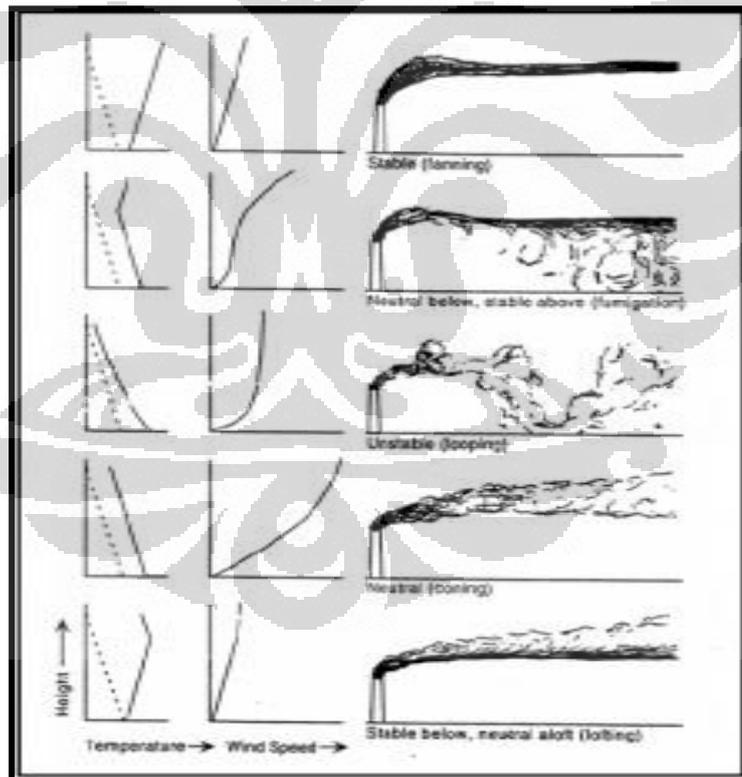
Laju penurunan suhu dalam lapisan atmosfer dekat permukaan mempunyai pengaruh besar pada gerak vertikal polutan (Seinfeld dan Pandis, 2006). Faktor *buoyancy* turut menghambat atau mempercepat gerak vertikal suatu polutan. Laju penurunan suhu dan faktor *buoyancy* selanjutnya menciptakan berbagai macam stabilitas atmosfer. Kriteria kestabilan atmosfer dapat ditentukan oleh perbandingan laju penurunan temperatur laju penurunan suhu lingkungan (γ) terhadap laju penurunan suhu adiabatik (Γ).

Pada kondisi laju penurunan super-adiabatik (kondisi tidak stabil), suatu parcel udara akan bergerak ke atas dan mengalami pendinginan namun dengan suhu yang masih lebih hangat daripada udara di lingkungannya. Karena memiliki pengaruh gaya apung (*buoyant*), parcel udara tersebut akan tetap bergerak ke atas. Ketika parcel udara itu bergerak turun, maka parcel udara akan mengalami peningkatan temperatur dengan suhu yang masih lebih dingin dibandingkan dengan udara di lingkungannya. Selama kondisi netral, parcel udara akan bergerak baik ke atas maupun ke bawah dengan perubahan temperatur pada tingkat yang sama dengan udara di lingkungannya, dan pergerakannya baik ke atas atau kebawah tidak terpengaruh oleh gaya buoyant. Selama kondisi stabil, pergerakan parcel udara ke atas akan menghasilkan parcel udara yang lebih dingin dibandingkan dengan udara lingkungannya sehingga parcel tersebut akan kembali naik ke ketinggian sebelumnya. Demikian pula halnya dengan parcel udara yang bergerak ke bawah mengalami peningkatan temperatur yang kondisinya lebih hangat dibandingkan udara di sekitarnya, maka parcel udara akan bergerak kembali ke ketinggian awalnya. Penggambaran ketiga kondisi atmosfer tersebut divisualisasikan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.1. Kondisi Atmosfer

Pengaruh kestabilan atmosfer juga mempengaruhi bentuk kepulan dari cerobong. Pada kondisi atmosfer stabil, kepulan cenderung menyempit dan tidak terdispersi ke sekelilingnya. kepulan seolah membentuk garis lurus searah angin, sehingga polutan berkumpul dan membentuk konsentrasi yang tinggi. Kondisi atmosfer yang tidak stabil ini menguntungkan dalam pendispersian polutan, karena polutan dengan segera terdispersi dengan lingkungan sekitar sehingga reseptor tidak mengalami paparan konsentrasi pencemar yang tinggi. Sebaliknya pada kondisi atmosfer tidak stabil, pencemar bergerak bebas pada daerah yang vertikal luas dan menghasilkan percampuran dengan udara ambien lebih baik, sehingga konsentrasi polutan yang terukur rendah. Kondisi atmosfer yang stabil bersifat tidak menguntungkan bagi reseptor, karena reseptor menerima paparan konsentrasi pencemar yang tinggi.



Gambar 2.4. Tipe Kepulan Asap

Selain membandingkan laju penurunan suhu lingkungan terhadap laju penurunan suhu adiabatik, dalam batas PBL (*Planetary Boundary Layer*), stabilitas atmosfer dapat ditentukan melalui bilangan Richardson dan panjang Monin-Obukhov (L) (Shir dan Shieh, 1974). Menurut Waco (1970) parameter

bilangan Richardson memiliki pengaruh yang paling nyata diantara parameter-parameter udara atas lainnya. Umumnya, penentuan stabilitas atmosfer melalui ketiga metode di atas memerlukan pengamatan kondisi meteorologi yang rutin. Seringkali ketiadaan data pengamatan yang lengkap memungkinkan hal tersebut sulit dilakukan. Sehingga Turner pada tahun 1964 membagi kestabilan atmosfer menjadi enam kategori yang sering disebut oleh Pasquill dengan tanda A hingga F (Pasquill, 1974). Kelas kestabilan A adalah kelas atmosfer paling tidak stabil dan F kelas atmosfer paling stabil. Pembagian kelas kestabilan tersebut didasarkan pada insolasi matahari, kecepatan angin dan penutupan awan.

c. Distribusi Angin

Angin memiliki peran utama dalam penyebaran polutan. Partikel polutan ini selanjutnya akan bergerak sesuai arah angin bergerak. Kekuatan angin turut pula mempengaruhi kecepatan penyebaran polutan dari sumbernya. Angin yang kuat mempercepat proses penyebaran polutan sedangkan angin yang bergerak relatif pelan, proses penyebarannya lebih banyak dilakukan melalui proses difusi dengan atmosfer sekitar. Akibat pengaruh dari arah gerak dan kecepatan angin ini konsentrasi polutan pada setiap titik aliran polutan (*plume*) bernilai lebih kecil dibandingkan sewaktu polutan tersebut keluar dari sumbernya, di luar aliran polutan tersebut konsentrasi polutan dapat diabaikan (Forsdyke, 1970).

Arah dan kecepatan angin turut mempengaruhi dan menciptakan turbulen. Angin yang bergerak di suatu wilayah tidak selamanya bergerak secara teratur. Sehingga dapat dikatakan bahwa semua gerakan udara adalah turbulen (Forsdyke, 1970). Besarnya nilai turbulen ini berbeda setiap keadaan. Turbulen skala kecil ditunjukkan dengan contoh pergolakan asap rokok dalam ruangan, turbulen skala menengah ditunjukkan aliran udara lemah dalam cuaca yang tenang, dan turbulen skala besar ditunjukkan dengan adanya angin dan badai yang muncul secara tiba-tiba. Lemah kuatnya gerakan udara mempengaruhi konsentrasi polutan suatu wilayah. Pada gerakan angin yang kuat, turbulensi udara yang kuat tercipta dan membantu mencampurkan polutan dengan udara di sekitarnya sehingga konsentrasi polutan akan lebih kecil. Sedangkan bila gerakan angin yang tercipta lemah, turbulensi yang tercipta juga lemah sehingga pencampuran polutan dengan udara sekitarnya

juga lebih kecil sehingga membuat konsentrasi polutan yang terjadi tetap tinggi.

d. Curah Hujan

Curah hujan dapat membantu membersihkan polutan di atmosfer melalui proses pencucian, akumulasi, dan absorpsi (Liu dan Lipták, 2000). Proses pencucian melibatkan partikel-partikel berukuran besar untuk bergabung melalui butiran air hujan yang jatuh sebagai presipitasi. Sedangkan proses akumulasi melibatkan partikel-partikel ukuran kecil bergabung membentuk awan dan jatuh sebagai butiran air hujan. Terakhir, bila polutan tersebut berupa gas maka proses pemindahannya dilakukan secara absorpsi melalui molekul-molekul gas di sekitarnya. Ketiga proses di atas tergantung dari sifat polutan itu sendiri dan karakteristik curah hujan (Liu dan Lipták, 2000).

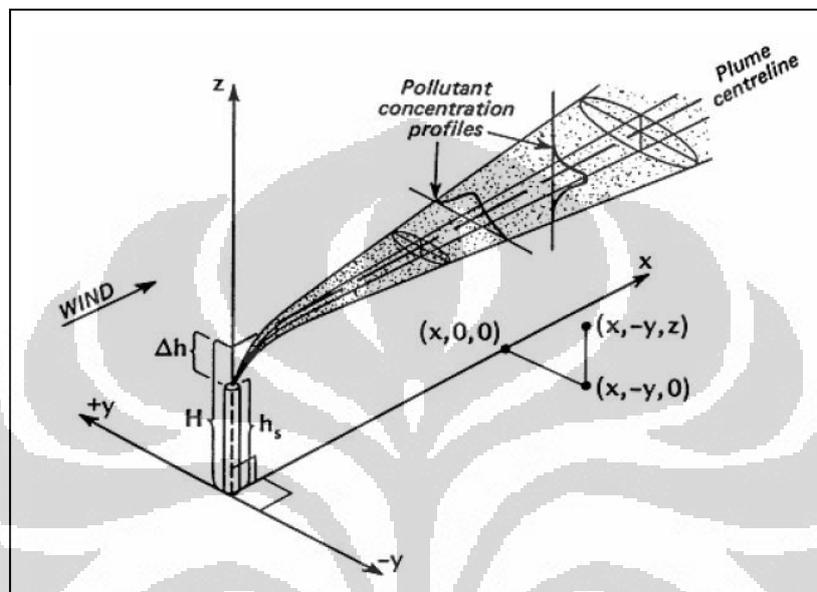
2.6. Model Dispersi Gaussian

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi dispersi polutan adalah kecenderungan polutan-polutan tersebut untuk berdifusi. Proses difusi pada arah tertentu merupakan suatu fenomena statistika. Hal ini ditandai dengan perilaku molekul-molekul material sepanjang arah yang dipilih memiliki distribusi *Gaussian*. Selain itu, kurva konsentrasi material terhadap lokasi dari sumber material yang berdifusi berbentuk lonceng yang serupa dengan kurva distribusi *Gaussian*. Konsentrasi polutan maksimum berada dekat sumber dan konsentrasi semakin berkurang untuk lokasi yang jauh dari sumber. Hasil tersebut dapat digunakan memodelkan proses dispersi polutan, khususnya pada sumber garis (*line source*).

Menurut Rahmawati (2004) menyebutkan dalam studi Markal, penyebaran emisi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik yang berkapasitas besar (cerobong gas buang 70-200 meter) dikategorikan sebagai emisi sumber titik, sedangkan yang mempunyai ketinggian cerobong gas buang dibawah 42 meter dikategorikan sebagai emisi sumber luasan. Pendekatan yang dipakai untuk sumber titik dengan menggunakan modifikasi fungsi *Gauss* dengan menggunakan 3 parameter yaitu sumber emisi, meteorologi, dan topografi. Asumsi yang digunakan :

1. Sumber emisi menghasilkan material secara kontinu
2. Karakteristik arah angin adalah homogen secara vertikal atau horizontal dan kecepatan rata-ratanya tidak berubah

3. Transformasi kimia dan fisika di atmosfer tidak diperhitungkan
4. Kobaran gas buang direfleksikan pada permukaan tetapi tanpa absorpsi dan deplesi
5. Semua variabel konstan (kondisi *steady state*)
6. Permukaan datar
7. Sumbu x sejajar dengan arah angin perhitungan penyebarannya



Gambar 2.5. Model Dispersi *Gauss*

Penggunaan model *Gauss* dalam memperhitungkan konsentrasi dan deposisi polutan akibat emisi sumber polutan titik didasarkan pada pertimbangan salah satunya adalah model asap *Gauss* hanya membutuhkan data meteorologi angin yaitu arah dan kecepatan angin di cerobong saja. Bila memakai model lain akan menemui kesulitan dalam mencari data profil vertikal arah angin dan fluktuasinya yang lengkap (Rahmawati, 2004).

Sampai saat ini, model *Gaussian* tetap dianggap paling tepat untuk melukiskan secara matematis pola tiga dimensi dari perjalanan semburan (*plume*) emisi. Dari sumbernya, emisi polutan akan bergerak sebagai *plume* mengikuti arah angin, dan menyebar ke arah samping dan vertikal. Konsentrasi polutan akan lebih tinggi di garis tengah *plume* dan rendah di wilayah-wilayah tepi *plume*. Semakin ke tepi, konsentrasi semakin rendah. Jika diamati, distribusi konsentrasi *plume* memiliki bentuk yang sama dengan kurva distribusi normal atau kurva *Gauss*. Formula perhitungan ΔC yang mengikuti model *Gaussian* ini dikembangkan pertama kali oleh Sir Graham Sutton.

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp - \frac{1}{2} \left[\frac{y}{\sigma_y} \right]^2 \exp - \frac{1}{2} \frac{z - He^2}{\sigma_z} + \exp - \frac{1}{2} \frac{z + He^2}{\sigma_z} \quad (2.1)$$

Dimana:

C = konsentrasi polutan udara dalam massa per volume (mg/m³)

Q = Laju emisi polutan dalam massa per waktu (mg/detik)

U = Kecepatan angin di titik sumber (m/detik)

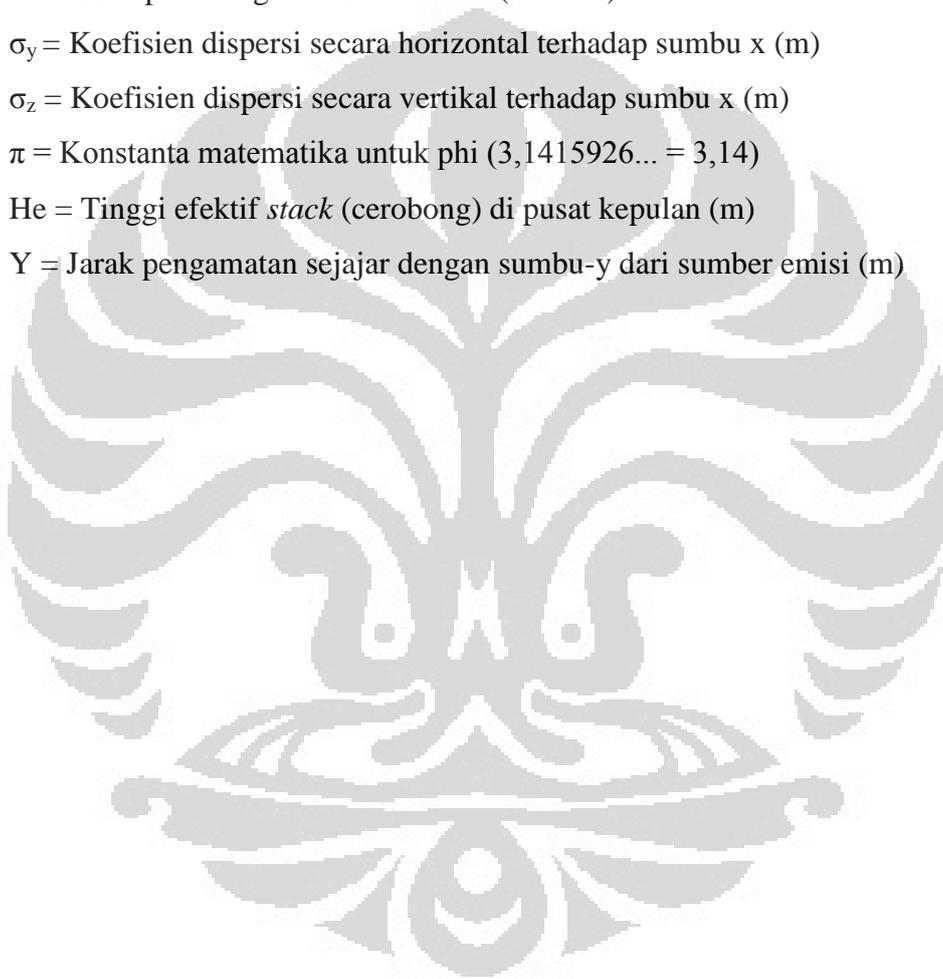
σ_y = Koefisien dispersi secara horizontal terhadap sumbu x (m)

σ_z = Koefisien dispersi secara vertikal terhadap sumbu x (m)

π = Konstanta matematika untuk phi (3,1415926... = 3,14)

He = Tinggi efektif *stack* (cerobong) di pusat kepulan (m)

Y = Jarak pengamatan sejajar dengan sumbu-y dari sumber emisi (m)



BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

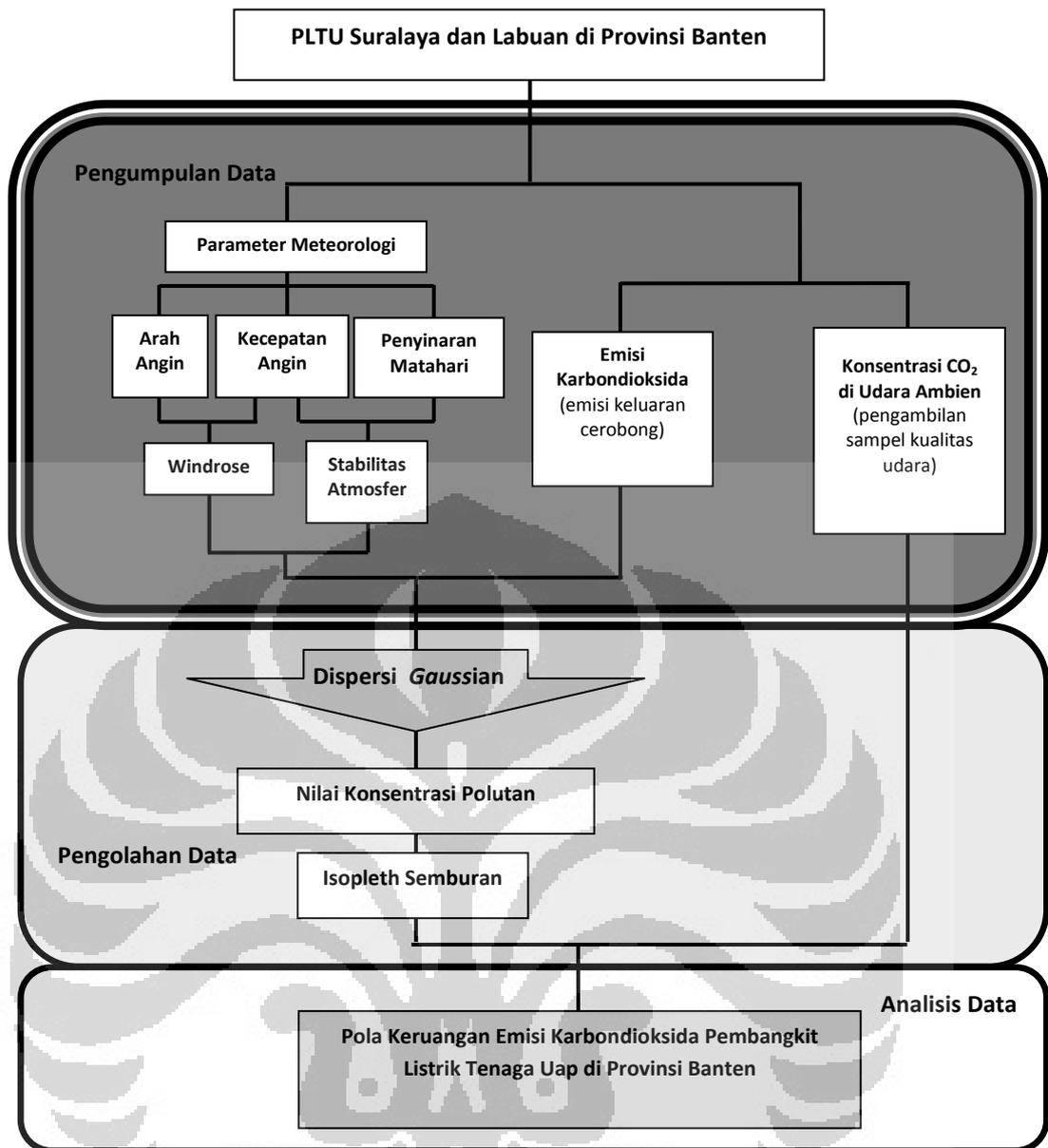
3.1. Daerah Penelitian

Daerah penelitian adalah Provinsi Banten yang terletak pada koordinat $105^{\circ}1'11''$ - $106^{\circ}7'12''$ BT dan $5^{\circ}7'50''$ - $7^{\circ}1'1''$ LS. Secara administratif, terbagi atas empat kabupaten dan empat kota, yaitu Kabupaten Serang, Kabupaten Pandeglang, Kabupaten Lebak, Kabupaten Tangerang, Kota Serang, Kota Tangerang, Kota Cilegon dan Kota Tangerang Selatan. Unit analisis dari penelitian ini adalah PLTU Suralaya yang berlokasi di Kecamatan Suralaya Kota Cilegon dan PLTU Labuan yang berlokasi di Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang.

3.2. Metode Pendekatan dan Alur Pikir Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif, yaitu mendeskripsikan pola keruangan konsentrasi karbondioksida keluaran cerobong PLTU. Parameter meteorologis berupa arah dan kecepatan angin menentukan *windrose* dari daerah penelitian. Sedangkan parameter meteorologis berupa penyinaran matahari dan kecepatan angin akan menentukan stabilitas atmosfer. Parameter meteorologis dan emisi karbondioksida yang dihasilkan PLTU akan konsentrasi semburan emisi karbondioksida dengan menggunakan pemodelan dispersi *Gaussian*.

Kemudian hasil pengukuran konsentrasi karbondioksida ambien digunakan untuk membandingkan besar konsentrasi emisi karbondioksida hasil PLTU dengan konsentrasi karbondioksida ambien. Secara skematis tahapan penelitian ini dapat dilihat pada alur pikir di bawah ini (Gambar 3.1).



Gambar 3.1. Alur Pikir Penelitian

3.3. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. emisi karbondioksida PLTU
- b. arah dan kecepatan angin
- c. penyinaran matahari
- d. konsentrasi karbondioksida di udara ambien

3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini terbagi menjadi metode pengumpulan data primer dan sekunder.

3.4.1. Data Primer

Data primer didapat dari pengukuran dan observasi langsung di lapangan. Data primer yang dibutuhkan antara lain:

1. Lokasi absolut PLTU dan foto pengamatan lapangan.
2. Konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) di udara ambien. Didapatkan dengan melakukan pengambilan sampel di lapangan. Metode pengambilan sampel menggunakan metode *systematic random sampling*. Sampel udara ambien diambil pada jarak tertentu secara sistematis dari pusat aktivitas PLTU yaitu pada jarak 10 kilometer, 20 kilometer, dan 30 kilometer. Pengambilan sampel dilakukan selama 2 (dua) hari, yaitu pada tanggal 24 September s.d. 25 September 2011. Alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi ambien gas CO_2 adalah *Direct Reading CO_2 Analyzer*, merek: TES 200. Alat-alat yang digunakan untuk pengambilan sampel kualitas udara sebagai berikut:
 - a. Peta Kerja
 - b. Global Positioning System (GPS)
 - c. *Direct Reading CO_2 Analyzer - TES 200 CO_2*
 - d. *Stopwatch*
 - e. Tabel Isian Survei Lapang
 - f. Alat Tulis
 - g. Kamera Digital

3.4.2. Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder didapat dari studi kepustakaan. Studi kepustakaan ini dimaksudkan untuk mengumpulkan literatur, data tabular, peta, dan data lainnya yang mendukung penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan antara lain:

1. Data emisi CO₂ (karbondioksida) PLTU Suralaya dan PLTU Labuan tahun 2010 bersumber dari Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral
2. Data Arah Kecepatan Angin dan penyinaran matahari Provinsi Banten tahun 2010 bersumber dari Badan Meterologi Klimatologi dan Geofisika
3. Data spesifikasi cerobong meliputi koordinat, tinggi, diameter, suhu, kecepatan gas di cerobong yang diperoleh dari PLTU Suralaya dan PLTU Labuan
4. Peta Penggunaan Tanah Provinsi Banten bersumber dari Badan Koordinasi dan Survei Peta Nasional

3.5. Pengolahan Data

Pengolahan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu perhitungan data statistik menggunakan perangkat *Microsoft Excel* dan pembuatan peta *isopleth* menggunakan perangkat *ArcView*.

Sebelum memulai perhitungan data, terlebih dahulu harus melakukan langkah berikut ini:

1. Mengelompokkan frekuensi kejadian angin berdasarkan arah dan kecepatan angin untuk di ketahui distribusi delapan arah angin sehingga akan di dapatkan distribusi arah angin utama
2. Melihat arah angin dominan dan kecepatan dominan selama periode pengukuran.
3. Menentukan kelas stabilitas atmosfer berdasarkan penyinaran matahari dan kecepatan angin
4. Menentukan kelas angin dan stabilitas udara dengan acuan tabel kelas kestabilan udara.

Tabel 3.1. Klasifikasi Kesetabilan Udara (KNLH, 2007)

Kecepatan Angin (m/dt)	Pagi/Siang Intensitas Sinar Matahari			Malam Keadaan Awan	
	Kuat	Sedang	Lemah	Berawan $\geq 4/8$	Cerah $\leq 3/8$
< 2	A	A - B	B	E	F
2-3	A - B	B	C	E	F
3-5	B	B - C	C	D	E
5-6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Sumber: KNLH, 2007

Keterangan : dari A ke F yaitu paling tidak stabil (A) hingga paling stabil (F)

Kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai konsentrasi dari emisi karbondioksida dengan menggunakan metode model dispersi *Gaussian*.

Adapun rumus dari model dispersi *Gaussian* untuk emisi cerobong PLTU adalah :

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi U \sigma_y \sigma_z} \exp - \frac{1}{2} \left[\frac{y}{\sigma_y} \right]^2 \exp - \frac{1}{2} \frac{z - He^2}{\sigma_z} + \exp - \frac{1}{2} \frac{z + He^2}{\sigma_z} \quad (3.1)$$

Keterangan:

C = konsentrasi polutan udara dalam massa per volume (mg/m³)

Q = Laju emisi polutan dalam massa per waktu (mg/detik)

Us = Kecepatan angin di titik sumber (m/detik)

σ_y = Koefisien dispersi secara horizontal terhadap sumbu x (m)

σ_z = Koefisien dispersi secara vertikal terhadap sumbu x (m)

π = Konstanta matematika untuk phi (3,1415926... = 3,14)

He = Tinggi efektif *stack* (cerobong) di pusat keputlan (m)

Y = Jarak pengamatan sejajar dengan sumbu-y dari sumber emisi (m)

Z = Ketinggian titik pengamatan (vertikal) dari sumber emisi (m).

Untuk memudahkan pengerjaan, maka berikut ini merupakan langkah – langkah yang harus dilakukan untuk melakukan perhitungan dengan model dispersi *Gaussian*:

1. Menghitung ketinggian efektif cerobong (H). Perhitungan ketinggian efektif cerobong menurut Beyhock (2005) adalah sebagai berikut :

$$H_e = H_s + \left(3D \frac{V_s}{U_s}\right) \quad (3.2)$$

Keterangan:

H_s = Ketinggian Cerobong (m)

D = Diameter dalam Cerobong (m)

U_s = Kecepatan angin rata-rata (m/s)

V_s = Kecepatan aliran gas (m/s)

2. Menghitung kecepatan angin rata-rata (U_s) perhitungan kecepatan angin rata-rata menurut Beyhock (2005) adalah sebagai berikut:

$$U_s = U_{ref} \left(\frac{H_s}{Z_{ref}}\right)^n \quad (3.3)$$

Keterangan :

U_s = kecepatan angin rata-rata (m/s)

U_{ref} = kecepatan angin pada ketinggian referensi.

H_s = ketinggian cerobong (m)

Z_{ref} = ketinggian Referensi (10 m)

n = konstanta (nilai angin tidak stabil = 0,25 dan stabil = 0,5)

3. Rumus σ_y dan σ_z menurut Model ISC EPA

$$\sigma_z = ax^b$$

$$\sigma_y = 465,11628x (\tan \theta)$$

$$\theta = 0,017453293 (c-d \ln(x))$$

(3.4)

Keterangan:

x = jarak dari titik emisi menurut arah angin (km)

a, b = koefisien tergantung x

θ = radian

Tabel 3.2. Nilai Kelas Stabilitas Atmosfer Pasquill

Stabilitas Atmosfer	x (km)	a	B
A*	<0.10	122.800	0.94470
	0.10-0.15	158.080	1.05420
	0.16-0.20	170.220	1.09320

	0.21-0.25	179.520	1.12620
	0.26-0.30	217.410	1.26440
	0.31-0.40	258.890	1.40940
	0.41-0.50	346.750	1.72830
	0.51-3.11	453.850	2.11660
	>3.11	**	**
B*	<0.20	90.673	0.93198
	0.21-0.40	98.483	0.98332
	>0.40	109.300	1.09710
C*	Semua	61.141	0.91465
D	<0.30	34.459	0.86974
	0.31-1.00	32.093	0.81066
	1.01-3.00	32.093	0.64403
	3.01-10.00	33.504	0.60486
	10.01-30.00	36.650	0.56589
	>30.00	44.053	0.51179
E	<0.10	24.260	0.83660
	0.10-0.30	23.331	0.81956
	0.31-1.00	21.628	0.75660
	1.01-2.00	21.628	0.63077
	2.01-4.00	22.534	0.57154
	4.01-10.00	24.703	0.50527
	10.01-20.00	26.970	0.46713
	20.01-40.00	35.420	0.37615
	>40.00	47.618	0.29592
F	<0.20	15.209	0.81558
	0.21-0.70	14.457	0.78407
	0.71-1.00	13.953	0.68465
	1.01-2.00	13.953	0.63227
	2.01-3.00	14.823	0.54503
	3.01-7.00	16.187	0.46490
	7.01-15.00	17.836	0.41507
	15.01-30.00	22.651	0.32681
	30.01-60.00	27.074	0.27436
	>60.00	34.219	0.21716

Sumber: Beyhock (2005)

Keterangan :

* = Jika hasil perhitungan dari σ_z melebihi 5000 m, σ_z diubah menjadi 5000 m

** = σ_z sama dengan 5000 m

Tabel 3.3 Lanjutan Nilai Stabilitas Atmosfer Pasquill

Stabilitas Atmosfer Pasquill	c	d
A	24.1670	2.5334
B	18.3330	1.8096
C	12.5000	1.0857
D	8.3330	0.72382
E	6.2500	0.54287
F	4.1667	0.36191

Sumber: Beyhock (2005)

Setelah mengetahui nilai ΔC , kemudian dibuat peta *isopleth* semburan.

Berikut merupakan langkah-langkah pembuatan peta *isopleth* semburan:

- Hitung konsentrasi semburan polutan penting ΔC sesuai dengan arah angin dominan.
- Plot kan nilai ΔC di titik-titik koordinat yang dihitung
- Interpolasikan nilai ΔC sesuai rentang nilai konsentrasi yang diinginkan dengan menggunakan *extension Kriging interpolation* dalam Arc.View 3.3
- Haluskan garis Isopleth yaitu hubungkan titik-titik hasil interpolasi dengan garis lurus. Lalu, kurangi kekakuan garis lurus tersebut sehingga membentuk elips-elips konsentrasi ke arah angin dominan.

3.6. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif, yaitu menjelaskan perbedaan dari tiap peta *isopleth* semburan pada masing-masing waktu penelitian dengan melihat variabel arah dan kecepatan angin serta stabilitas atmosfer. Kemudian menjelaskan perbedaan tipe semburan dan konsentrasi karbondioksida dari masing-masing tipe cerobong dari PLTU Suralaya dan PLTU Labuan.

BAB 4

GAMBARAN UMUM PROVINSI BANTEN

4.1. Letak, Luas, dan Batas Daerah Penelitian

Wilayah yang menjadi objek penelitian ini adalah Provinsi Banten. Banten merupakan Provinsi yang berdiri berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2010

secara administratif, terbagi atas 4 kabupaten dan 4 kota yaitu : Kabupaten Serang, Kabupaten Pandeglang, Kabupaten Lebak, Kabupaten Tangerang, Kota Serang, Kota Cilegon, Kota Tangerang, dan Kota Tangerang Selatan dengan luas 926.744,56 Ha. Letak geografis Provinsi Banten pada batas Astronomi $105^{\circ}1'11''$ - $106^{\circ}7'12''$ BT dan $5^{\circ}7'50''$ - $7^{\circ}1'1''$ LS. Batas wilayah sebelah Timur berbatasan dengan DKI Jakarta dan Jawa Barat, sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah Barat dengan Selat Sunda, serta di bagian Selatan berbatasan dengan Samudera Hindia.

4.2. Topografi dan Kondisi Morfologi

Topografi wilayah Provinsi Banten berkisar pada ketinggian 0 – 1.000 m dpl. Secara umum kondisi topografi wilayah Provinsi Banten merupakan dataran rendah yang berkisar antara 0 – 200 m dpl yang terletak di bagian yang meliputi Kota Cilegon, Kota Tangerang, Kabupaten Pandeglang, dan sebagian besar Kabupaten Serang. Adapun daerah Lebak Tengah dan sebagian kecil Kabupaten Pandeglang memiliki ketinggian berkisar 201 – 2.000 m dpl dan daerah Lebak Timur memiliki ketinggian 501 – 2.000 mdpl yang terdapat di puncak Gunung Sanggabuana dan Gunung Halimun.

Kondisi topografi suatu wilayah berkaitan dengan bentuk raut permukaan wilayah atau morfologi. Morfologi wilayah Banten secara umum terbagi menjadi tiga kelompok yaitu morfologi dataran, perbukitan landai-sedang (bergelombang rendah-sedang) dan perbukitan terjal. Morfologi dataran rendah umumnya terdapat di daerah bagian utara dan sebagian selatan. Wilayah dataran rendah merupakan wilayah yang mempunyai ketinggian kurang dari 50 meter dpl (di atas permukaan laut) sampai wilayah pantai yang mempunyai ketinggian 0 – 1 m dpl. Morfologi perbukitan bergelombang rendah-sedang sebagian besar menempati daerah bagian tengah wilayah studi. Wilayah perbukitan terletak pada wilayah yang mempunyai ketinggian minimum 50 m dpl. Di bagian utara Kota Cilegon terdapat wilayah puncak Gunung Gede yang memiliki ketinggian maksimum 553 m dpl, sedangkan perbukitan di Kabupaten Serang terdapat wilayah selatan Kecamatan Mancak dan Waringin Kurung dan di Kabupaten Pandeglang wilayah perbukitan berada di selatan. Di Kabupaten Lebak terdapat perbukitan di timur berbatasan dengan Bogor dan Sukabumi dengan karakteristik litologi ditempati oleh satuan litologi sedimen tua yang terintrusi oleh batuan beku dalam seperti batuan beku granit, granodiorit, diorit dan andesit. Biasanya pada daerah sekitar terobosaan batuan beku tersebut terjadi suatu proses

remineralisasi yang mengandung nilai sangat ekonomis seperti cebakan bijih timah dan tembaga.

4.3. Meterologi dan Klimatologi

Iklim wilayah Banten sangat dipengaruhi oleh Angin Monson (*Monson Trade*) dan Gelombang La Nina atau El Nino. Saat musim penghujan (Nopember - Maret) cuaca didominasi oleh angin Barat (dari Sumatera, Samudra Hindia sebelah selatan India) yang bergabung dengan angin dari Asia yang melewati Laut Cina Selatan. Agustus), cuaca didominasi oleh angin Timur yang menyebabkan wilayah Banten mengalami kekeringan yang keras terutama di wilayah bagian pantai utara, terlebih lagi bila berlangsung El Nino. Temperatur di daerah pantai dan perbukitan berkisar antara 22° C dan 32° C, sedangkan suhu di pegunungan dengan ketinggian antara 400 –1.350 m dpl mencapai antara 18° C –29° C.

Curah hujan tertinggi sebesar 2.712 – 3.670 mm pada musim penghujan bulan September – Mei mencakup 50% luas wilayah Kabupaten Pandeglang sebelah barat dan curah 335 – 453 mm pada bulan September – Mei mencakup 50% luas wilayah Kabupaten Serang sebelah Utara, seluruh luas wilayah Kota Cilegon, 50% luas wilayah Kabupaten Tangerang sebelah utara dan seluruh luas wilayah Kota Tangerang. Pada musim kemarau, curah hujan tertinggi sebesar 615 – 833 mm pada bulan April – Desember mencakup 50% luas wilayah Kabupaten Serang sebelah Utara, seluruh luas wilayah Kota Cilegon, 50% luas wilayah Kabupaten Tangerang sebelah Utara dan seluruh luas wilayah Kota Tangerang, sedangkan curah hujan terendah pada musim kemarau sebanyak 360 – 486 mm pada bulan Juni – September mencakup 50% luas wilayah Kabupaten Tangerang sebelah selatan dan 15% luas wilayah Kabupaten Serang sebelah Tenggara.

4.4. Spesifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap

4.4.1. PLTU Suralaya

PLTU Suralaya merupakan perusahaan pembangkit tenaga listrik yang diprakarsai oleh PT Indonesia Power. PLTU Suralaya berlokasi di Komplek Suralaya, Kelurahan Suralaya, Kecamatan Pulomerak, Kota Cilegon, Provinsi Banten.

Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Suralaya menangani 7 unit PLTU dengan bahan bakar batubara sebagai bahan bakar utamanya. Unit 1 s/d 4 masing-masing mempunyai kapasitas 400 MW dan unit 5 s/d 7 masing-masing 600 MW sehingga UBP Suralaya menangani PLTU batubara dengan kapasitas total 3.400 MW.

Bahan bakar utama yang digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Suralaya adalah batubara yang berasal dari Bukit Asam, Sumatera Selatan. Pengangkutan batubara dilakukan dengan menggunakan jalan darat (Tanjung Enim – Tarahan) dan menggunakan kapal laut (Tarahan – Suralaya). Selain batubara, bahan bakar minyak solar HSD (*High Speed Diesel*) juga digunakan untuk UBP Suralaya.

Sebagai sarana untuk bongkar muat batubara dan bahan bakar minyak telah dibuat dua dermaga yang terpisah. Dermaga batubara dilengkapi dengan *Hopper* dan *Belt Conveyor* untuk membawa batubara dengan kapasitas 4.000 ton/jam (2 *belt*) ke tempat penampungan batubara. Dari tempat penampungan batubara dibawa ke *Under Ground Belt Conveyor* dengan *bulldozer* dan dari *stocker reclaimers* dengan menggunakan ban berjalan kapasitas 2.000 ton/jam, lalu dimasukkan ke dalam *Coal Bunker*. Dengan memakai *Coal Feeder* batubara dapat dimasukkan ke dalam *Pulverizer* untuk digiling menjadi serbuk halus ($\pm 70\%$ lolos ayakan 200 *mesh*). Dengan tekanan udara panas, serbuk batubara yang halus dibakar dalam *burner* (ruang bakar).

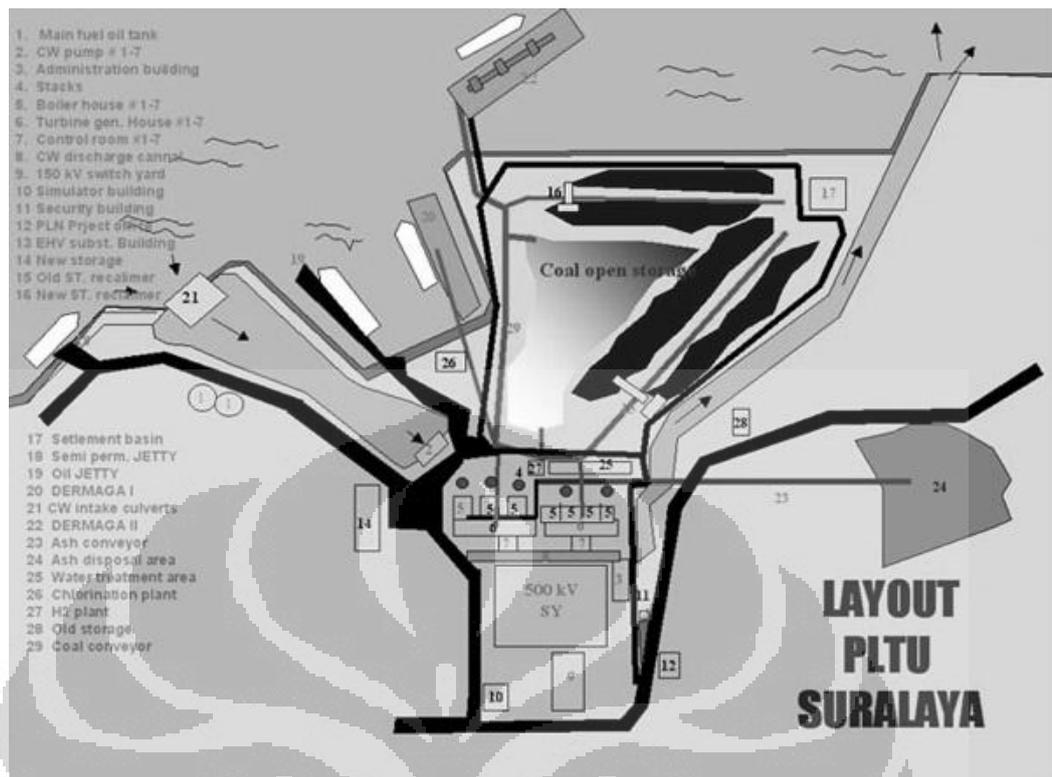
UBP Suralaya adalah pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar utama berasal dari proses pembakaran batubara. Bahan baku air ketel (*boiler*) berasal dari air laut yang telah diolah sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan teknis yang ditentukan. Pada proses pembuatan uap, diperlukan batubara sekitar 170 ton/jam/unit untuk Unit 1 s.d. Unit 4, sedangkan untuk Unit 5 s.d. Unit 7 memerlukan batubara sebanyak 255 ton/jam/unit, sehingga

memhasilkan uap kering sejumlah 1.200 ton/jam/unit dengan temperatur sekitar 538°C dan tekanan 169 kg/cm², kemudian uap tersebut dimasukan ke turbin sebagai pemutar poros, dan selanjutnya poros turbin disambung langsung dengan poros generator, sehingga menghasilkan daya listrik.

Turbin yang dipakai menggunakan tiga tingkat tekanan masuk, yakni tekanan tinggi, sedang dan rendah yang pengaturannya menggunakan teknik tertentu, sehingga diperoleh daya guna dan hasil guna yang tinggi. Masing-masing turbin untuk unit 1, unit 2, unit 3, dan unit 4 berkapitas 400 MW dan 600 MW untuk unit 5, unit 6, dan unit 7. Masing-masing turbin dihubungkan langsung dengan generator. Tegangan yang dihasilkan dinaikkan dari 23.000 volt menjadi 500.000 volt dengan menggunakan trafo sebelum disalurkan ke sistem jaringan. Uap bekas pemutar turbin dikondensasikan di dalam kondensor, dimana kondensor yang digunakan adalah tipe kontak tidak langsung, sehingga air kondesatnya dapat digunakan kembali sebagai air ketel.

Dalam kegiatannya UBP Suralaya memerlukan sistem pendingin, fungsi sistem pendingin di UBP Suralaya adalah untuk mendinginkan kondenser dan peralatan mekanik lainnya. Untuk pendingin kondensor digunakan air laut secara langsung, tetapi untuk pendingin peralatan mekanik juga menggunakan air laut, namun tidak secara langsung. Untuk keperluan pendingin tersebut diperlukan air laut sekitar 57.700 m³/ jam/unit. Agar proses pendinginan berjalan dengan baik, maka diperlukan pemasangan saringan dan pembuatan saluran terbuka sepanjang 1,5 km agar temperatur air buangan tidak terlalu banyak berbeda dengan temperatur ambien ke laut.

Air yang digunakan untuk ketel berasal dari air laut yang diolah menjadi air tawar dengan menggunakan instalasi desalinasi (*desalination plant*). Air tersebut (hasil desalinasi) sebelum dialirkan ke ketel uap diolah terlebih dahulu di *water treatment plant*. Dalam proses penawaran air laut maupun proses pengolahan air akan dihasilkan limbah kimia, namun sebelum limbah kimia tersebut dibuang dilakukan pengolahan terlebih dahulu di *netralization pit*, sehingga diperoleh kualitas air limbah yang tidak melampaui baku mutunya.



Gambar 4.1. Layout PLTU Suralaya

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh UBP Suralaya Unit 1 s.d. Unit 7 adalah berkapasitas total sebesar 3.400 MW. Untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi dalam penyaluran tenaga listrik ini, maka tegangan dinaikkan menjadi 500 KV, dari tegangan yang dibangkitkan generator sebesar 23 KV, yang kemudian ditransmisikan melalui jaringan transmisi 500 KV, Suralaya Gandul – Ungaran – Surabaya Barat yang merupakan sistem interkoneksi terpadu se-Jawa.

Ditinjau dari kondisi sosial ekonomi dan budaya masyarakat desa Salira Kelurahan Suralaya, tidak ada potensi keresahan masyarakat akibat kebutuhan kerja dan kecemburuan sosial masyarakat terhadap tenaga kerja dari luar desa. Faktor yang mendukung tidak adanya gangguan kamtibmas ini karena adanya kontraktor lokal yang terlibat dalam kegiatan di PLTU, serta terbukanya peluang kerja masyarakat pada kontraktor lokal sebagai pekerja kegiatan *overhaul* dan *cleaning service*. Selain itu manajemen PLTU Suralaya juga melakukan upaya rekrutmen tenaga kerja yang dilakukan secara konsisten serta pembinaan terhadap usaha masyarakat di Pantai Kelapa Tujuh.

4.4.2. PLTU Labuan

PLTU Labuan merupakan perusahaan pembangkit yang diprakarsai oleh PT PLN (Persero) yang memiliki kapasitas pembangkit 300 MW pada masing-masing unit. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Labuan secara administratif terletak di Desa Sukamaju, Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. Kegiatan PLTU Labuan seluas ± 66,46 Ha. Lokasi ini terletak kurang lebih 35 km di sebelah Barat Daya Kota Pandeglang, atau sekitar 125 km di sebelah Barat Daya Jakarta. Areal PLTU dapat dicapai dari arah Cilegon melalui Anyer, Carita, Labuan, Simpang Labuan, kemudian mengambil jalan menuju ke arah Panimbang sekitar 1 km, dan berbelok ke kanan / ke arah Utara sekitar 400 m untuk mencapai lokasi PLTU.

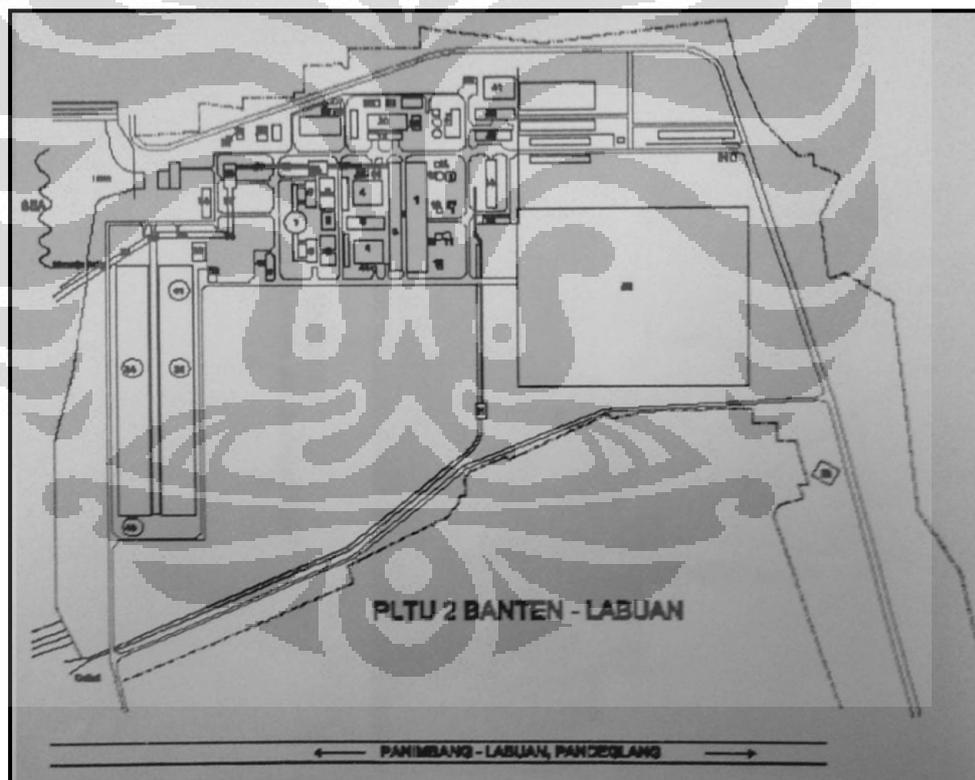
Kebutuhan batubara yang dipergunakan PLTU Labuan mengandung kadar sulfur 0.33% berat. Kegiatan operasional dermaga batubara diantaranya alur masuk tongkang, kanal alur pelayaran merupakan fasilitas jalur pelayaran menuju dermaga dengan panjang 2,3 km dari garis pantai, lebar minimal 100 meter, kedalaman -8 meter LWS. Konstruksi kanal menggunakan *Sheet Pile* dan *rubble mount* pada kedua sisinya, berfungsi untuk menahan gelombang.

PLTU Labuan memiliki dermaga bongkar muat, merupakan dermaga khusus batubara untuk kebutuhan PLTU Labuan. Dermaga ini terletak di dalam kanal dan dibangun di garis pantai dengan koordinat 06°23'50" LS dan 105°49'30" BT. Dermaga melayani kapal tongkang atau *barge* dengan kapasitas hingga 12.000 DWT. Konstruksi dermaga adalah beton bertulang (*concrete*) dengan panjang 175 meter dan lebar 22,5 meter dengan posisi tiang pancang baja (*steel pile*) dan dilengkapi dengan peralatan untuk membongkar batubara (*grabber*), *belt conveyor* untuk mengangkut batubara ke *coal yard*.

Batubara yang dibutuhkan untuk operasional PLTU kira-kira sebanyak 239.040 ton per bulan, sehingga dengan demikian akan ada sekitar 20 tongkang/bulan. Pada saat pemindahan batubara dari kapal ke tempat penimbunan, kemungkinan besar akan terjadi tumpahan batubara. Untuk mencegah pencemaran terhadap badan air, pemrakarsa mensyaratkan kepada pemilik kapal atau tongkang untuk melengkapi kapal dengan *spillage plate* pada tepi kapal. Sementara di lokasi penimbunan batubara dan di *conveyor belt* juga dipasang kran-kran air (*water spray*) untuk menyiram batubara agar

mengurangi debu yang ditimbulkan dari abu batubara yang bisa mengganggu lingkungan sekitarnya.

Batubara yang dibongkar dari *stockyard coal storage* dikeruk dan diangkat ke *boiler*. Selanjutnya batubara diteruskan ke *coal feeder* yang berfungsi mengatur jumlah aliran ke *pulverizer* dimana batubara digiling sesuai kebutuhan menjadi serbuk yang halus. Serbuk batubara ini dicampur dengan udara panas dari *primary air fan (PA Fan)* dan dibawa ke *coal burner* yang menghembuskan batubara tersebut ke dalam ruang bakar untuk proses pembakaran dan terbakar seperti gas untuk merubah air menjadi uap. Udara panas yang digunakan oleh *PA Fan* dipasok dari *FD Fan* yang menekan udara panas setelah dilewatkan *Air Heater*. *FD Fan* juga memasok udara ke *coal burner* untuk mendukung proses pembakaran. Hasil proses pembakaran yang terjadi menghasilkan limbah berupa abu dalam perbandingan 20:1.



Gambar 4.2. Layout PLTU Labuan

Panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar, diserap oleh pipa-pipa penguap (*waterwalls*) menjadi uap jenuh yang selanjutnya dipanaskan dengan *superheater*. Kemudian uap tersebut dialirkan ke turbin tekanan tinggi

H.P.Turbine, dimana uap tersebut ditekan melalui *nozzle* ke sudut-sudut turbin. Setelah melalui *H.P.Turbine*, uap dikembalikan ke *boiler* untuk dipanaskan ulang di *reheater* sebelum uap tersebut digunakan di *I.P.Turbine* dan *L.P.Turbine*. Poros turbin tekanan rendah dikopel dengan rotor generator. Rotor dalam elektromagnetik berbentuk silinder ikut berputar apabila turbin berputar. Generator dibungkus dalam strator generator. Strator ini digulung menggunakan batang tembaga. Listrik dihasilkan dalam batangan tembaga pada strator oleh elektromagnet rotor melalui perputaran dari medan magnet.

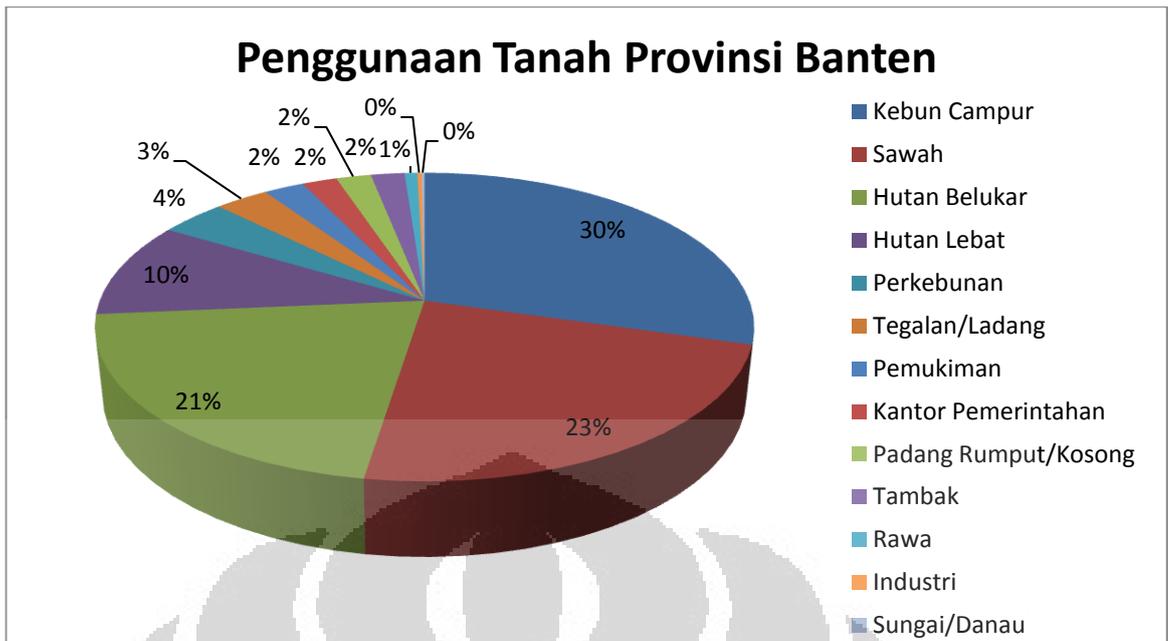
4.5. Penggunaan Tanah Provinsi Banten

Provinsi Banten sebagai objek pengaruh dari daerah penelitian memiliki penggunaan tanah yang beragam. Penggunaan tanah yang terdapat di daerah penelitian antara lain hutan belukar, hutan lebat, industri, pemukiman, perkebunan, padang rumput/tanah kosong, perumahan, rawa, sawah, sungai, danau, tambak, dan tegalan/ladang. Penggunaan tanah yang paling dominan adalah kebun campur dengan luas sekitar 273.531,01 ha atau sekitar 29.5% dari luas total. Kemudian luas sawah yaitu sekitar 212.869,56 ha atau sekitar 23% dari luas total dan hutan belukar yang memiliki luas sekitar 195.624,91 ha atau sekitar 21.1%. Sedangkan luas pemukiman hanya 21.482,89 ha atau sekitar 2.3% dari luas keseluruhan. Tabel 4.1. merupakan luasan penggunaan tanah di Provinsi Banten.

Tabel 4.1. Penggunaan Tanah Provinsi Banten

Penggunaan Tanah	Luas (Ha)	Luas (%)
Kebun Campur	273.531,01	29.5
Sawah	212.869,56	23.0
Hutan Belukar	195.624,91	21.1
Hutan Lebat	92.548,98	10.0
Perkebunan	35.676,46	3.8
Tegalan/Ladang	28.844,19	3.1
Pemukiman	21.482,89	2.3
Kantor Pemerintahan	18.755,52	2.0
Padang Rumput/Kosong	18.715,25	2.0
Tambak	18.032,55	1.9
Rawa	6.840,01	0.7
Industri	2.323,05	0.3
Sungai/Danau	1.500,18	0.2
Total	926.744,56	100

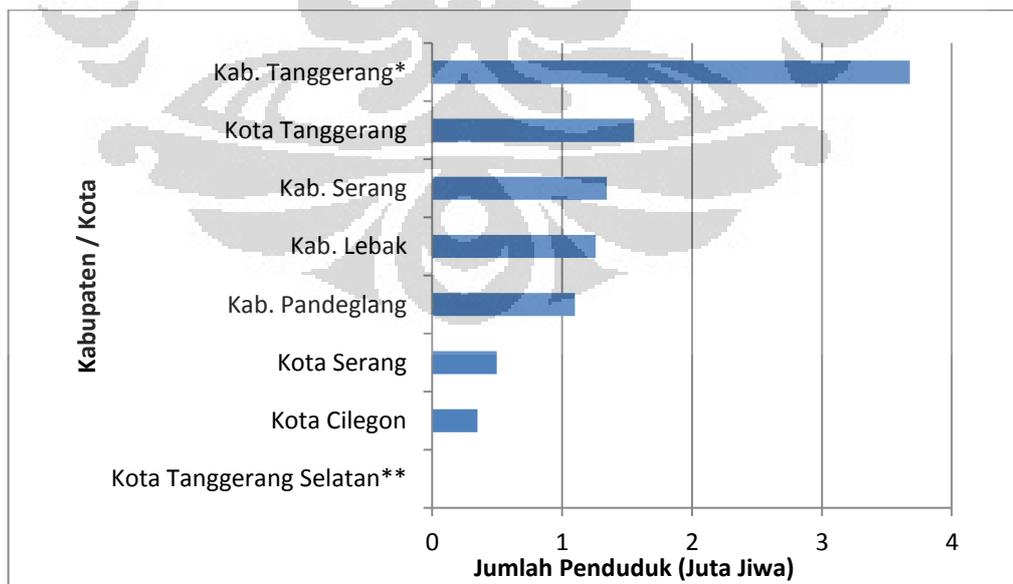
Sumber: BAKOSURTANAL, 2010



Gambar 4.3. Perbandingan Penggunaan Tanah di Provinsi Banten

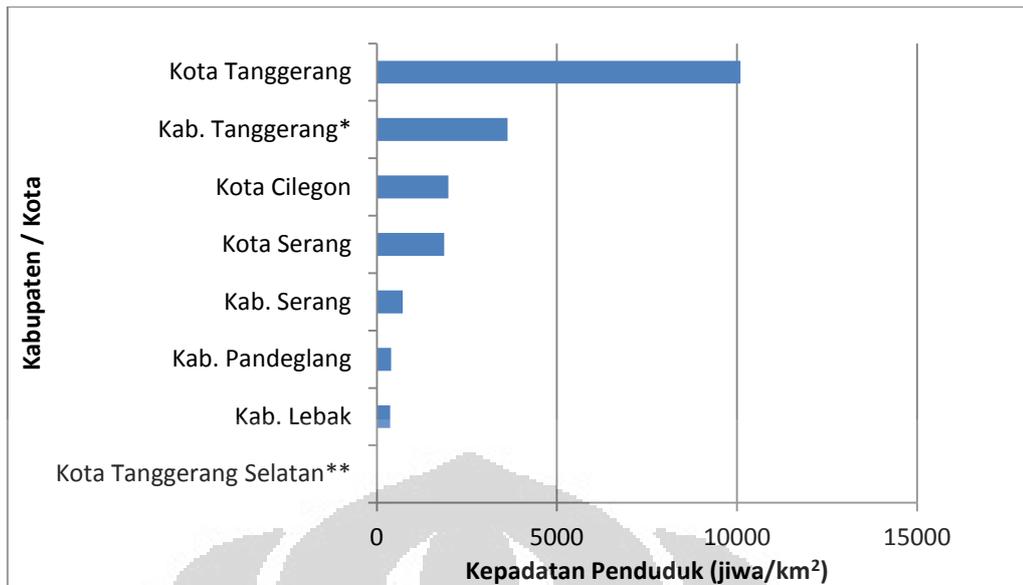
4.6. Jumlah dan Kepadatan Penduduk

Berdasarkan data kependudukan Badan Pusat Statistik Provinsi Banten tahun 2009, jumlah penduduk di Provinsi Banten sebesar 9.782.779 jiwa. Jumlah penduduk tertinggi di Kabupaten Tangerang yaitu sejumlah 3.676.684 jiwa. Sedangkan jumlah penduduk terendah di Kota Cilegon yaitu sejumlah 349.162 jiwa. Namun sejak tahun 2010, di Kabupaten Tangerang dilakukan pemekaran wilayah yaitu Kota Tangerang Selatan sebagai wilayah pemekaran baru di Provinsi Banten.



Gambar 4.4. Jumlah Penduduk Tiap Kabupaten / Kota

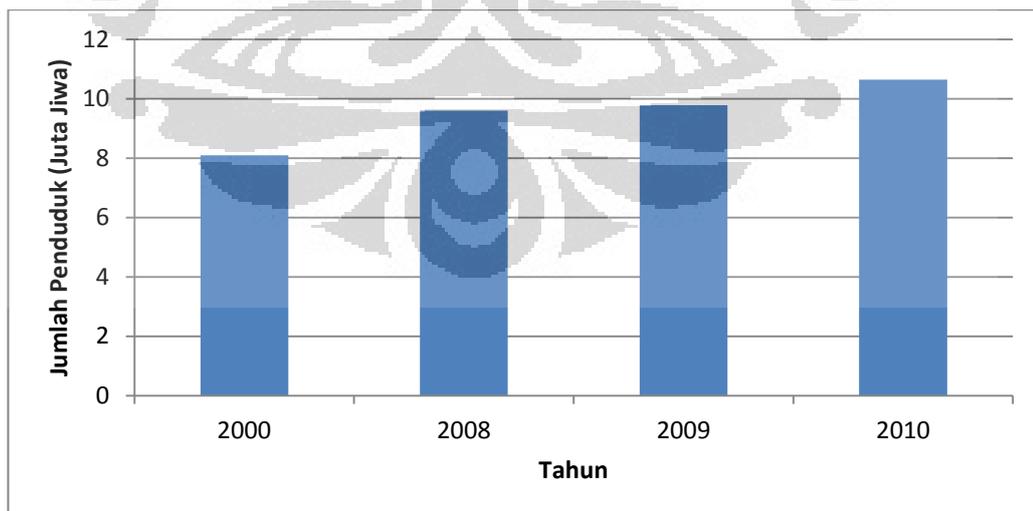
Keterangan: (*) Data Kependudukan merupakan data tahun 2009, data jumlah penduduk Kabupaten Tangerang merupakan data jumlah penduduk sebelum pemekaran wilayah Kota Tangerang Selatan di tahun 2010.



Gambar 4.5. Kepadatan Penduduk Tiap Kabupaten / Kota

Keterangan: (*) Data Kependudukan merupakan data tahun 2009, data jumlah penduduk Kabupaten Tangerang merupakan data jumlah penduduk sebelum pemekaran wilayah Kota Tangerang Selatan di tahun 2010.

Wilayah yang paling padat di Provinsi Banten adalah Kota Tangerang, yaitu dengan kepadatan penduduk 10.101 jiwa/km². Sedangkan wilayah yang kepadatan penduduknya paling rendah adalah Kabupaten Lebak yaitu sebesar 367 jiwa/km². Pertumbuhan penduduk di Provinsi Banten tahun 2000 s.d. 2009 sebesar 2.12%. Kemudian berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2010 jumlah penduduk di Provinsi Banten sebesar 10.644 juta jiwa.



Gambar 4.6. Peningkatan Jumlah Penduduk Provinsi Banten

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil

5.1.1. Emisi Karbondioksida

Gas karbondioksida merupakan produk utama proses pembakaran bahan bakar. Kecenderungan peningkatan konsentrasi gas karbondioksida di atmosfer secara global dan korelasinya yang cukup erat dengan perubahan iklim, menjadikan gas ini menjadi salah satu parameter gas pembentuk udara yang harus turut dipantau (RPL & RKL PLTU Suralaya, 2011).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap Suralaya memiliki 7 unit pembangkit yang sudah beroperasi. Pembangkit unit 1, unit 2, unit 3, dan unit 4 memiliki spesifikasi cerobong yang berbeda dengan pembangkit unit 5, unit 6, dan unit 7. Karena lokasi cerobong yang berdekatan, maka data parameter emisi karbondioksida yang digunakan dalam perhitungan model dispersi *Gaussian* untuk PLTU Suralaya menggunakan data parameter emisi dari 2 jenis cerobong yang memiliki spesifikasi berbeda, yaitu cerobong lama yang dalam penelitian ini dinyatakan sebagai cerobong tipe A untuk pembangkit unit 1 s.d. unit 4 dan cerobong baru yang dalam penelitian ini dinyatakan sebagai cerobong tipe B untuk pembangkit unit 5, 6, dan 7.

Pengemisian karbondioksida PLTU Suralaya selengkapnya dalam tabel berikut.

Tabel 5.1. Parameter Emisi Cerobong PLTU Suralaya

Parameter	Nilai Parameter Emisi pada Cerobong						
	Unit1	Unit2	Unit3	Unit4	Unit5	Unit6	Unit7
Tinggi (Hs), meter	200	200	200	200	275	275	275
Diameter (D), meter	7	7	7	7	8.5	8.5	8.5
Suhu Gas Out (Ts), K	811	811	811	811	811	811	811
Kecepatan Lepas Emisi (Vs), m/dt	21	22	22	21	22	20	19
Konsentrasi CO ₂ terukur, (mg/Nm ³)	119,15	119,15	119,15	119,15	119,15	119,15	119,15
Jam Operasi (Op Hours), jam/tahun	7403,01	7403,01	7403,01	7403,01	7403,01	7403,01	7403,01

Sumber: Laporan RKL & RPL PLTU Suralaya, 2011

Pembangkit Listrik Tenaga Uap Labuan memiliki 2 unit pembangkit yaitu CEMS 1 dan CEMS 2. Letak keduanya berdekatan dan memiliki spesifikasi yang sama. Maka titik kedua unit pembangkit ini dijadikan satu titik. Pengemisiaan PLTU Labuan selengkapnya dijelaskan dalam tabel berikut ini.

Tabel 5.2. Parameter Emisi Cerobong PLTU Labuan

Parameter	Nilai Parameter Emisi pada Cerobong
	CEMS 1
Tinggi (Hs), meter	215
Diameter (D), meter	7,5
Suhu Gas Out (Ts), K	368
Kecepatan Lepasn Emisi (Vs), m/dt	87,56
Konsentrasi CO ₂ terukur, (mg/Nm ³)	25,6
Jam Operasi (Op Hours), jam/tahun	8333,33

Sumber: RKL & RPL PLTU Labuan, 2011

Hasil pengukuran emisi yang telah diperoleh akan dihitung menjadi data parameter emisi yang digunakan dalam pemodelan dispersi *Gaussian* untuk mengetahui konsentrasi karbondioksida Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Provinsi Banten. Selanjutnya untuk menentukan semburan konsentrasi karbondioksida dilakukan pengolahan data parameter meteorologi.

5.1.2. Parameter Meteorologi

Data parameter meteorologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data meteorologi pada bulan September, yaitu tanggal 24, 25, dan 26 September 2011. Pengamatan ini dilakukan pada saat musim kemarau. Hal ini dikarenakan pada musim kemarau jarang terjadi hujan. Curah hujan dapat menghilangkan polutan yang ada di atmosfer sebelum terjadi proses dispersi, polutan tercuci di udara melalui dua cara yaitu polutan terkondensasi yang terbentuk sebagai air hujan dan polutan yang akan langsung tercuci oleh air hujan untuk kemudian diendapkan di permukaan (Mudiyarso, 1980).

Data meteorologi yang diambil diantaranya adalah data arah dan kecepatan angin, suhu udara, penyinaran matahari, dan tutupan awan. Data angin yang digunakan adalah data arah dan kecepatan angin dominan dalam satu hari. Data parameter meteorologi lainnya digunakan untuk menentukan stabilitas atmosfer pada hari tersebut. Waktu dan lokasi pengamatan ditentukan berdasarkan kelengkapan dan keragaman data yang tersedia di masing-masing PLTU. Data parameter meteorologi ini selanjutnya akan digunakan untuk melakukan perhitungan tinggi dan arah kepulan yang terjadi pada masing-masing cerobong PLTU. Berikut merupakan data parameter meteorologis yang digunakan dalam pemodelan dispersi *Gaussian*.

Tabel 5.3. Parameter Meteorologi

Parameter	September		
	24	25	26
Suhu Lingkungan (T_s), K	304,92	303,63	303,68
Kecepatan Angin Dominan (U_{10}), m/dt	1,0289	0,5144	0,5144
Arah Angin Dominan	Barat Daya	Selatan	Utara
Sudut Angin Dominan	225°	180°	360°
Kestabilan Atmosfer Dominan	A	B	A

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Serang

5.1.2.1. Stabilitas Atmosfer

Stabilitas atmosfer pada siang hari dipengaruhi oleh faktor penyinaran matahari dan kecepatan angin. Pada hari pertama pengamatan yaitu tanggal 24 September 2011 penyinaran matahari sedang yaitu sebesar 50% dengan kecepatan angin dominan 1,028 m/dt sehingga dapat dikatakan kondisi atmosfer tergolong dominan A. Sedangkan pada tanggal 25 September 2011 penyinaran matahari tergolong lemah yaitu sebesar 10% dengan kecepatan angin dominan 0,5144 m/dt sehingga kondisi atmosfer tergolong dominan B. Kemudian pada tanggal 26 September 2011 penyinaran matahari tergolong sedang yaitu 43% dengan kecepatan angin dominan 0,5144 m/dt sehingga kondisi atmosfer tergolong dominan A. Pada penelitian ini stabilitas atmosfer yang digunakan adalah stabilitas atmosfer pada siang hari. Karena pada siang hari lebih banyak terjadi angin. Tabel berikut ini menjelaskan persentase penyinaran matahari dan kecepatan angin pada waktu pengamatan.

Tabel 5.4. Stabilitas Atmosfer

Tanggal	Lama Penyinaran Matahari (%)	Kecepatan Angin (m/dt)	Stabilitas Atmosfer
24/9/2011	50	1,028	A
25/9/2011	10	0,514	B
26/9/2011	43	0,514	A

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Serang

5.1.2.2. Windrose

Windrose ditentukan oleh kecepatan angin dominan dan arah angin terbanyak. Berdasarkan data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Serang Banten, pada tanggal 24 September 2011 arah angin terbanyak ke arah barat daya dengan kecepatan angin rata-rata 1,028 m/dt. Pada tanggal 25 September 2011 arah angin terbanyak ke arah selatan dengan kecepatan angin rata-rata 0,514 m/dt. Sedangkan pada tanggal 26 September 2011 arah angin terbanyak ke arah utara dengan kecepatan rata-rata 0,514 m/dt. Berikut ini merupakan tabel arah terbanyak dan kecepatan angin rata-rata pada waktu pengamatan.

Tabel 5.5. Arah dan Kecepatan Angin Dominan

Tanggal	Kecepatan Angin Rata-rata (m/dt)	Arah Angin Terbanyak	Arah Angin
24/9/2011	1,028	225°	Barat Daya
25/9/2011	0,514	180°	Selatan
26/9/2011	0,514	360°	Utara

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Serang

5.1.3. Model Dispersi *Gaussian*

Setelah mengumpulkan data emisi karbondioksida beserta parameter emisi lainnya dan parameter meteorologi, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan pemodelan *Gaussian*. Pusat dari perhitungan merupakan lokasi cerobong. PLTU SURALAYA memiliki 7 unit pembangkit, namun karena lokasi yang berdekatan, maka perhitungan model dispersi *Gaussian* pada PLTU Suralaya dibagi menjadi dua.

Tipe pertama yaitu cerobong tipe A dengan tinggi cerobong 200 meter dan diameter 7 meter, mewakili pembangkit unit 1, unit 2, unit 3, dan unit 4. Kemudian tipe kedua yaitu cerobong tipe B dengan tinggi cerobong 275 meter dan diameter 8,5 meter mewakili pembangkit unit 5, unit 6, dan unit 7. Berikut merupakan nilai konsentrasi tertinggi dari hasil perhitungan model dispersi *Gaussian* untuk PLTU Suralaya.

Tabel 5.6. Nilai Konsentrasi Tertinggi Pada Waktu Pengamatan Berdasarkan Model Dispersi *Gaussian* PLTU Suralaya

Sumber	Tanggal	Koordinat		Konsentrasi CO ₂ (µg/m ³)
		x	y	
Cerobong Tipe A	24/9/2011	1.000	0	84,2198
	25/9/2011	3.000	0	49,4794
	26/9/2011	1.000	0	110,3675
Cerobong Tipe B	24/9/2011	1.000	0	93,2952
	25/9/2011	3.000	0	53,4302
	26/9/2011	1.000	0	118,8858

Sumber: Hasil Perhitungan Model Dispersi *Gaussian* PLTU Suralaya

Berdasarkan hasil perhitungan model dispersi *Gaussian*, untuk unit pembangkit tipe A yang memiliki cerobong dengan tinggi 200 meter, konsentrasi tertinggi untuk waktu pengamatan tanggal 24 September 2011 berada dalam jarak 1.000 m. Sedangkan untuk waktu pengamatan tanggal 25 September 2011 berada dalam jarak 3.000 meter dari pusat cerobong dan untuk waktu pengamatan tanggal 26 September 2011 berada pada jarak 1.000 meter. Konsentrasi tertinggi untuk unit pembangkit tipe A terjadi pada tanggal 26 September 2011 dengan jarak 1.000 meter dari pusat cerobong dengan konsentrasi karbondioksida sebesar 110,3675 mg/m³.

Kemudian untuk unit pembangkit tipe B yang memiliki cerobong dengan tinggi 275 meter, konsentrasi tertinggi pada tanggal 24 September 2011 terjadi pada jarak 1.000 meter dari pusat cerobong. Sedangkan konsentrasi tertinggi pada tanggal 25 September 2011 terjadi pada jarak 3.000 meter dari pusat cerobong dan pada tanggal 26 September 2011 konsentrasi tertinggi terjadi pada jarak 1.000 meter dari pusat cerobong. Konsentrasi tertinggi untuk unit pembangkit B terjadi pada tanggal

26 September 2011 dengan jarak 1000 meter dari pusat cerobong dengan konsentrasi karbondioksida sebesar 118,8858 mg/m³.

PLTU Labuan memiliki 2 unit pembangkit, namun karena letaknya yang berdekatan, maka pengamatandilakukan untuk satu unit pembangkit saja. Cerobong PLTU Labuan setinggi 215 meter dengan diameter 7,5 meter. Pengamatan parameter meteorologi dilakukan pada tanggal 24, 25, 26 September 2011. Berikut merupakan hasil perhitungan model dispersi *Gaussian* konsentrasi karbondioksida PLTU Labuan.

Tabel 5.7. Nilai Konsentrasi Tertinggi Pada Waktu Pengamatan Berdasarkan Model Dispersi *Gaussian*

Sumber	Tanggal	Koordinat		onsentrasi CO ₂ (mg/m ³)
		x	y	
Pembangkit Labuan	24/9/2011	2.000	0	13,4784
	25/9/2011	11.000	0	5,2536
	26/9/2011	2.000	0	18,9702

Sumber: Hasil Perhitungan Model Dispersi *Gaussian* PLTU Suralaya

Dari hasil perhitungan model dispersi *Gaussian* di atas, konsentrasi tertinggi pada tanggal 24 September 2011 berada pada jarak 2000 meter. Kemudian pada tanggal 25 September 2011, konsentrasi karbondioksida tertinggi berada pada jarak 11.000 meter. Sedangkan pada tanggal 26 September 2011, konsentrasi tertinggi berada pada jarak 2.000 meter. Konsentrasi tertinggi tiga hari pengamatan terjadi pada tanggal 26 September 2011 yaitu pada jarak 2.000 meter dari pusat cerobong dengan konsentrasi sebesar 18,9702 mg/m³.

Nilai konsentrasi karbondioksida hasil perhitungan model dispersi *Gaussian* pada PLTU Labuan cenderung jauh lebih kecil dari PLTU Suralaya. Hal ini disebabkan lebih sedikitnya aktivitas pembakaran di PLTU Labuan dibandingkan dengan PLTU Suralaya, sehingga besar nilai konsentrasi karbondioksida terukur (C) menjadi berbeda. Perhitungan ini juga dipengaruhi oleh parameter meteorologisnya yaitu stabilitas atmosfer.

5.1.4. Konsentrasi Emisi Karbondioksida PLTU

Setelah dilakukan pengolahan data emisi dan meteorologi, selanjutnya akan didapatkan titik nilai konsentrasi karbondioksida yang dihasilkan PLTU. Kemudian dibuat interpolasi untuk menunjukkan pola keruangan emisi karbondioksida sebagai hasil dari aktivitas PLTU. Pola keruangan digambarkan dengan isopleth semburan emisi cerobong.

Pada PLTU Suralaya, untuk sumber unit pembangkit tipe A, laju emisi (Q) yang terjadi pada cerobong unit 1 dan unit 4 sebesar 81,34 gram/detik dan untuk cerobong unit 2 dan unit 3 sebesar 85,21 gram/detik. Sedangkan untuk unit pembangkit tipe B, laju emisi (Q) yang terjadi pada cerobong unit 5 sebesar 125,64 gram/detik. Sedangkan untuk unit 6 sebesar 114,22 gram/detik dan unit 7 sebesar 108,51 gram/detik. Kemudian untuk PLTU Labuan yang memiliki 1 cerobong untuk kedua pembangkitnya memiliki laju reaksi sebesar 83,21 gram/detik.

Laju emisi pada masing-masing cerobong akan berbeda meskipun jenis pembangkitnya sama, karena laju emisi dipengaruhi oleh parameter emisi yaitu spesifikasi cerobong dan besar kecepatan lepasan emisi (V_s). Besar laju emisi akan tetap sama per harinya karena laju emisi tidak dipengaruhi oleh faktor meteorologi. Perbedaan akan terlihat pada tiap harinya untuk besar kecepatan angin di ujung cerobong (U_s) dan tinggi kepuluan asap (ΔH). Perhatikan Tabel 5.8. berikut ini.

Tinggi kepuluan asap (ΔH) dipengaruhi oleh kondisi meteorologi, sehingga tinggi kepuluan asap akan berbeda per harinya akibat kondisi meteorologi yang selalu berubah-ubah. Makin tinggi kecepatan angin di ujung cerobong (U_s), maka kepuluan asap (ΔH) semakin rendah. Sebaliknya makin rendah kecepatan angin di ujung cerobong (U_s) semakin tinggi kepuluan asap (ΔH). Berdasarkan tabel di atas, kepuluan asap tertinggi terjadi di PLTU Labuan pada tanggal 25 dan 26 September 2011, yaitu lebih dari 600 meter. Sedangkan kepuluan asap terendah terjadi di PLTU Suralaya unit 1 dan unit 4 pada tanggal 24 September 2011. Apabila kecepatan angin tinggi, maka asap akan semakin cepat terbawa angin dan menyebar ke udara, sehingga kepuluan asap menjadi lebih rendah. Sebaliknya, apabila kecepatan angin rendah, maka asap akan lebih lambat terbawa angin, sehingga asap membumbung tinggi, baru kemudian menyebar ke udara.

Tabel 5.8. Perbandingan Kecepatan Angin dan Kecepatan Lepasn Emisi Terhadap Tinggi Kepulan Asap Pada Waktu Pengamatan

Sumber	Tanggal	Kecepatan Angin di Ujung Cerobong (Us) (m/s)	Kecepatan Lepasn Emisi (Vs) (m/s)	Tinggi Kepulan Asap (ΔH) (meter)
UNIT 1	24/9/2011	2,176	21	184,478
	25/9/2011	1,088	21	368,955
	26/9/2011	1,088	21	368,955
UNIT 2	24/9/2011	2,176	22	187,361
	25/9/2011	1,088	22	374,721
	26/9/2011	1,088	22	374,721
UNIT 3	24/9/2011	2,176	22	187,361
	25/9/2011	1,088	22	374,721
	26/9/2011	1,088	22	374,721
UNIT 4	24/9/2011	2,176	21	184,478
	25/9/2011	1,088	21	368,955
	26/9/2011	1,088	21	368,955
UNIT 5	24/9/2011	2,176	22	196,932
	25/9/2011	1,088	22	393,864
	26/9/2011	1,088	22	393,864
UNIT 6	24/9/2011	2,176	20	190,774
	25/9/2011	1,088	20	381,548
	26/9/2011	1,088	20	381,548
UNIT 7	24/9/2011	2,176	19	187,541
	25/9/2011	1,088	19	375,081
	26/9/2011	1,088	19	375,081
LABUAN	24/9/2011	2,176	87	305,337
	25/9/2011	1,088	87	610,674
	26/9/2011	1,088	87	610,674

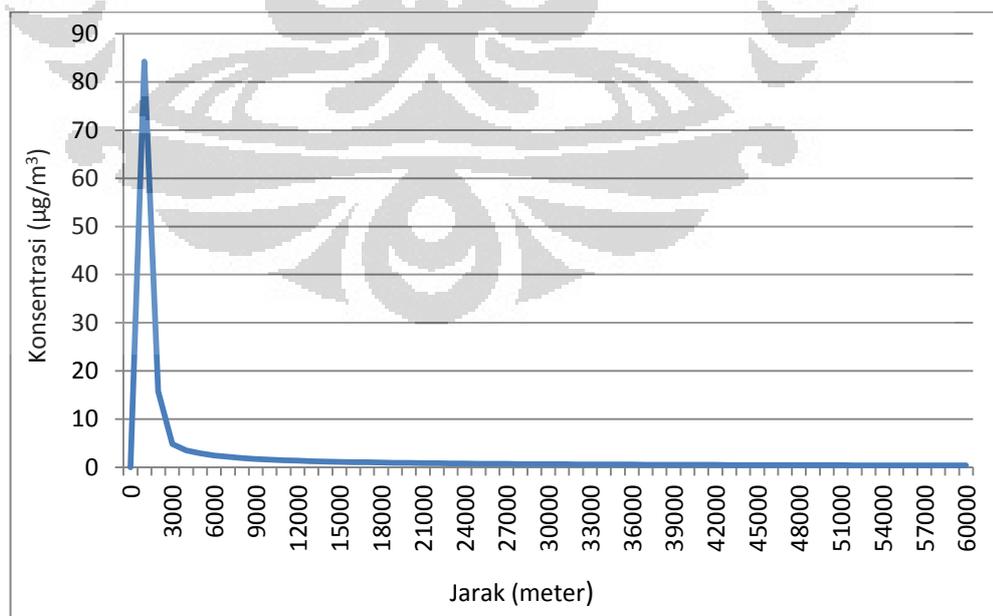
Sumber: Hasil Perhitungan Model Dispersi *Gaussian* PLTU Suralaya

Kecepatan lepasn emisi (Vs) juga mempengaruhi tinggi kepulan asap. Kecepatan lepasn emisi (Vs) berbeda sesuai dengan cerobong. Berdasarkan tabel di atas, kecepatan lepasn emisi terbesar yaitu pada cerobong PLTU Labuan sebesar 87 m/dt. Makin tinggi kecepatan lepasn emisi, maka makin tinggi pula kepulan asapnya, karena asap akan menyembur ke atas terlebih dahulu hingga mencapai keadaan setimbang kemudian akan menyebar ke atmosfer.

5.1.4.1. Konsentrasi Emisi Karbondioksida Cerobong PLTU Suralaya Tipe A

Emisi utama yang dihasilkan pembakaran pada PLTU adalah karbondioksida. Karbondioksida terbentuk dari hasil pembakaran sempurna pada aktivitas PLTU. Pada penelitian ini cerobong tipe A terdiri atas empat unit pembangkit, namun karena memiliki tinggi yang sama yaitu 200 meter, maka untuk menganalisis hasil perhitungan cerobong dijadikan satu.

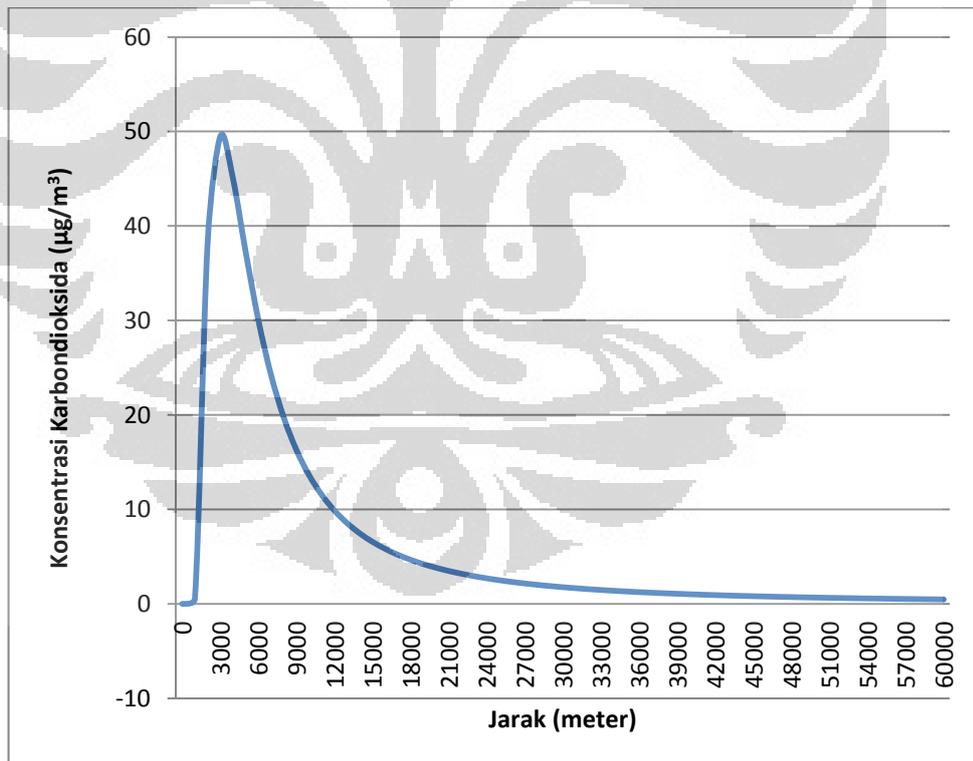
Pada tanggal 24 September 2011, kecepatan angin di ujung cerobong (Us) sebesar 2,176 m/dt. Arah angin terbanyak bertiup ke arah barat daya dengan sudut 225° , maka semburan mengarah ke arah barat daya. Semburan emisi yang dikeluarkan akan langsung menyembur ke atas hingga sampai pada ketinggian seimbang, setelah itu menyebar ke atmosfer. Kondisi atmosfer termasuk dalam kelas A sehingga konsentrasi tertinggi terjadi pada jarak yang dekat yaitu 1.000 meter. Konsentrasi baru mendapat nilai nyata setelah jarak 200 meter, konsentrasi meningkat tajam pada jarak hingga mencapai $84,22 \text{ mg/m}^3$ pada jarak 1.000 meter. Kemudian terus menurun hingga mencapai nilai $2,14 \text{ mg/m}^3$ pada jarak 4.000 meter. Pada jarak di atas 4.000 meter konsentrasi terus mengalami penurunan secara bertahap dengan rata-rata penurunan 0,1 s.d. $0,01 \text{ mg/m}^3$ hingga pada jarak 60.000 meter memiliki konsentrasi $0,35 \text{ mg/m}^3$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.1. berikut:



Gambar 5.1. Grafik Konsentrasi Karbondioksida Cerobong Tipe A

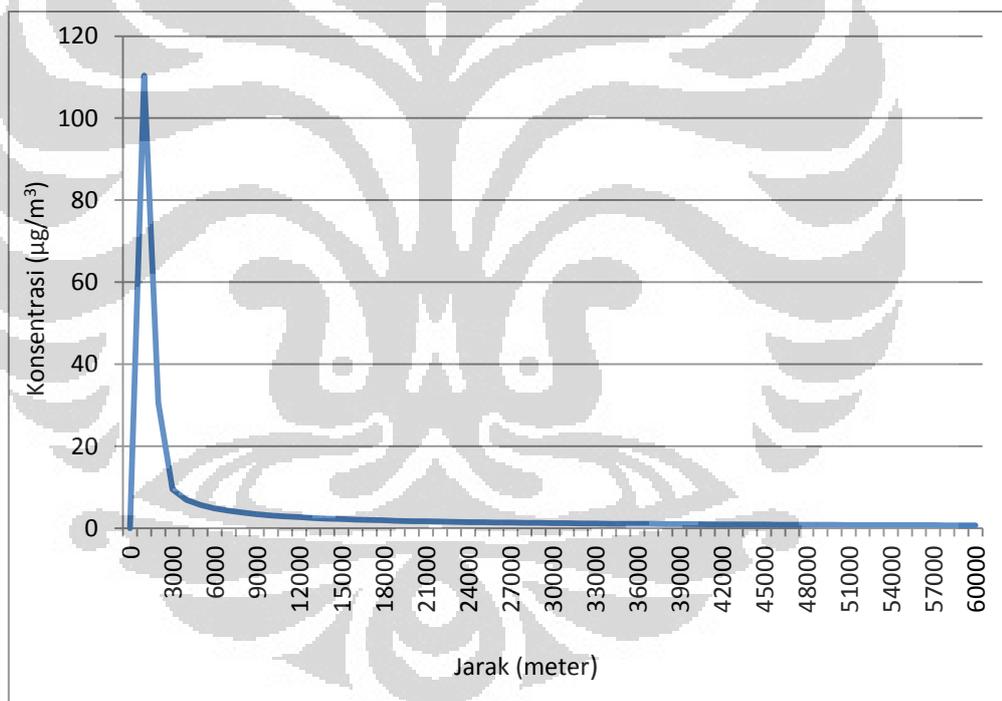
Tanggal 24 September 2011

Pada tanggal 25 September 2011, kecepatan angin di ujung cerobong (Us) sebesar 1,088 m/dt. Arah angin terbanyak bertiup ke arah selatan dengan sudut 180° , maka semburan mengarah ke arah selatan. Pada hari tersebut kondisi atmosfer termasuk dalam kelas B atau stabil. Berdasarkan hasil perhitungan model dispersi *Gaussian*, pada jarak kurang dari 2.000 meter konsentrasi masih memiliki nilai yang sangat kecil yaitu kurang dari 1,0 mg/m³. Konsentrasi puncak terjadi pada jarak 3.000 meter dari pusat cerobong yaitu besarnya 49,479 mg/m³ kemudian terjadi penurunan secara bertahap dengan penurunan rata-rata sebesar 5 mg/m³ hingga jarak 12.000 meter. Kemudian terus menurun dengan rata-rata tingkat penurunan sebesar 0,1 mg/m³ hingga pada jarak 60.000 meter memiliki nilai konsentrasi karbondioksida sebesar 0,463 mg/m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.2. berikut ini:



Gambar 5.2. Grafik Konsentrasi Karbondioksida Cerobong Tipe A
Tanggal 25 September 2011

Pada tanggal 26 September 2011, kecepatan angin di ujung cerobong (Us) sebesar 1,088 m/dt. Arah angin terbanyak bertiup ke arah utara dengan sudut 360° , maka semburan mengarah ke arah utara. Kondisi atmosfer termasuk dalam kelas A sehingga konsentrasi tertinggi terjadi pada jarak yang dekat yaitu 1.000 meter. Konsentrasi baru mendapat nilai nyata setelah jarak 200 meter, konsentrasi meningkat tajam pada jarak hingga mencapai 110,37 mg/m³ pada jarak 1.000 meter. Kemudian terus menurun hingga mencapai nilai 3,13 mg/m³ pada jarak 10.000 meter. Pada jarak di atas 10.000 meter konsentrasi terus mengalami penurunan secara bertahap dengan rata-rata penurunan 0,1 hingga 0,01 mg/m³ hingga pada jarak 60.000 meter memiliki konsentrasi 0,71 mg/m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.3. berikut:

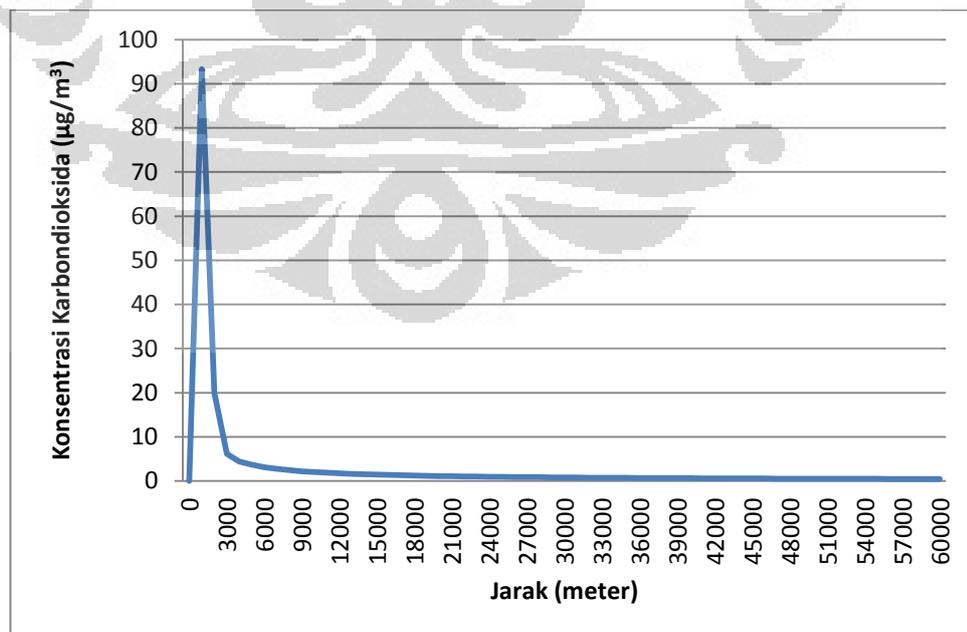


Gambar 5.3. Grafik Konsentrasi Karbondioksida Cerobong Tipe A
Tanggal 26 September 2011

5.1.4.2. Konsentrasi Emisi Karbondioksida Cerobong PLTU Suralaya Tipe B

Pembangkit unit 5 s.d. unit 7 PLTU Suralaya ini memiliki spesifikasi cerobong yang berbeda dengan pembangkit unit 1 s.d. unit 4 yang merupakan pembangkit yang sudah lama beroperasi. Pembangkit unit 5 s.d. unit 7 memiliki tinggi cerobong 275 meter sehingga dalam penelitian ini analisisnya dijadikan satu karena disesuaikan dengan hasil tinggi cerobong tersebut.

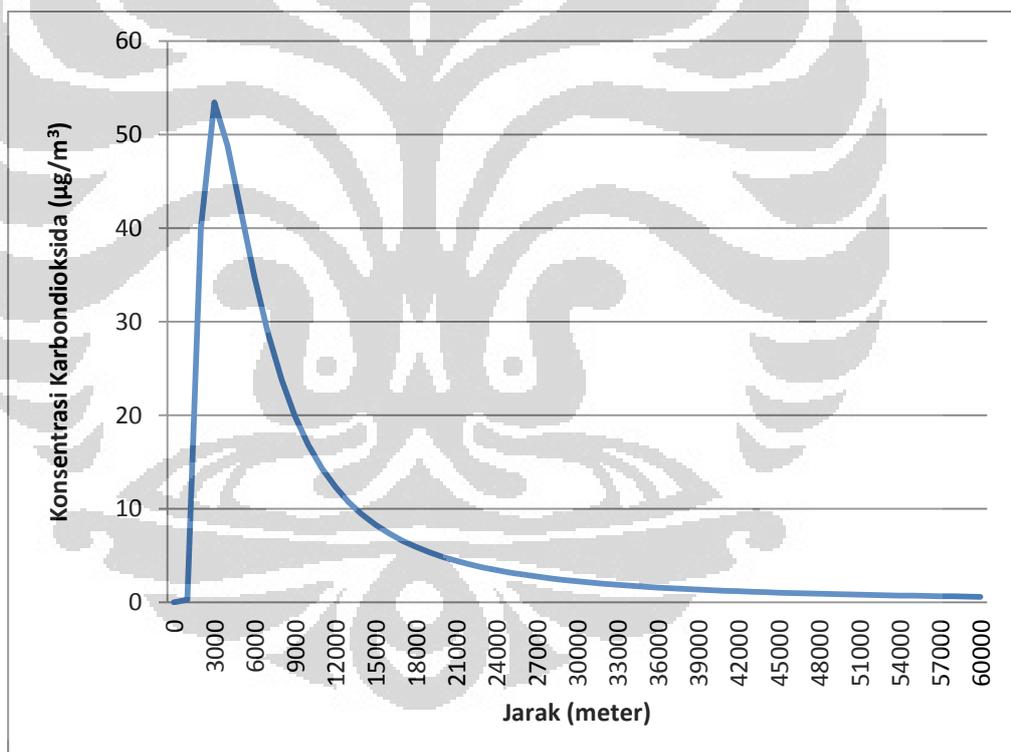
Pada tanggal 24 September 2011, kecepatan angin di cerobong (Us) sebesar $2,356 \text{ mg/m}^3$. Arah angin terbanyak bertiup ke arah barat daya dengan sudut 225° , maka semburan mengarah ke arah barat daya. Kestabilan atmosfer dominan A sehingga dari jarak 200 meter dimana konsentrasi mulai memiliki nilai nyata, konsentrasi karbondioksida langsung meningkat tajam di jarak 1.000 meter hingga mencapai nilai $93,29 \text{ mg/m}^3$ yang merupakan titik konsentrasi maksimum, kemudian menurun sebanyak 80 mg/m^3 hingga pada jarak 2.000 meter konsentrasi karbondioksida sebesar $19,95 \text{ mg/m}^3$, lalu terus mengalami penurunan dengan besar penurunan rata-rata 7 mg/m^3 hingga pada jarak 5.000 meter dengan besar konsentrasi $3,67 \text{ mg/m}^3$. Kemudian besar penurunan rata-rata menjadi $0,1 \text{ mg/m}^3$ hingga pada jarak 60.000 meter memiliki konsentrasi sebesar $0,46 \text{ mg/m}^3$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.4. berikut:



Gambar 5.4. Grafik Konsentrasi Karbondioksida Cerobong Tipe B

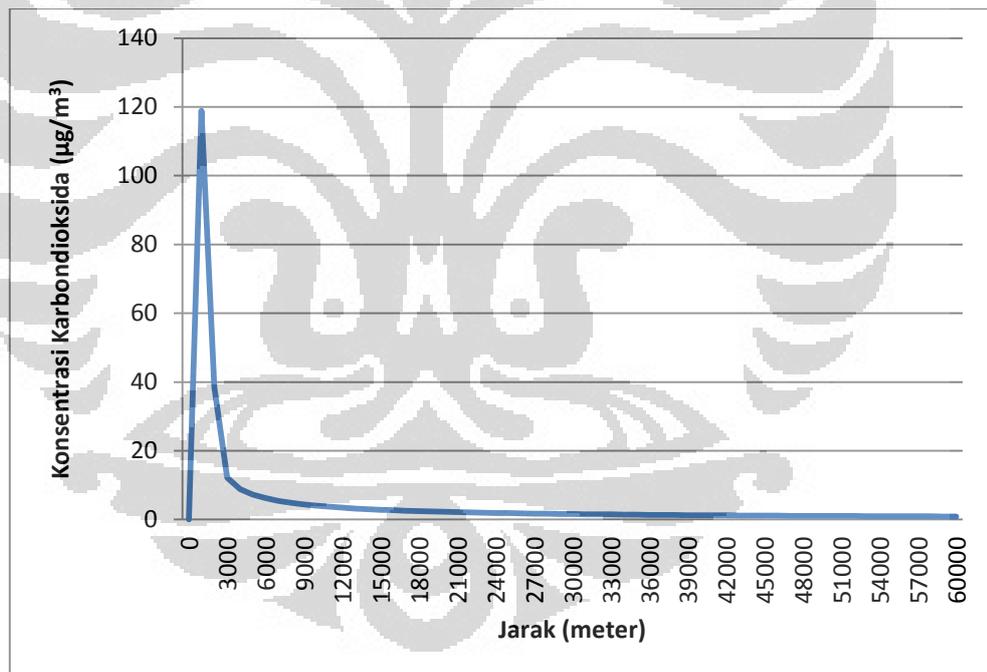
Tanggal 24 September 2011

Pada tanggal 25 September 2011, kecepatan angin di ujung cerobong (Us) yaitu $1,78 \text{ mg/m}^3$. Angin bertiup ke arah selatan dengan sudut 180° , sehingga semburan emisi juga ke arah yang sama. Kondisi atmosfer pada hari tersebut dominan B. Konsentrasi karbondioksida baru menunjukkan nilai nyata setelah jarak 1.300 meter kemudian meningkat hingga besarnya mencapai $39,991 \text{ mg/m}^3$ dan mencapai titik konsentrasi maksimum pada jarak 3.000 meter dengan konsentrasi $53,430 \text{ mg/m}^3$. Setelah itu mengalami penurunan dengan besar penurunan rata-rata 5 mg/m^3 hingga jarak 13.000 meter dengan besar nilai $10,721 \text{ mg/m}^3$. Penurunan terus terjadi dengan besar penurunan rata-rata $0,1 \text{ mg/m}^3$ hingga pada jarak 6.000 meter memiliki nilai sebesar $0,595 \text{ mg/m}^3$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.5. berikut:



Gambar 5.5. Grafik Konsentrasi Karbondioksida Cerobong Tipe B
Tanggal 25 September 2011

Pada tanggal 26 September 2011, kecepatan angin di ujung cerobong (Us) sebesar 1,178 m/dt. Arah angin terbanyak bertiup ke arah utara dengan sudut 360° , maka semburan mengarah ke arah utara. Kestabilan atmosfer dominan A sehingga dari jarak 200 meter dimana konsentrasi mulai memiliki nilai nyata, konsentrasi karbondioksida langsung meningkat tajam di jarak 1.000 meter hingga mencapai nilai 118, 880 mg/m^3 yang merupakan titik konsentrasi maksimum, kemudian menurun sebanyak 80 mg/m^3 hingga pada jarak 2.000 meter konsentrasi karbondioksida sebesar 38, 587 mg/m^3 , lalu terus mengalami penurunan dengan besar penurunan rata-rata 7 mg/m^3 hingga pada jarak 5.000 meter dengan besar konsentrasi 7, 294 mg/m^3 . Kemudian besar penurunan rata-rata menjadi 0,1 mg/m^3 hingga pada jarak 60.000 meter memiliki konsentrasi sebesar 0,906 mg/m^3 . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.6. berikut:

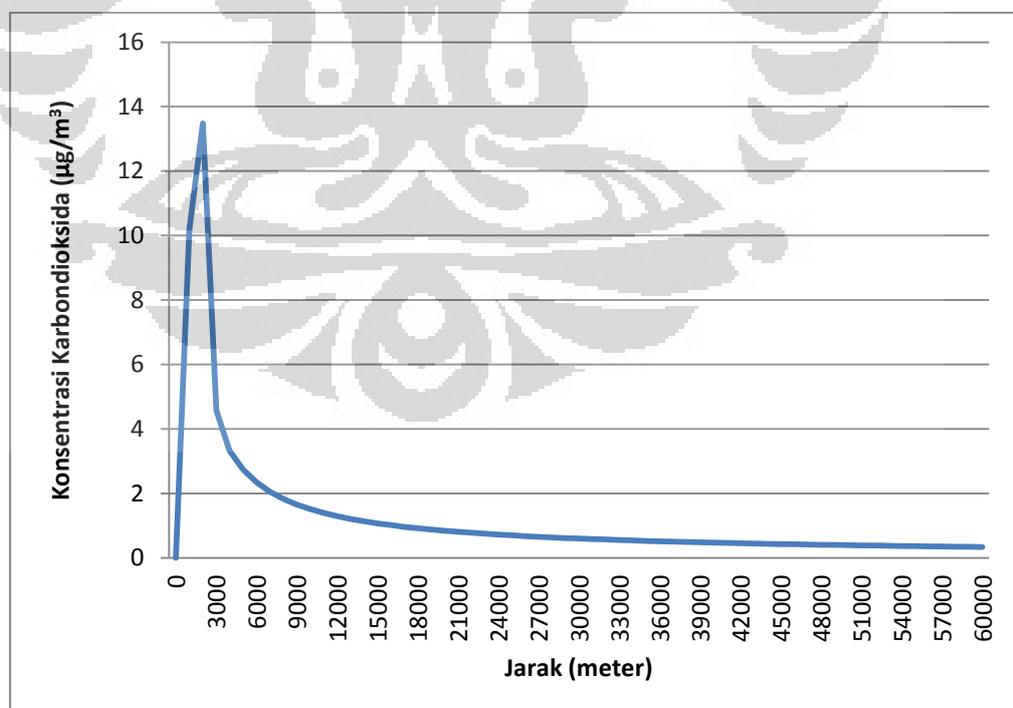


Gambar 5.6. Grafik Konsentrasi Karbondioksida Cerobong Tipe B
Tanggal 26 September 2011

5.1.4.3. Konsentrasi Emisi Karbondioksida Cerobong PLTU Labuan

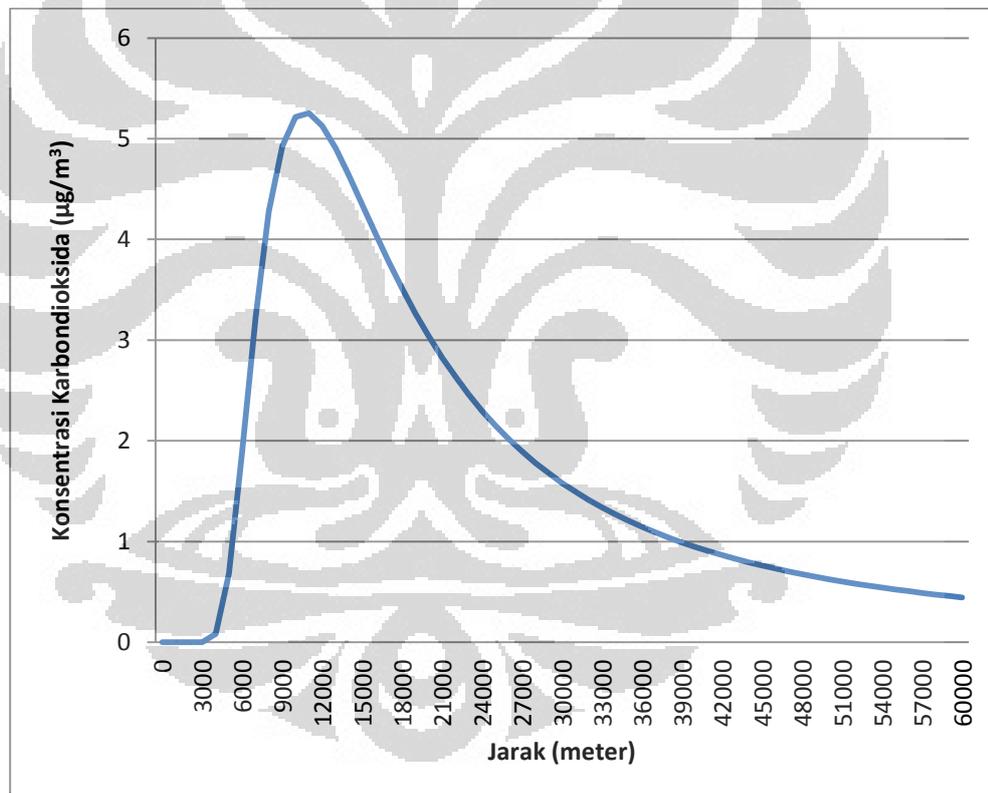
PLTU Labuan memiliki dua unit pembangkit dengan tinggi cerobong 215 meter. Karena lokasinya yang berdekatan, dalam penelitian ini analisis hasil perhitungan konsentrasi karbondioksida PLTU dijadikan satu dan juga memiliki spesifikasi pembangkit dan cerobong yang sama.

Pada tanggal 24 September 2011, kecepatan angin di ujung cerobong (Us) sebesar $2,216 \text{ mg/m}^3$. Arah angin terbanyak bertiup ke arah barat daya dengan sudut 225° , maka semburan mengarah ke arah barat daya. Kestabilan atmosfer dominan A. Konsentrasi karbondioksida hasil dari aktivitas pembakaran di PLTU Labuan tergolong kecil. Konsentrasi karbondioksida baru memiliki nilai nyata pada jarak 200 meter kemudian meningkat hingga $10,18 \text{ mg/m}^3$ pada jarak 1.000 meter dan mencapai titik maksimum pada jarak 2.000 meter dengan besar konsentrasi $13,47 \text{ mg/m}^3$. Kemudian mengalami penurunan dengan rata-rata penurunan sebesar 8 mg/m^3 hingga jarak 3.000 meter penurunan rata-rata sebesar $0,1 \text{ mg/m}^3$ hingga pada jarak 60.000 meter memiliki konsentrasi $0,34 \text{ mg/m}^3$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.7. berikut:



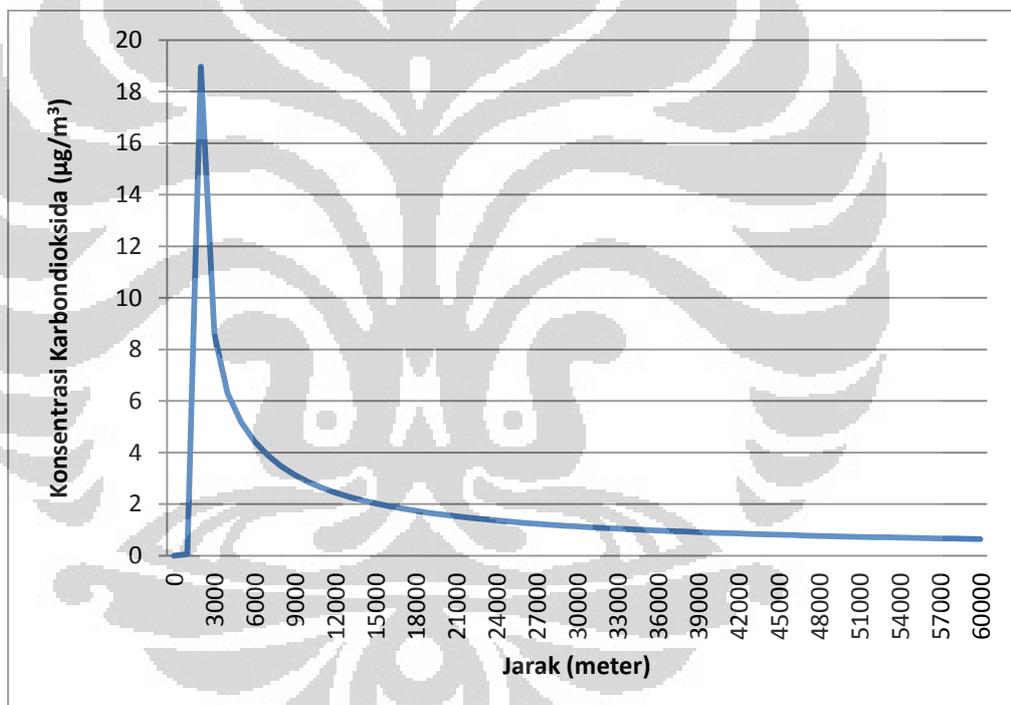
Gambar 5.7. Grafik Konsentrasi Karbondioksida Cerobong PLTU Labuan
Tanggal 24 September 2011

Pada tanggal 25 September 2011, kecepatan aliran di ujung cerobong (Us) sebesar 1,108 m/dt. Konsentrasi karbondioksida baru memiliki nilai nyata setelah mencapai jarak 5.000 meter yaitu sebesar $0,68 \text{ mg/m}^3$, konsentrasi yang dihasilkan sangat kecil, bahkan pada jarak 1.000 meter konsentarsi memiliki nilai yang sangat kecil yaitu sebesar $2,23 \times 10^{-55} \text{ mg/m}^3$. Setelah jarak 5.000 meter nilai terus mengalami kenaikan hingga mencapai titik maksimum pada jarak 11.000 meter dengan besar konsentrasi $5,254 \text{ mg/m}^3$. Kemudian mengalami penurunan dengan rata-rata penurunan $0,1 \text{ mg/m}^3$, hingga pada jarak 60.000 meter konsentrasi karbondioksida sebesar $0,996 \text{ mg/m}^3$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.8. berikut:



Gambar 5.8. Grafik Konsentrasi Karbondioksida Cerobong PLTU Labuan
Tanggal 25 September 2011

Pada tanggal 26 September 2011, kecepatan angin di ujung cerobong (Us) sebesar 1,108 m/dt. Pada tanggal tersebut arah angin terbanyak ke arah utara dengan sudut 360° , sehingga semburan pun mengarah ke utara. Kestabilan atmosfer dominan A. Konsentrasi karbondioksida hasil dari aktivitas pembakaran di PLTU Labuan tergolong kecil. Konsentrasi karbondioksida baru memiliki nilai nyata pada jarak 1.200 meter kemudian meningkat hingga $18,970 \text{ mg/m}^3$ pada jarak 2.000 meter dan merupakan titik maksimum. Kemudian mengalami penurunan dengan rata-rata penurunan sebesar 6 mg/m^3 hingga jarak 4.000 meter penurunan rata-rata sebesar $0,1 \text{ mg/m}^3$ hingga pada jarak 60.000 meter memiliki konsentrasi $0,644 \text{ mg/m}^3$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.9. berikut:



Gambar 5.9. Grafik Konsentrasi Karbondioksida Cerobong PLTU Labuan
Tanggal 26 September 2011

5.1.5. Konsentrasi Karbondioksida Udara Ambien di Provinsi Banten

Konsentrasi karbondioksida di udara ambien di Provinsi Banten merupakan data empiris yang didapatkan melalui hasil pengukuran langsung di lapangan. Hasil pengukuran dari konsentrasi karbondioksida ambien ini tidak berkaitan dengan emisi karbondioksida semburan PLTU, hanya merupakan sebuah informasi tambahan untuk menggambarkan konsentrasi karbondioksida ambien yang ada di permukaan daratan. Berikut ini merupakan hasil pengukuran karbondioksida udara ambien di Provinsi Banten.

Tabel 5.9. Konsentrasi Karbondioksida Udara Ambien di Provinsi Banten

Hasil Pengukuran Karbondioksida Ambien Provinsi Banten (mg/m^3)						
Waktu Pengukuran (menit ke-)	Pulo Merak	Serang	Balaraja	Rangkas Bitung	Labuan	Munjul
10	728	863	875	874	812	715
20	635	707	712	753	717	624
30	570	639	702	715	635	580
40	539	615	642	704	579	528
50	486	625	625	710	542	415
60	477	671	616	686	536	436
70	465	687	647	688	515	440
80	438	671	671	662	494	425
90	425	640	653	597	487	418
100	423	625	625	554	474	413
Rata-Rata	518.6	674.3	676.8	694.3	579.1	499.4
Suhu	31.4	32.0	32.1	31.8	30.5	30.8

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Konsentrasi karbondioksida tertinggi terdapat di Kecamatan Rangkasbitung, Kabupaten Lebak yaitu sebesar $694,3 \text{ mg}/\text{m}^3$. Hal ini bisa dipengaruhi oleh banyaknya industri dan kendaraan yang menggunakan bahan bakar fosil dalam proses pembakaran di wilayah ini. Banyaknya aktivitas pembakaran menggunakan bahan bakar fosil ini mengakibatkan terjadinya peningkatan emisi karbondioksida yang masuk ke udara ambien.

Konsentrasi karbondioksida terendah ada di Kecamatan Munjul, Kabupaten Pandeglang yaitu sebesar $499,4 \text{ mg}/\text{m}^3$. Di wilayah ini memiliki luasan hutan yang besar dan sedikit sekali industri yang menggunakan bahan bakar fosil untuk aktivitas pembakaran, kendaraan bermotor pun tidak terlihat padat dan banyak vegetasi di sekitar lokasi pengukuran. Sehingga banyak terjadi penyerapan karbondioksida secara alami di wilayah ini.

5.2. Pembahasan

5.2.1. Wilayah Semburan Emisi Karbondioksida PLTU di Provinsi Banten

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah konsentrasi karbondioksida, karbondioksida tidak secara langsung membahayakan makhluk hidup termasuk manusia. Namun seperti yang sudah dipaparkan sebelumnya, gas karbondioksida merupakan salah satu Gas Rumah Kaca (GRK) yang menyebabkan terjadinya Efek Rumah Kaca (ERK) yang akan mengakibatkan naiknya suhu permukaan bumi secara global atau yang dikenal dengan pemanasan global.

Konsentrasi karbondioksida di udara ambien pada tingkat normal yaitu sekitar 0,03% dari kandungan gas pada udara ambien normal atau sekitar 300 mg/m³. Pembagian kelas dibagi berdasarkan kecenderungan dalam mempengaruhi konsentrasi emisi karbondioksida PLTU terhadap peningkatan konsentrasi karbondioksida di udara ambien. Emisi karbondioksida PLTU dibagi dengan kelas sebagai berikut:

- Kecenderungan rendah : 0 – 2 mg/m³
- Kecenderungan sedang : 2 – 10 mg/m³
- Kecenderungan tinggi : > 10 mg/m³

Konsentrasi karbondioksida ini diberlakukan pada wilayah penerima semburan emisi PLTU Suralaya dan PLTU Labuan. Dalam penelitian ini wilayah penerima semburan adalah di Provinsi Banten dalam radius 60 km atau 60.000 meter dari lokasi cerobong PLTU. Wilayah penerima semburan sangat luas karena pengaruh ketinggian cerobong dan ketinggian kepulan asap.

Berdasarkan hasil perhitungan model dispersi *Gaussian*, emisi karbondioksida yang dihasilkan PLTU Suralaya memiliki kecenderungan yang tinggi dalam mempengaruhi konsentrasi emisi karbondioksida di udara ambien. Sedangkan emisi karbondioksida PLTU Labuan tidak terlalu memiliki pengaruh yang besar dalam peningkatan konsentrasi emisi karbondioksida di udara ambien.

Wilayah penerima semburan emisi berbeda-neda tergantung tipe cerobong dan kecepatan serta arah angin pada waktu pengamatan. Pada tanggal 24 September wilayah penerima semburan berada di sebelah barat daya dari cerobong, sedangkan pada tanggal 25 September 2011 wilayah penerima semburan emisi karbondioksida berada di sebelah selatan cerobong PLTU. Kemudian pada tanggal 26 September 2011, semburan emisi PLTU Suralaya tidak mengenai daratan

karena langsung mengarah ke lautan, sedangkan semburan emisi PLTU Labuan berada di sebelah utara cerobong PLTU.

Pada tanggal 24 September 2011, wilayah penerima semburan emisi karbondioksida PLTU Suralaya dengan kecendrungan yang tinggi berada pada jarak 200-2.000 meter di sebelah barat daya cerobong, sebagian besar mengarah ke lautan, sedangkan untuk wilayah daratan hanya pada sebagian wilayah Kota Cilegon bagian barat dengan penggunaan tanah yang terdiri dari pemukiman dan industri. Kemudian untuk emisi karbondioksida PLTU Labuan, wilayah penerima yang memiliki kecendrungan yang tinggi juga berada pada jarak 1.000-2.000 meter di sebelah barat daya cerobong, sebagian besar mengarah ke lautan, sedangkan pada wilayah daratan hanya pada sebagian wilayah Kabupaten Pandeglang bagian barat dengan penggunaan tanah yang terdiri dari hutan, perkebunan, dan pemukiman.

Sedangkan pada tanggal 25 September 2011, wilayah penerima semburan emisi karbondioksida PLTU Suralaya memiliki kecenderungan yang tinggi yaitu pada jarak 200- 13.000 meter di sebelah selatan cerobong, seluruhnya mengarah ke wilayah daratan. Wilayah daratan yang menerima semburan emisi karbondioksida PLTU Suralaya meliputi sebagian besar Kota Cilegon, Kabupaten Serang bagian barat, sebagian kecil Kota Serang bagian barat, Kabupaten Pandeglang bagian timur, dan Kabupaten Lebak bagian barat. Penggunaan tanah wilayah penerima semburan terdiri atas pemukiman, industri, hutan, dan perkebunan. Sedangkan wilayah penerima semburan emisi karbondioksida PLTU Labuan tidak memiliki kecenderungan yang tinggi di sebelah selatan cerobong. Wilayah yang terkena semburan hanya Kabupaten Pandeglang bagian tenggara.

Kemudian pada tanggal 26 September 2011, wilayah penerima semburan emisi karbondioksida PLTU Suralaya semua mengarah ke lautan yang berada di sebelah utara cerobong. Konsentrasi emisi karbondioksida yang memiliki kecenderungan yang tinggi berada pada jarak 200- 3.000 meter. Sedangkan untuk emisi karbondioksida PLTU Labuan, semburannya mengarah ke sebelah utara dari cerobong, sebagian besar ke lautan dan sebagian lagi mengarah ke wilayah daratan. Wilayah penerima semburannya terdiri dari Kabupaten Serang bagian barat dan Kabupaten Pandeglang bagian barat laut. Konsentrasi emisi karbondioksida PLTU Labuan tidak memiliki kecenderungan yang tinggi.

5.2.2. Konsentrasi Karbondioksida Ambien di Provinsi Banten

Emisi karbondioksida semburan PLTU merupakan hasil perhitungan teoritis menggunakan pemodelan dispersi *Gaussian*. Dimana hasil yang didapatkan merupakan pengaplikasian dari sebuah teori mengenai semburan emisi dari cerobong. Acuan yang digunakan terdiri atas parameter emisi itu sendiri dan parameter meteorologis. Hasil pengukuran dari konsentrasi karbondioksida ambien ini tidak berkaitan dengan emisi karbondioksida semburan PLTU, hanya merupakan sebuah informasi tambahan untuk menggambarkan konsentrasi karbondioksida ambien yang ada di permukaan daratan.

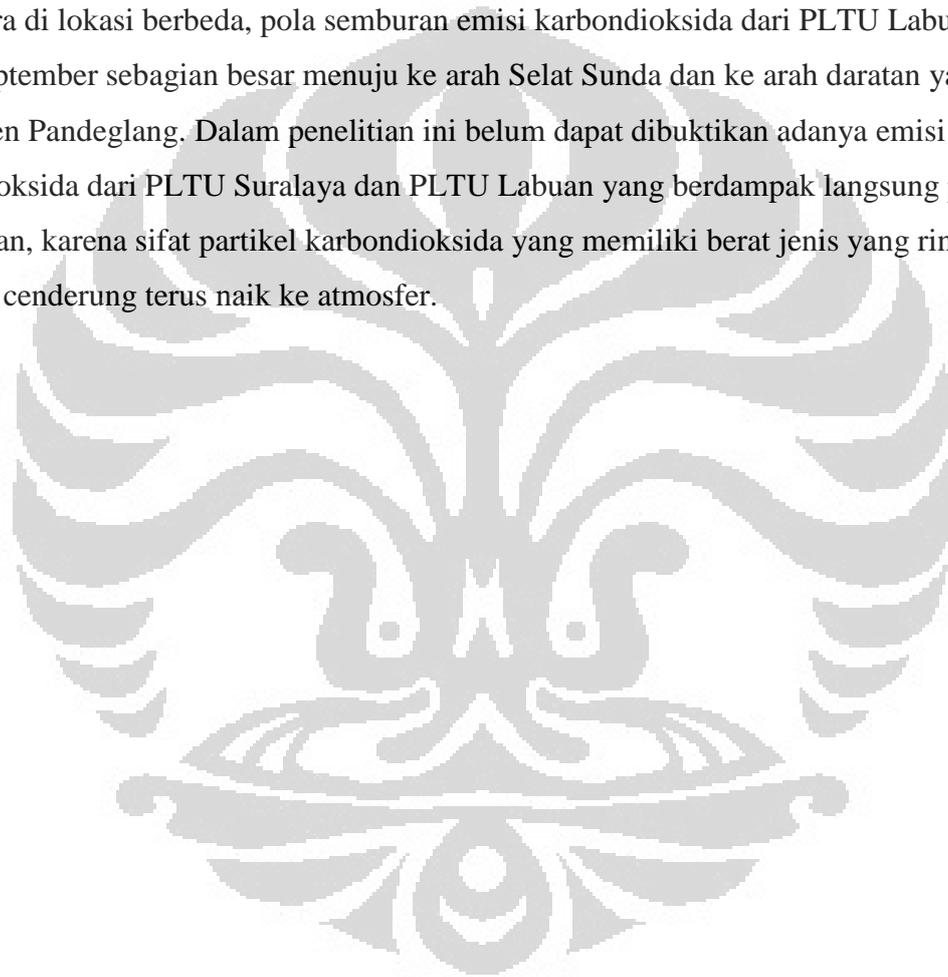
Adapun konsentrasi karbondioksida ambien di Provinsi Banten ini merupakan data empiris hasil pengukuran langsung di lapangan yang merupakan data aktual konsentrasi karbondioksida ambien di lokasi titik pengamatan. Pengukuran konsentrasi karbondioksida ambien yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan pada permukaan daratan (sekitar ketinggian 1,5 m dpl), sedangkan tinggi kepulan emisi karbondioksida PLTU berada di ketinggian lebih dari 200 meter dari tinggi cerobong atau di ketinggian lebih dari 400 m dpl. Kemudian apabila memperhatikan sifat gas karbondioksida yang ringan, sulit terdispersi dan memiliki kecenderungan untuk naik ke atmosfer, maka pengukuran konsentrasi karbondioksida ambien ini tidak memiliki kaitan dengan semburan karbondioksida dari PLTU.

Konsentrasi karbondioksida ambien yang diukur pada permukaan tanah lebih dipengaruhi oleh aktivitas pembakaran dari kegiatan industri yang memiliki pembuangan dengan ketinggian yang dekat dengan permukaan tanah dan kegiatan transportasi yang melakukan aktivitas pembakaran menggunakan bahan bakar fosil. Kemudian jumlah dan luasan vegetasi juga mempengaruhi konsentrasi karbondioksida di permukaan daratan, karena tumbuhan hijau dapat melakukan penyerapan karbondioksida secara alami.

BAB 6

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil perhitungan dengan menggunakan model dispersi Gaussian dapat ditunjukkan bahwa pola keruangan semburan emisi karbondioksida akan selalu mengalami perubahan tergantung pada waktu, serta lokasi dan tipe pembangkit. Berdasarkan kondisi meteorologi pada bulan September, terbentuk pola semburan dari PLTU Suralaya yang bergerak ke arah Selat Sunda, Laut Jawa, dan ke arah daratan yaitu Kabupaten Serang. Sementara di lokasi berbeda, pola semburan emisi karbondioksida dari PLTU Labuan pada bulan September sebagian besar menuju ke arah Selat Sunda dan ke arah daratan yaitu Kabupaten Pandeglang. Dalam penelitian ini belum dapat dibuktikan adanya emisi karbondioksida dari PLTU Suralaya dan PLTU Labuan yang berdampak langsung pada lingkungan, karena sifat partikel karbondioksida yang memiliki berat jenis yang ringan sehingga cenderung terus naik ke atmosfer.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS). 2010. *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2010-2014*. Republik Indonesia.
- Barbier, E.B. 1993. *Economics and Ecology: New Frontiers and Sustainable Development*. Chapman & Hall, London.
- Beyhock, M.R. 2005. *Fundamentals of Stack Gas Dispersion*. Newport Beach. USA.
- Fauzi, A. 2004. *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Forsdyke. 1970. *Meteorological Factors in Air Pollution*. Technical note No. 114. WMO. Geneva. Switzerland.
- Gratimah, G. 2009. *Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas Co2 Antropogenik Di Pusat Kota Medan*. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Handoko. 1993. *Klimatologi Dasar*. Penerbit Balai Pustaka. Jakarta.
- Harmantyo. 1989. *Studi tentang hujan masam di Wilayah Jakarta dan Sekitarnya*. Disertasi. Program Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Harris, JM. 2000. *Basic Principles of Sustainable Development*. Papers 00-04. Global Development and Environment Institute Tufts University Medford MA. USA. <http://ase.tufts.edu/gdae>. 15 Oktober 2011.
- Hasneni. 2004. *Evaluasi Tingkat Pencemaran Udara Berdasarkan Konsentrasi Udara Ambien di Kota Bandung*. Skripsi. Program Sarjana. IPB. Bogor.
- Heal, G., 1998. *Valuing the Future: Economic Theory and Sustainability*. Papers 98-10. Columbia - Graduate School of Business.

- Indonesia Power (Persero). 2011. *Laporan RKL dan RPL PLTU Suralaya*. PT Indonesia Power.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2005. *World Meteorological Organization*. United States.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). 2010. *Toward Low Carbon Energy System: Indonesia's Perspective*. Jakarta.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup (KNLH). 1995. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak*. Jakarta.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup (KNLH). 2008. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 21 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pembangkit Tenaga Listrik Termal*. Jakarta.
- Kusuma, W. P. 2011. *Studi Kontribusi Kegiatan Transportasi Terhadap Emisi Karbon Di Surabaya Bagian Barat*. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Keraf, A.S. 2002. *Etika Lingkungan*. Penerbit Buku Kompas, Jakarta.
- Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). 2009. *Perubahan Iklim di Indonesia*. www.bdg.lapan.go.id. 15 Oktober 2011.
- Liu dan Lipták. 2000. *Air Pollution*. Lewis Publisher. New York.
- Mitchell, B., B. Setiawan dan Dwita Hadi Rahmi. 2003. *Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mubyarto. 2005. *A Development Manifesto: The Resilience of Indonesian Ekonomi Rakyat During the Monetary Crisis*. Penerbit Buku Kompas, Jakarta.

- Mudiyarso, dkk. 1980. *Klimatologi Pertanian Dasar*. Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Munashinge, M., dan S. Munasinghe. 1993. *Enhancing South-North Cooperation to Reduce Global Warming*. Papers presented at the IPCC Conference on Climate Change. Montreal. Canada.
- Murdiyarso, D. 2003. *Protokol Kyoto: Implikasinya bagi Negara Berkembang*. Penerbit Buku Kompas, Jakarta.
- Panayotou, T. 1994. *Economy and Ecology in Sustainable Development*. Gramedia Pustaka Utama in cooperation with SPES Foundation, Jakarta.
- Pasquill, F. 1974. *Atmospheric Diffusion, 2nd ed.* Ellis Horwood Ltd. Chichester. England.
- Pearce, D.W. and Turner, R.K. 1990. *Economics of Natural Resources and the Environment*. Harvester Wheatsheaf, London.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 1999. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara*. Indonesia.
- Perman, dkk. 1996. *Natural Resources and Environmental Economics*. University of Strathclyde. United Kingdom.
- Perusahaan Listrik Negara (PLN). 2011. *Laporan RKL dan RPL PLTU Labuan*. PT PLN Persero.
- Rahmawati, F. 2003. *Aplikasi Model Dispersi Gauss untuk Menduga Pencemaran Udara di Kawasan Industri*. Disertasi. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Roosita, H. 2007. *Memprakirakan Dampak Lingkungan : Kualitas Udara*. Deputi Bidang Tata Lingkungan – Kementrian Negara Lingkungan Hidup. Republik Indonesia.

Seinfeld, J.H. dan Pandis, S.N. 2006. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, 2nd ed.* John Wiley & Sons. USA.

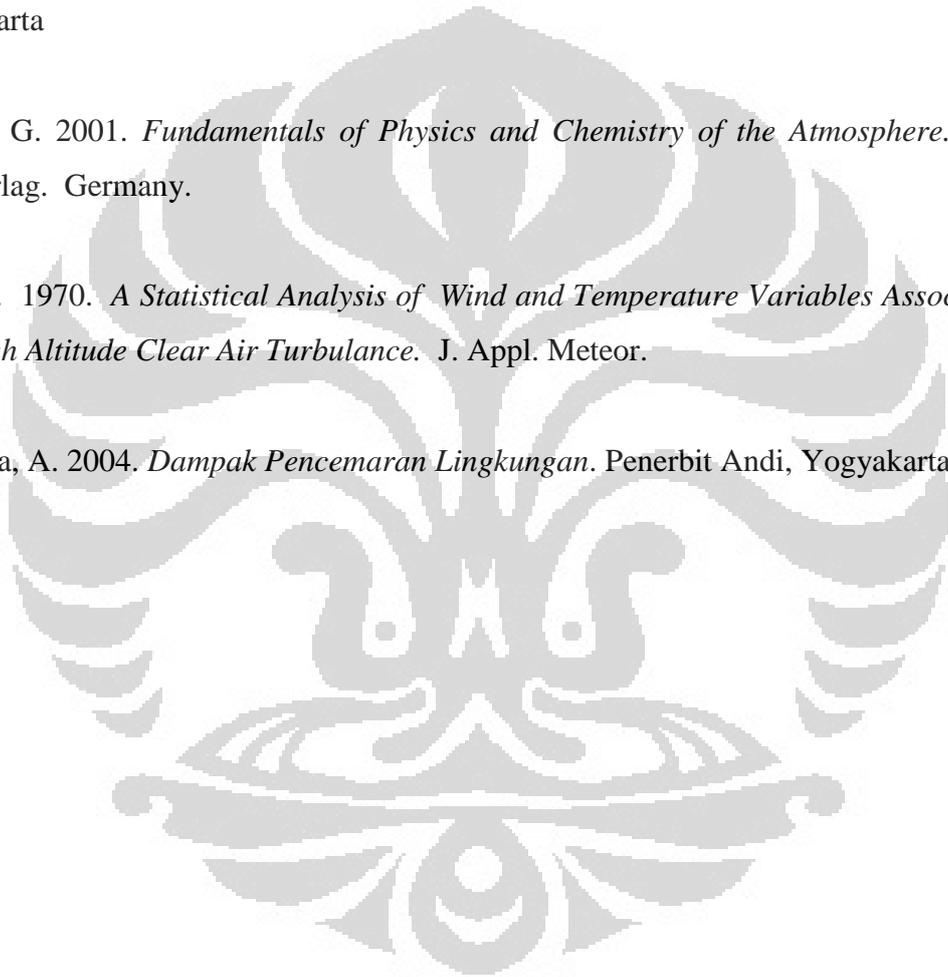
Shir, C.C. dan Shieh L.J. 1974. *A generalized Urban Air Pollution Model and Its Application to the Study of SO₂ Distributions in the St. Louis Metropolitan Area.* J. Appl. Meteor.

Soemarwoto, O. 1991. *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan.* Penerbit Djambatan. Jakarta

Visconti, G. 2001. *Fundamentals of Physics and Chemistry of the Atmosphere.* Springer-Verlag. Germany.

Waco, D. 1970. *A Statistical Analysis of Wind and Temperature Variables Associated with High Altitude Clear Air Turbulance.* J. Appl. Meteor.

Wardhana, A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan.* Penerbit Andi, Yogyakarta.



Lampiran 1

Perhitungan Emisi Cerobong dan Meteorologi Harian



PERHITUNGAN EMISI

Cerobong Tipe A Suralaya September 2011

Data yang digunakan untuk perhitungan emisi secara teoritis antara lain:

1. Tinggi Cerobong (Hs) : 200 meter
2. Diameter Cerobong (D) : 7 meter
3. Luas Penampang (A) : 38,465 m²
4. Jam Operasi (Op Hours) : 7403 jam/tahun
5. Kecepatan lepasan emisi (Vs) : 21.5 m/dt
6. Konsentrasi emisi karbondioksida : 119.5 mg/m³
7. Suhu Gas Out (Ts) : 538° C = 811 K

Perhitungan untuk Cerobong Tipe A Suralaya

$$\text{Kecepatan emisi (Q)} = C \times q \times 0.0036 \times (\text{Op Hours})$$

$$\text{Laju Alir Volumetrik (q)} = V_s \times A$$

$$C = \text{Konsentrasi terukur (mg/Nm}^3\text{)}$$

$$q = \text{Laju alir volumetrik (m}^3\text{/dt)}$$

$$0.0036 = \text{Faktor konversi dari mg/dt ke kg/jam}$$

$$\text{Op Hours} = \text{Jam operasi pembangkit dalam 1 tahun}$$

$$V_s = \text{Kecepatan lepasan emisi (m/dt)}$$

$$A = \text{Luas penampang cerobong (m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju Alir Volumetrik (q)} &= 21.50 \times 38.465 \\ &= 826.9975 \text{ m}^3\text{/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan emisi (Q)} &= C \times q \times 0.0036 \times (\text{Op Hours}) \\ &= 119.15 \times 826.9975 \times 0.0036 \times 7403.007 \\ &= 2626139.16 \text{ kg/jam} \\ &= 83.27432648 \text{ gram/dt} \end{aligned}$$

PERHITUNGAN DISPERSI

Tanggal 24 September 2011

1. Suhu Lingkungan (T_s) : $538^\circ \text{C} = 811 \text{ K}$
2. Kecepatan angin dominan (U_{10}) : $2 \text{ knot} = 1,02889 \text{ m/dt}$
3. Arah angin dominan : Barat Daya
4. Sudut angin dominan : 225^0
5. Kestabilan atmosfer : A
6. Kecepatan angin di ujung cerobong (U_s)

$$U_s = U_{10} \times \left(\frac{H_s}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 1,02888 \text{ m/dt} \times \left(\frac{200}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 2,176 \text{ m/dt}$$

7. Tinggi kepulan (ΔH)

$$\Delta H = 3 d \left(\frac{V_s}{U_s}\right)$$

$$\Delta H = 3 \times 7 \text{ m} \times \left(\frac{21.5}{2,176}\right) = 184.478 \text{ m}$$

8. Tinggi efektif (H_e)

$$H_e = H_s + \Delta H$$

$$H_e = 200 \text{ m} + 184,478 \text{ m} = 384,478 \text{ m}$$

Tanggal 25 September 2011

1. Suhu Lingkungan (T_s) : $538^\circ \text{C} = 811 \text{ K}$
2. Kecepatan angin dominan (U_{10}) : $1 \text{ knot} = 0,1544 \text{ m/dt}$
3. Arah angin dominan : Selatan
4. Sudut angin dominan : 180^0
5. Kestabilan atmosfer : B
6. Kecepatan angin di ujung cerobong (U_s)

$$U_s = U_{10} \times \left(\frac{H_s}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 0,5144 \text{ m/dt} \times \left(\frac{200}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 1,088 \text{ m/dt}$$

7. Tinggi kepulan (ΔH)

$$\Delta H = 3 d \left(\frac{Vs}{Us} \right)$$

$$\Delta H = 3 \times 7 \text{ m} \times \left(\frac{21.5}{1.088} \right) = 368,955 \text{ m}$$

8. Tinggi efektif (He)

$$He = Hs + \Delta H$$

$$He = 200 \text{ m} + 368,955 \text{ m} = 568,955 \text{ m}$$

Tanggal 26 September 2011 2011

1. Suhu Lingkungan (Ts) : 538° C = 811 K
2. Kecepatan angin dominan (U₁₀) : 1 knot = 0,5144 m/dt
3. Arah angin dominan : Utara
4. Sudut angin dominan : 360⁰
5. Kestabilan atmosfer : A
6. Kecepatan angin di ujung cerobong (Us)

$$Us = U_{10} \times \left(\frac{Hs}{10} \right)^{0,25}$$

$$Us = 0,5144 \text{ m/dt} \times \left(\frac{200}{10} \right)^{0,25}$$

$$Us = 1,088 \text{ m/dt}$$

7. Tinggi kepulan (ΔH)

$$\Delta H = 3 d \left(\frac{Vs}{Us} \right)$$

$$\Delta H = 3 \times 7 \text{ m} \times \left(\frac{21.5}{2,176} \right) = 385,93 \text{ m}$$

8. Tinggi efektif (He)

$$He = Hs + \Delta H$$

$$He = 200 \text{ m} + 385,93 \text{ m} = 585,93 \text{ m}$$

PERHITUNGAN EMISI

Cerobong Tipe B Suralaya September 2011

Data yang digunakan untuk perhitungan emisi secara teoritis antara lain:

1. Tinggi Cerobong (Hs) : 275 meter
2. Diameter Cerobong (D) : 8.5 meter
3. Luas Penampang (A) : 56,716 m²
4. Jam Operasi (Op Hours) : 7403 jam/tahun
5. Kecepatan lepasan emisi (Vs) : 20.33 m/dt
6. Konsentrasi emisi karbondioksida : 119.5 mg/m³
7. Suhu Gas Out (Ts) : 538° C = 811 K

Perhitungan untuk Cerobong Tipe B Suralaya

$$\text{Kecepatan emisi (Q)} = C \times q \times 0.0036 \times (\text{Op Hours})$$

$$\text{Laju Alir Volumetrik (q)} = V_s \times A$$

$$C = \text{Konsentrasi terukur (mg/Nm}^3\text{)}$$

$$q = \text{Laju alir volumetrik (m}^3\text{/dt)}$$

$$0.0036 = \text{Faktor konversi dari mg/dt ke kg/jam}$$

$$\text{Op Hours} = \text{Jam operasi pembangkit dalam 1 tahun}$$

$$V_s = \text{Kecepatan lepasan emisi (m/dt)}$$

$$A = \text{Luas penampang cerobong (m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju Alir Volumetrik (q)} &= 20,33 \times 56,716 \\ &= 1153.0413 \text{ m}^3\text{/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan emisi (Q)} &= C \times q \times 0.0036 \times (\text{Op Hours}) \\ &= 119.15 \times 1153.0413 \times 0.0036 \times 7403.007 \\ &= 3661494.835 \text{ kg/jam} \\ &= 116.0523 \text{ gram/dt} \end{aligned}$$

PERHITUNGAN DISPERSI

Tanggal 24 September 2011

1. Suhu Lingkungan (T_s) : $538^\circ \text{C} = 811 \text{ K}$
2. Kecepatan angin dominan (U_{10}) : $2 \text{ knot} = 1,02889 \text{ m/dt}$
3. Arah angin dominan : Barat Daya
4. Sudut angin dominan : 225°
5. Kestabilan atmosfer : A
6. Kecepatan angin di ujung cerobong (U_s)

$$U_s = U_{10} \times \left(\frac{H_s}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 1,02888 \text{ m/dt} \times \left(\frac{275}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 2,356 \text{ m/dt}$$

7. Tinggi kepulan (ΔH)

$$\Delta H = 3 d \left(\frac{V_s}{U_s}\right)$$

$$\Delta H = 3 \times 7 \text{ m} \times \left(\frac{20,3}{2,356}\right) = 191,817 \text{ m}$$

8. Tinggi efektif (H_e)

$$H_e = H_s + \Delta H$$

$$H_e = 275 \text{ m} + 191,817 \text{ m} = 466,817 \text{ m}$$

Tanggal 25 September 2011

1. Suhu Lingkungan (T_s) : $538^\circ \text{C} = 811 \text{ K}$
2. Kecepatan angin dominan (U_{10}) : $1 \text{ knot} = 0,1544 \text{ m/dt}$
3. Arah angin dominan : Selatan
4. Sudut angin dominan : 180°
5. Kestabilan atmosfer : B
6. Kecepatan angin di ujung cerobong (U_s)

$$U_s = U_{10} \times \left(\frac{H_s}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 0,1544 \text{ m/dt} \times \left(\frac{275}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 1,178 \text{ m/dt}$$

7. Tinggi kepulan (ΔH)

$$\Delta H = 3 d \left(\frac{V_s}{U_s} \right)$$

$$\Delta H = 3 \times 8.5 \text{ m} \times \left(\frac{20.3}{1.178} \right) = 386,635 \text{ m}$$

8. Tinggi efektif (H_e)

$$H_e = H_s + \Delta H$$

$$H_e = 275 \text{ m} + 386,635 \text{ m} = 658,635 \text{ m}$$

Tanggal 26 September 2011

1. Suhu Lingkungan (T_s) : $538^\circ \text{C} = 811 \text{ K}$
2. Kecepatan angin dominan (U_{10}) : $1 \text{ knot} = 0,1544 \text{ m/dt}$
3. Arah angin dominan : Utara
4. Sudut angin dominan : 360^0
5. Kestabilan atmosfer : A
6. Kecepatan angin di ujung cerobong (U_s)

$$U_s = U_{10} \times \left(\frac{H_s}{10} \right)^{0,25}$$

$$U_s = 0,1544 \text{ m/dt} \times \left(\frac{275}{10} \right)^{0,25}$$

$$U_s = 1.178 \text{ m/dt}$$

7. Tinggi kepulan (ΔH)

$$\Delta H = 3 d \left(\frac{V_s}{U_s} \right)$$

$$\Delta H = 3 \times 8.5 \text{ m} \times \left(\frac{20.3}{1.178} \right) = 386,635 \text{ m}$$

8. Tinggi efektif (H_e)

$$H_e = H_s + \Delta H$$

$$H_e = 275 \text{ m} + 386,635 \text{ m} = 658,635 \text{ m}$$

PERHITUNGAN EMISI

Cerobong PLTU Labuan September 2011

Data yang digunakan untuk perhitungan emisi secara teoritis antara lain:

1. Tinggi Cerobong (Hs) : 215 meter
2. Diameter Cerobong (D) : 7.5 meter
3. Luas Penampang (A) : 39.016 m²
4. Jam Operasi (Op Hours) : 8333.3 jam/tahun
5. Kecepatan lepasan emisi (Vs) : 87.57 m/dt
6. Konsentrasi emisi karbondioksida : 25.6 mg/m³
7. Suhu Gas Out (Ts) : 538° C = 811 K

Perhitungan untuk Cerobong PLTU Labuan

$$\text{Kecepatan emisi (Q)} = C \times q \times 0.0036 \times (\text{Op Hours})$$

$$\text{Laju Alir Volumetrik (q)} = V_s \times A$$

$$C = \text{Konsentrasi terukur (mg/Nm}^3\text{)}$$

$$q = \text{Laju alir volumetrik (m}^3\text{/dt)}$$

$$0.0036 = \text{Faktor konversi dari mg/dt ke kg/jam}$$

$$\text{Op Hours} = \text{Jam operasi pembangkit dalam 1 tahun}$$

$$V_s = \text{Kecepatan lepasan emisi (m/dt)}$$

$$A = \text{Luas penampang cerobong (m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju Alir Volumetrik (q)} &= 87.57 \times 39,016 \\ &= 3416,6716 \text{ m}^3\text{/dt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan emisi (Q)} &= C \times q \times 0.0036 \times (\text{Op Hours}) \\ &= 25,6 \times 3416,6716 \times 0.0036 \times 8333.33 \\ &= 2624003.7 \text{ kg/jam} \\ &= 83.2066 \text{ gram/dt}\end{aligned}$$

PERHITUNGAN DISPERSI

Tanggal 24 September 2011

1. Suhu Lingkungan (T_s) : $538^\circ \text{C} = 811 \text{ K}$
2. Kecepatan angin dominan (U_{10}) : $2 \text{ knot} = 1,02889 \text{ m/dt}$
3. Arah angin dominan : Barat Daya
4. Sudut angin dominan : 225^0
5. Kestabilan atmosfer : A
6. Kecepatan angin di ujung cerobong (U_s)

$$U_s = U_{10} \times \left(\frac{H_s}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 1,02888 \text{ m/dt} \times \left(\frac{215}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 2.2155 \text{ m/dt}$$

7. Tinggi kepulan (ΔH)

$$\Delta H = 3 d \left(\frac{V_s}{U_s}\right)$$

$$\Delta H = 3 \times 7.5 \text{ m} \times \left(\frac{87.57}{2,215}\right) = 199.589 \text{ m}$$

8. Tinggi efektif (H_e)

$$H_e = H_s + \Delta H$$

$$H_e = 215 \text{ m} + 199.589 \text{ m} = 414.589 \text{ m}$$

Tanggal 25 September 2011

1. Suhu Lingkungan (T_s) : $538^\circ \text{C} = 811 \text{ K}$
2. Kecepatan angin dominan (U_{10}) : $1 \text{ knot} = 0,1544 \text{ m/dt}$
3. Arah angin dominan : Selatan
4. Sudut angin dominan : 180^0
5. Kestabilan atmosfer : B
6. Kecepatan angin di ujung cerobong (U_s)

$$U_s = U_{10} \times \left(\frac{H_s}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 0,5144 \text{ m/dt} \times \left(\frac{215}{10}\right)^{0,25}$$

$$U_s = 1.107 \text{ m/dt}$$

7. Tinggi kepulan (ΔH)

$$\Delta H = 3 d \left(\frac{V_s}{U_s} \right)$$

$$\Delta H = 3 \times 7.5 \text{ m} \times \left(\frac{87.57}{1.107} \right) = 399,179 \text{ m}$$

8. Tinggi efektif (H_e)

$$H_e = H_s + \Delta H$$

$$H_e = 215 \text{ m} + 399,179 \text{ m} = 614,179 \text{ m}$$

Tanggal 25 September 2011

1. Suhu Lingkungan (T_s) : 538° C = 811 K
2. Kecepatan angin dominan (U_{10}) : 1 knot = 0,1544 m/dt
3. Arah angin dominan : Utara
4. Sudut angin dominan : 360°
5. Kestabilan atmosfer : A
6. Kecepatan angin di ujung cerobong (U_s)

$$U_s = U_{10} \times \left(\frac{H_s}{10} \right)^{0,25}$$

$$U_s = 0,1544 \text{ m/dt} \times \left(\frac{215}{10} \right)^{0,25}$$

$$U_s = 1.107 \text{ m/dt}$$

7. Tinggi kepulan (ΔH)

$$\Delta H = 3 d \left(\frac{V_s}{U_s} \right)$$

$$\Delta H = 3 \times 7.5 \text{ m} \times \left(\frac{87.57}{1.107} \right) = 399,179 \text{ m}$$

8. Tinggi efektif (H_e)

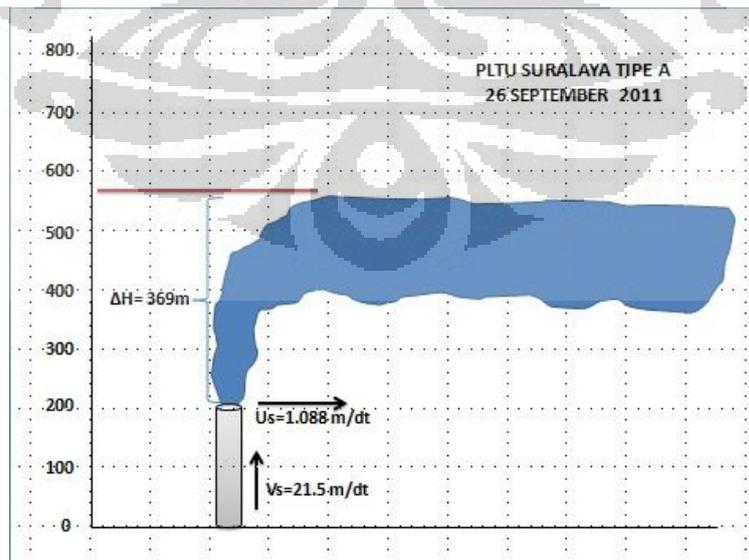
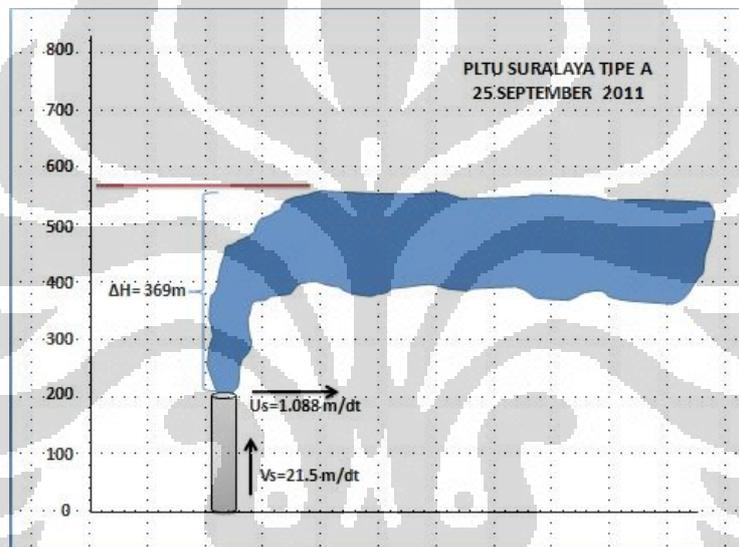
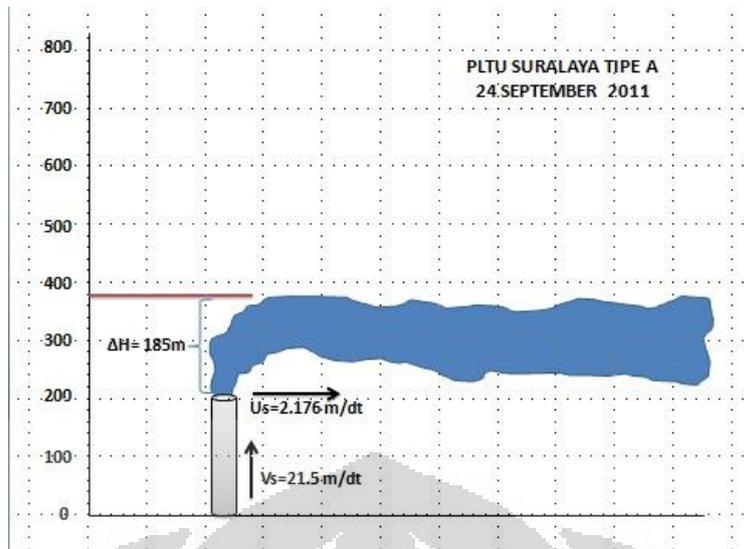
$$H_e = H_s + \Delta H$$

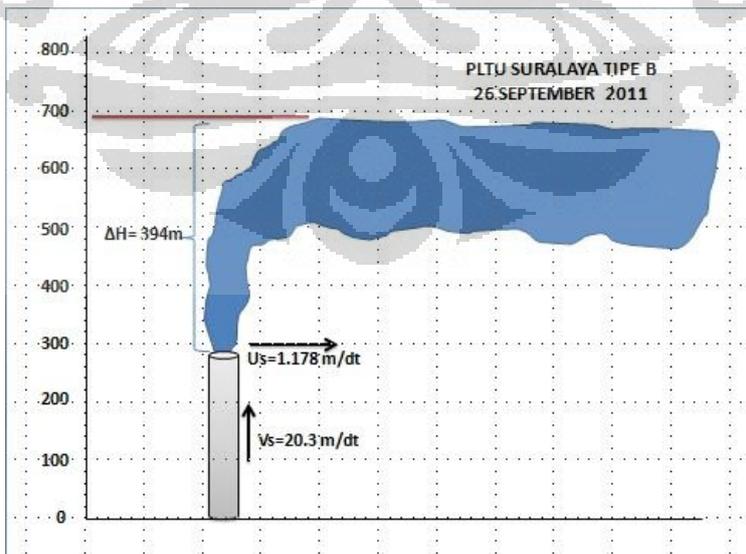
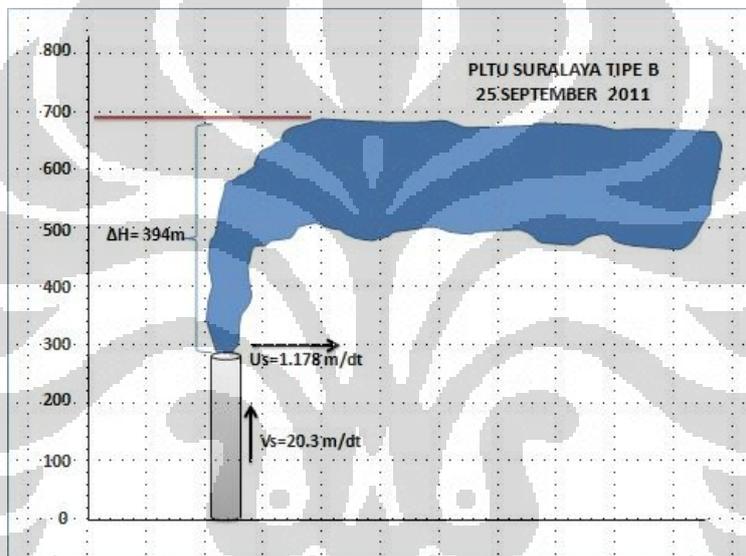
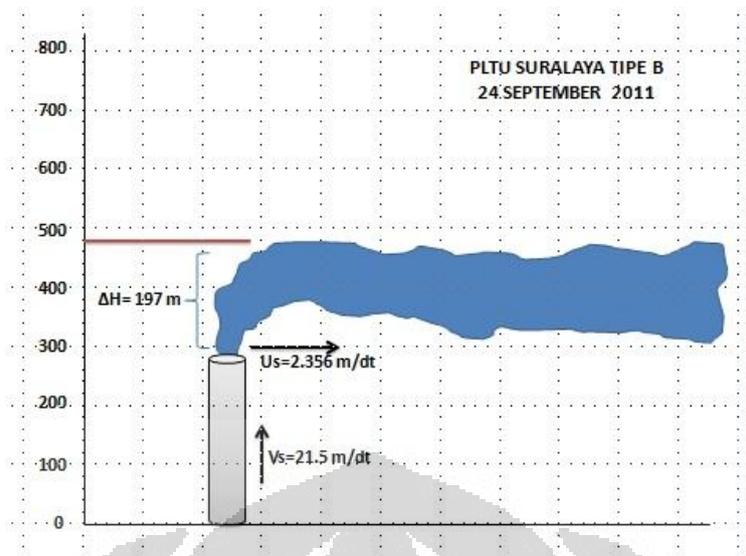
$$H_e = 215 \text{ m} + 399,179 \text{ m} = 614,179 \text{ m}$$

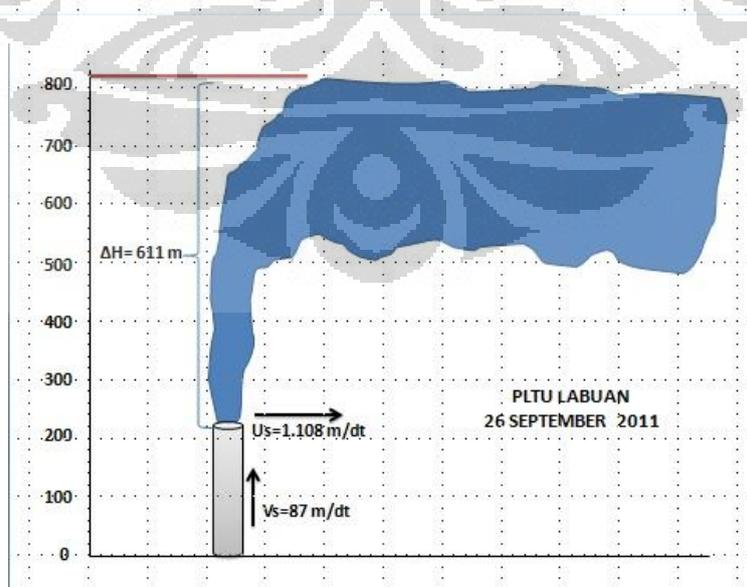
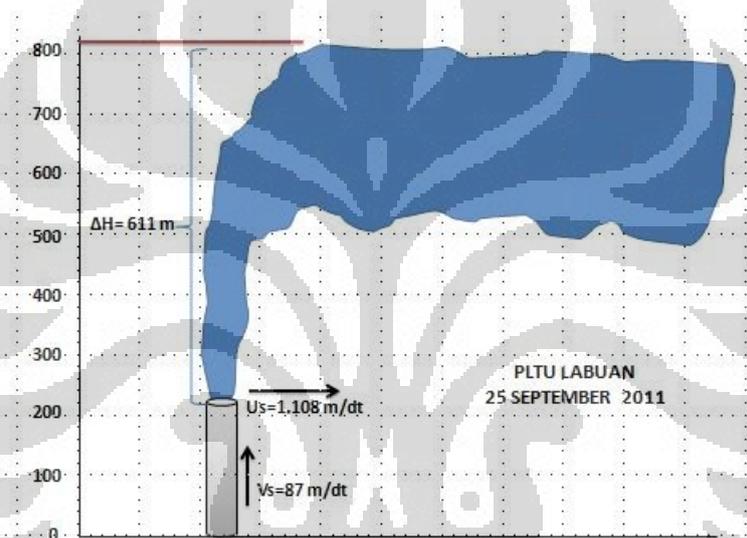
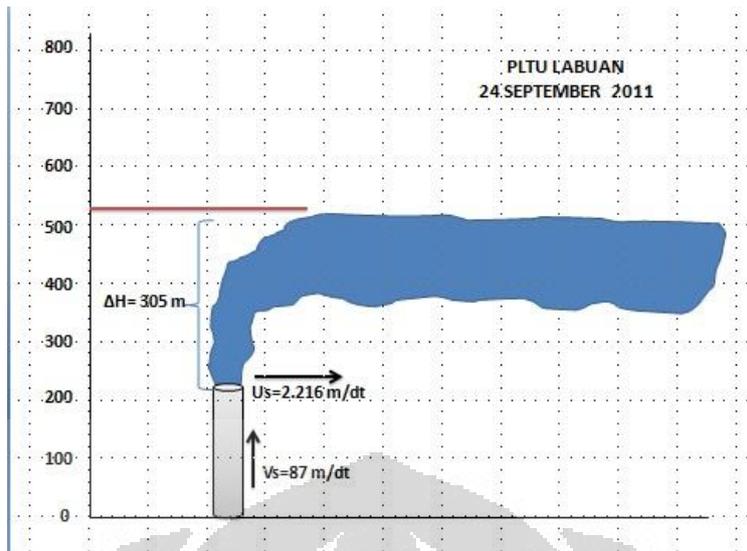
Lampiran 2

Sketsa Penampang Melintang Kepulan Asap Cerobong





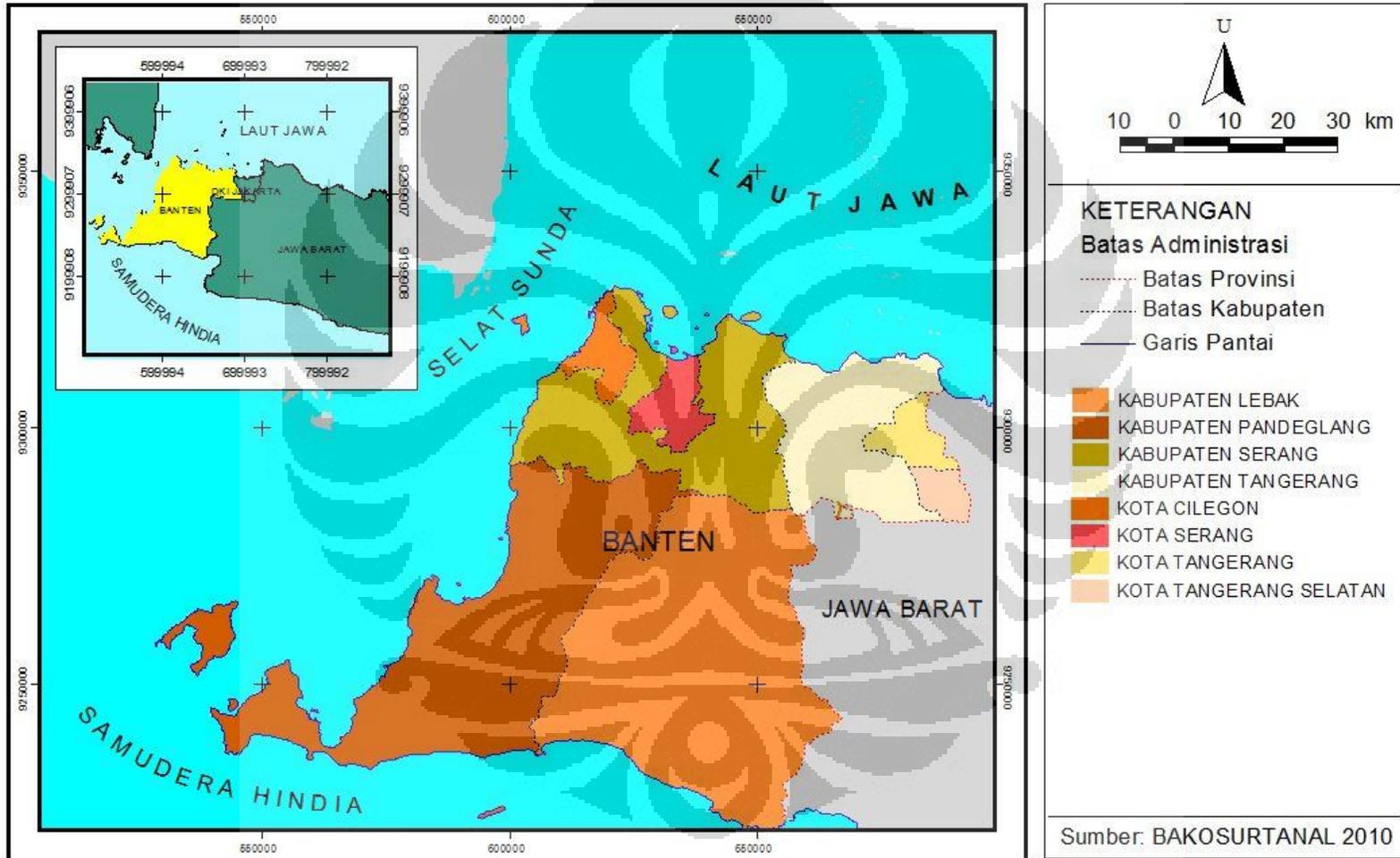






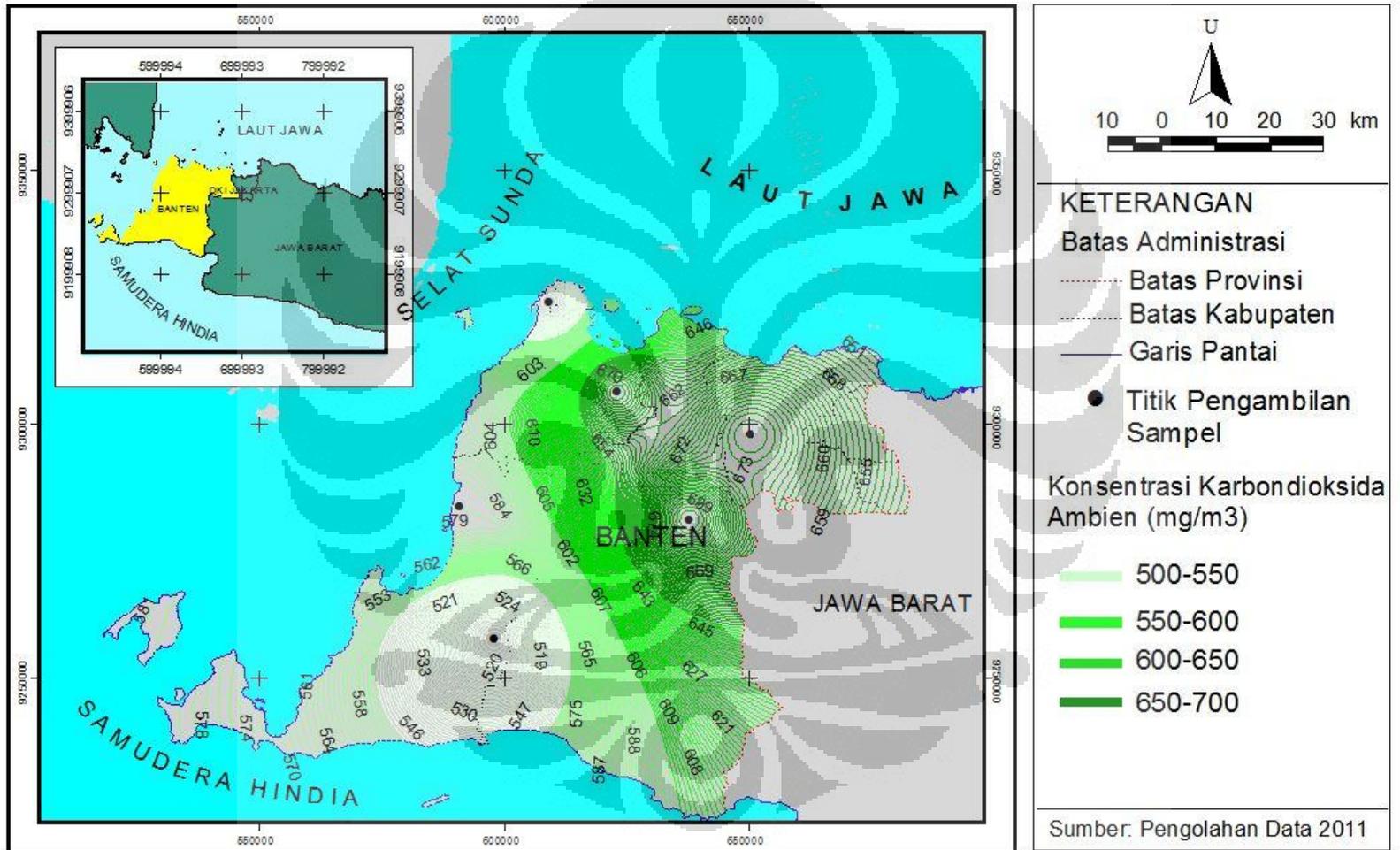
Lampiran 3
Peta – Peta Hasil Penelitian

ADMINISTRASI PROVINSI BANTEN

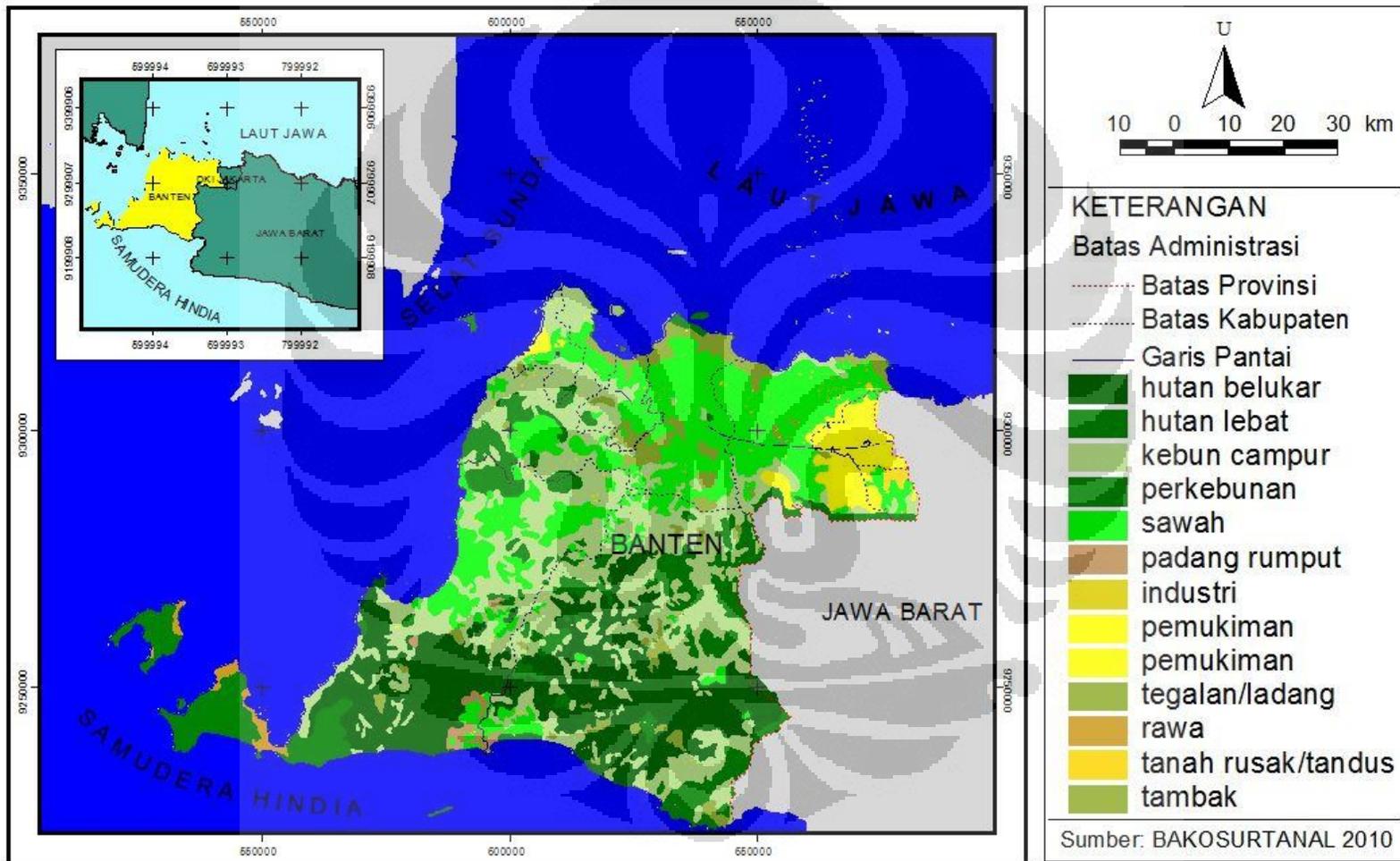


Konsentrasi Karbondioksida Udara Ambien Provinsi Banten

TANGGAL 25 SEPTEMBER 2011

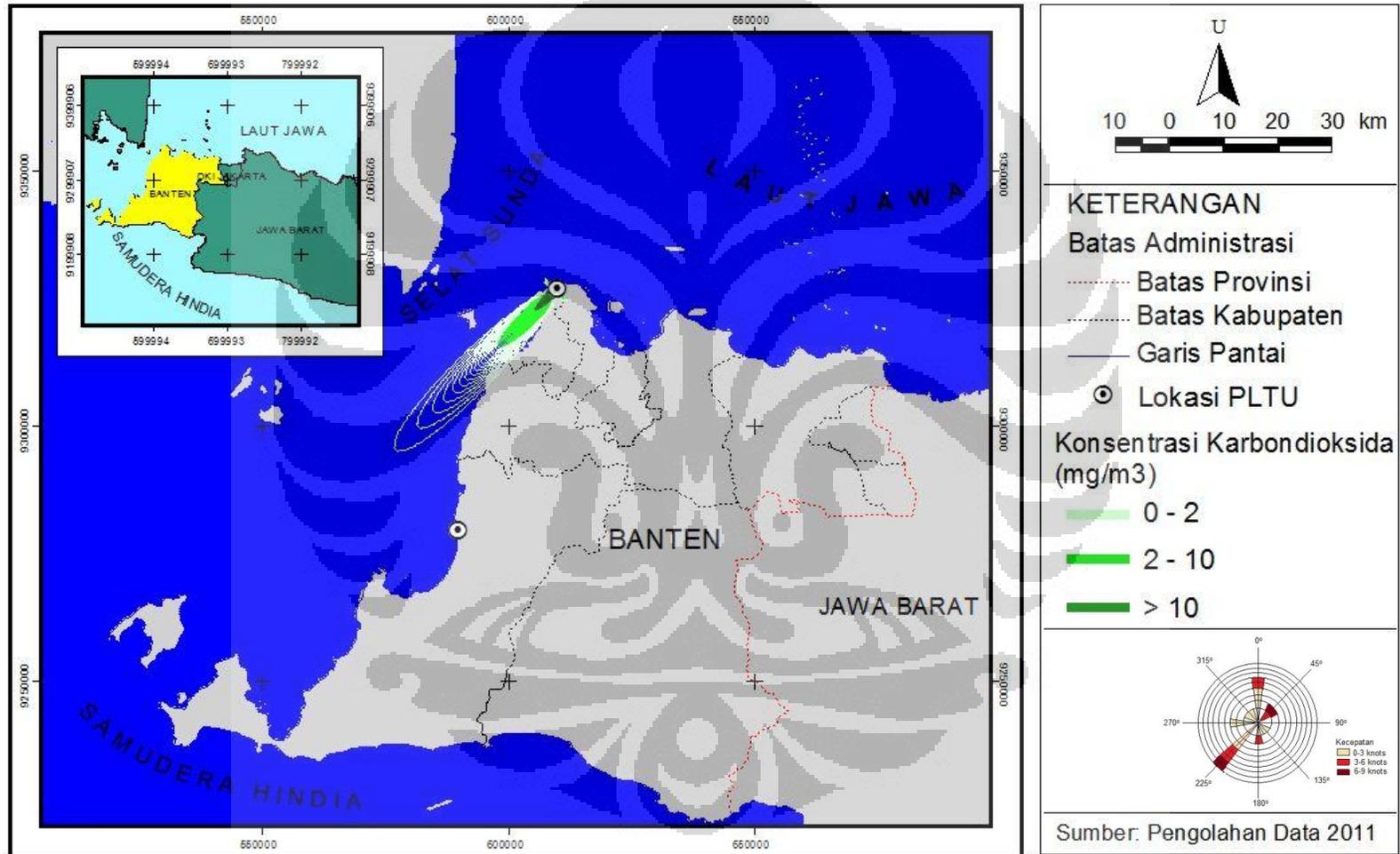


Penggunaan Tanah Provinsi Banten Tahun 2010



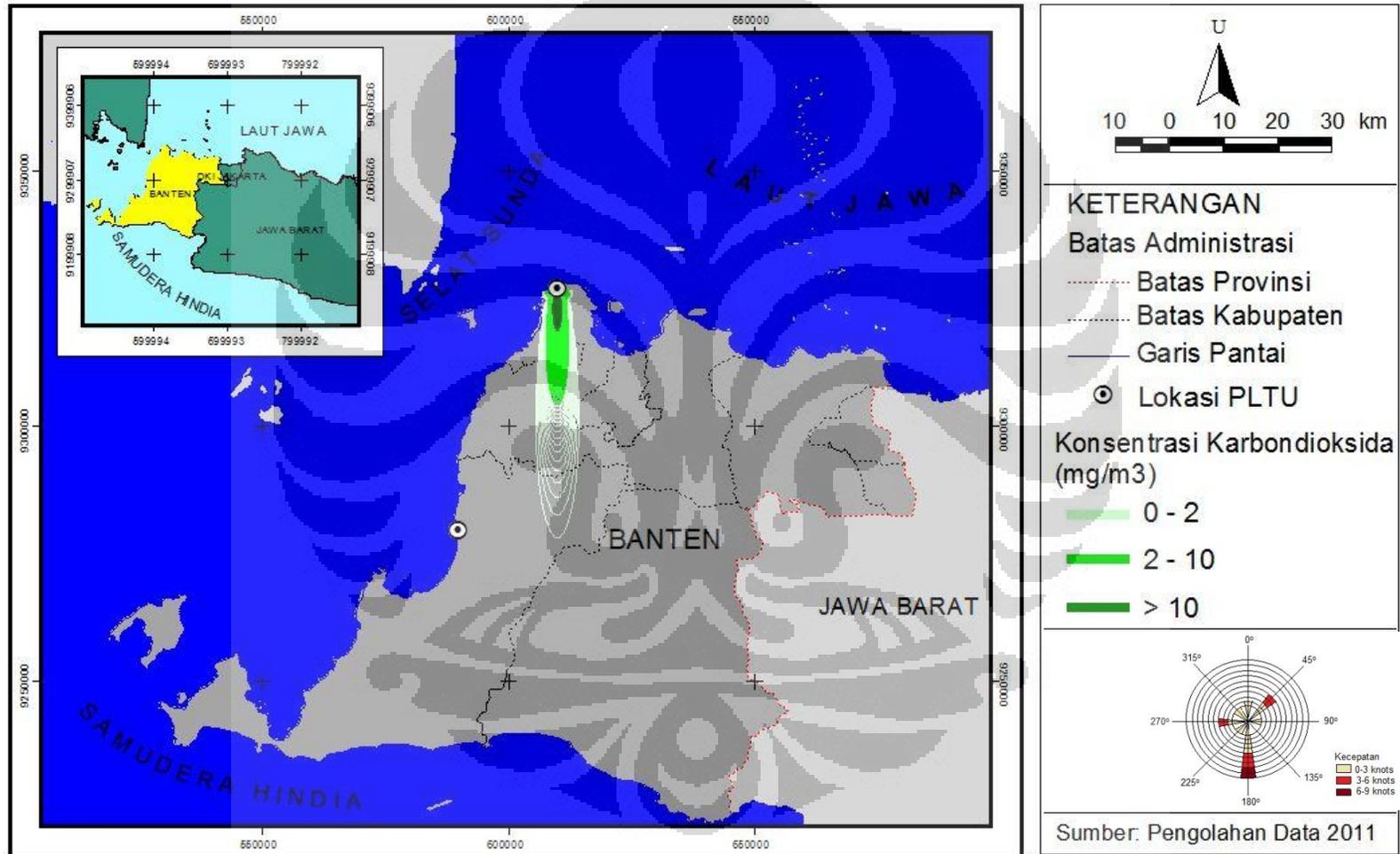
Konsentrasi Karbondioksida PLTU Suralaya Tipe A

TANGGAL 24 SEPTEMBER 2011 - PROVINSI BANTEN



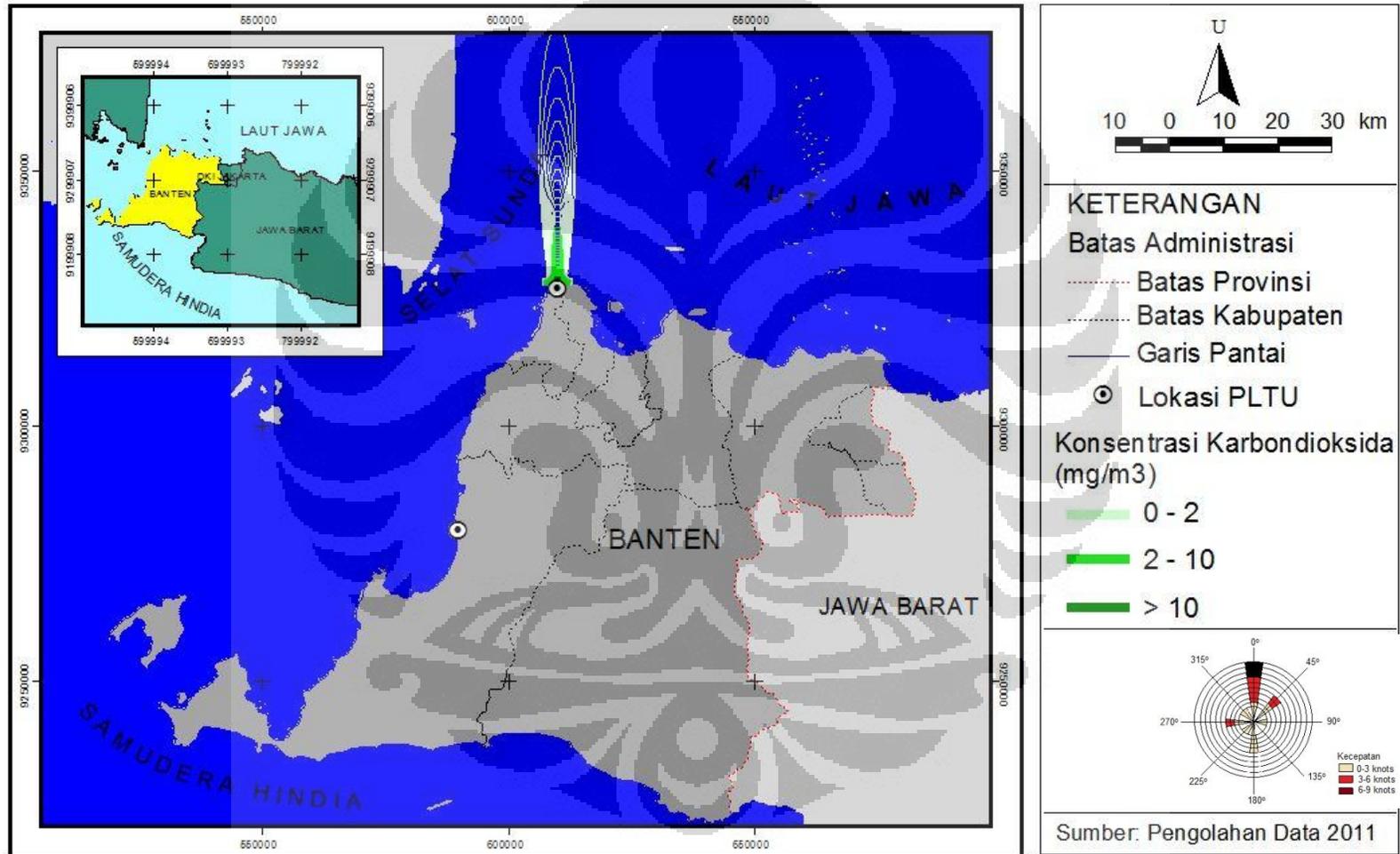
Konsentrasi Karbondioksida PLTU Suralaya Tipe A

TANGGAL 25 SEPTEMBER 2011 - PROVINSI BANTEN



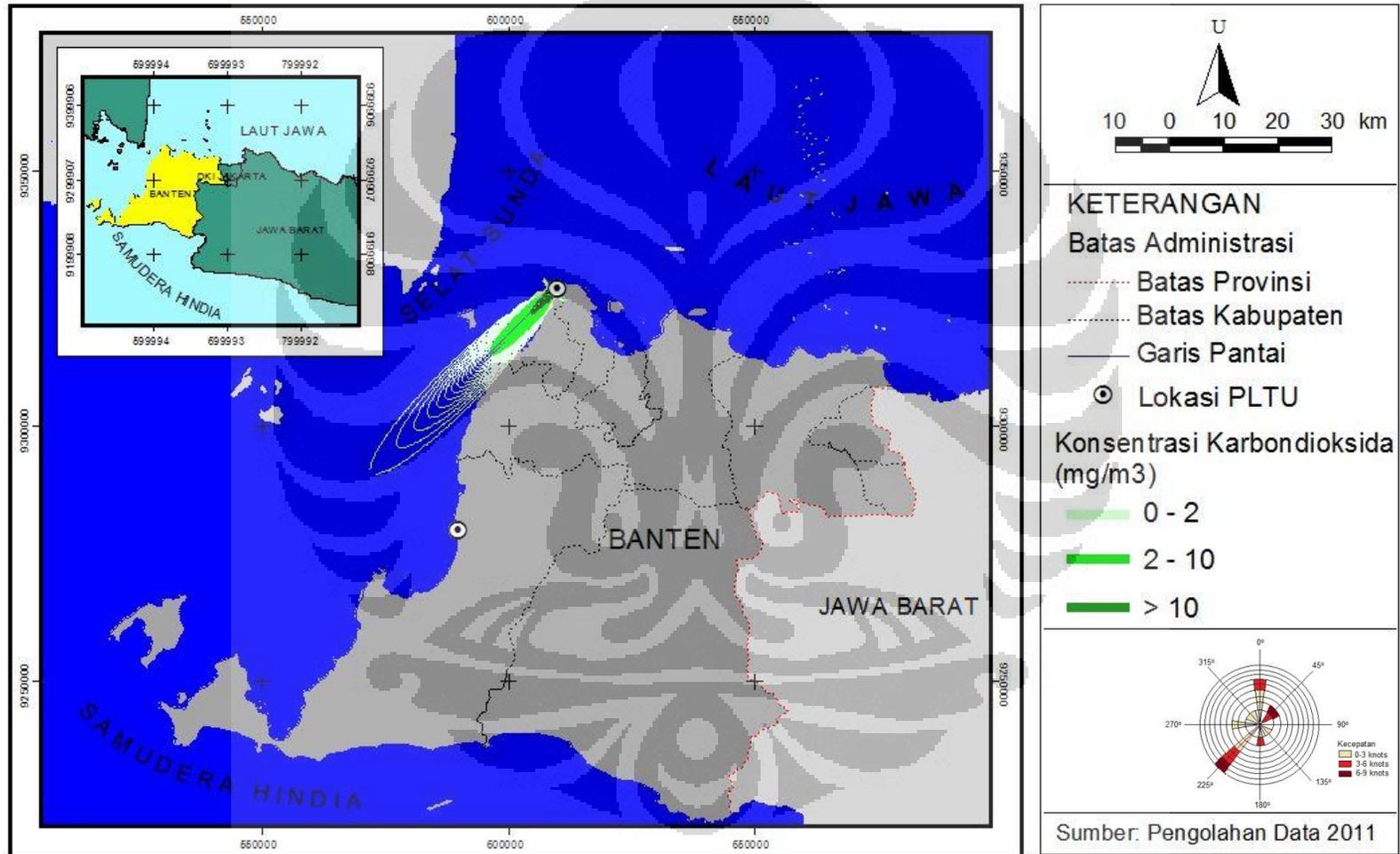
Konsentrasi Karbondioksida PLTU Suralaya Tipe A

TANGGAL 26 SEPTEMBER 2011 - PROVINSI BANTEN



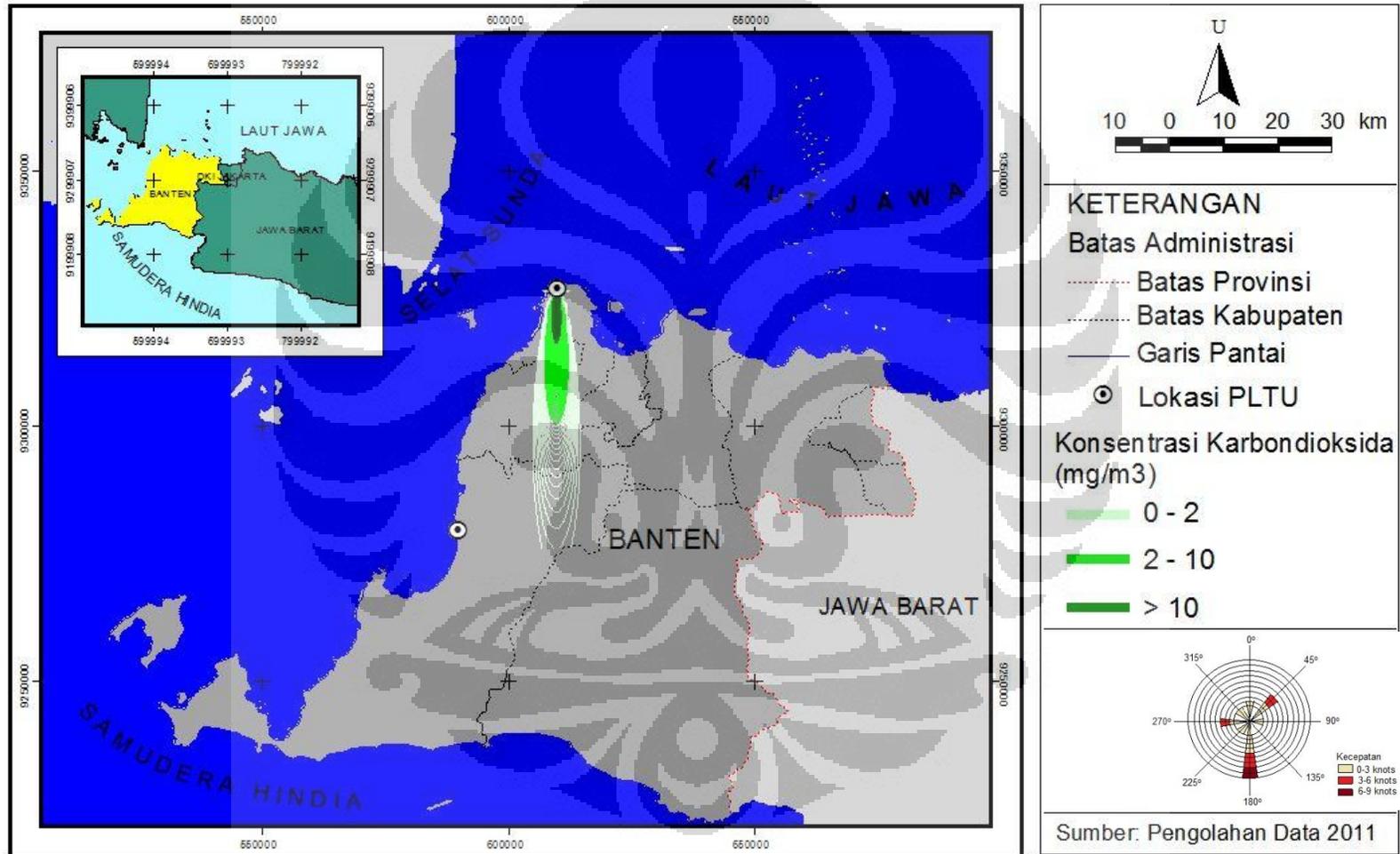
Konsentrasi Karbondioksida PLTU Suralaya Tipe B

TANGGAL 24 SEPTEMBER 2011 - PROVINSI BANTEN



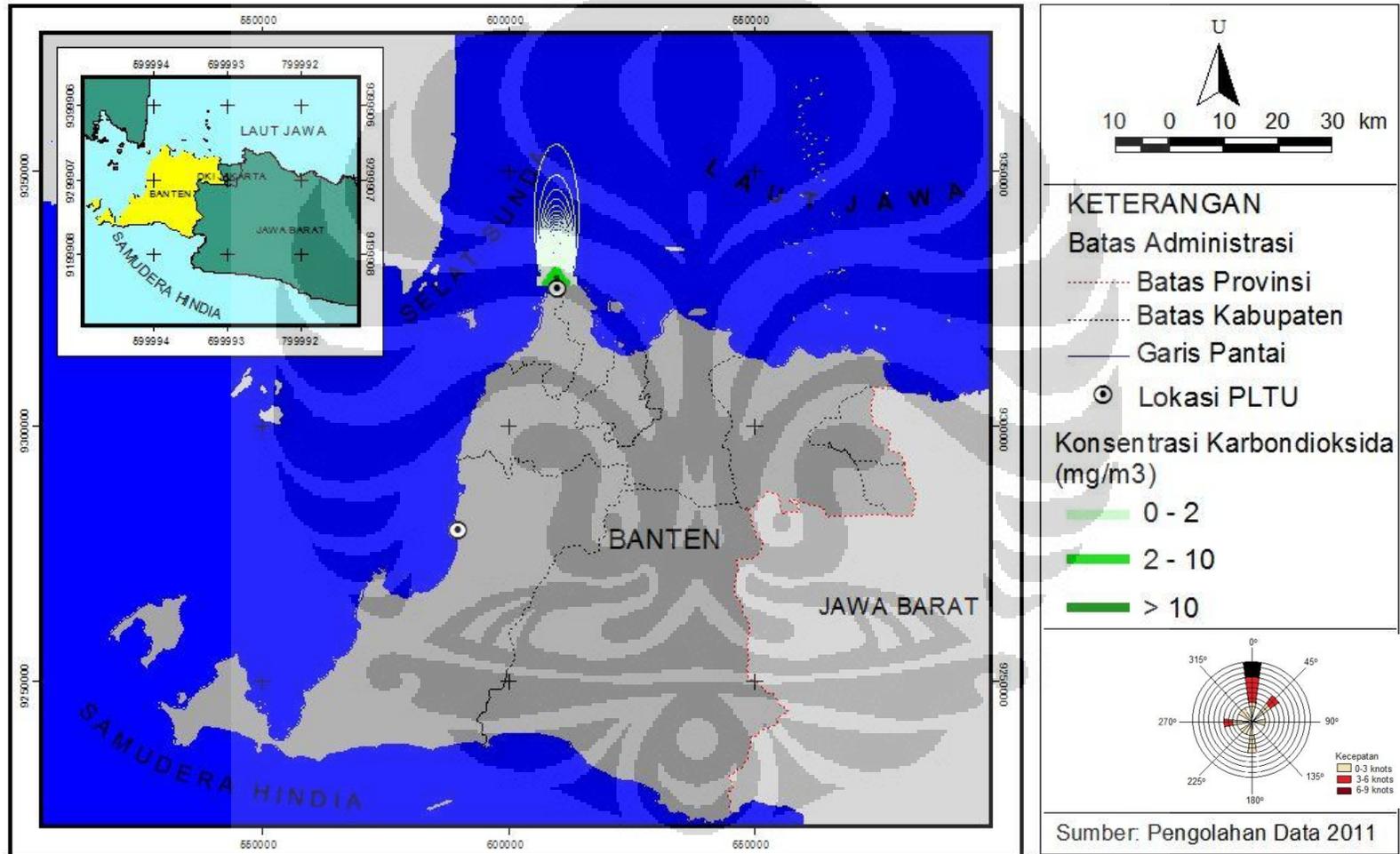
Konsentrasi Karbondioksida PLTU Suralaya Tipe B

TANGGAL 25 SEPTEMBER 2011 - PROVINSI BANTEN



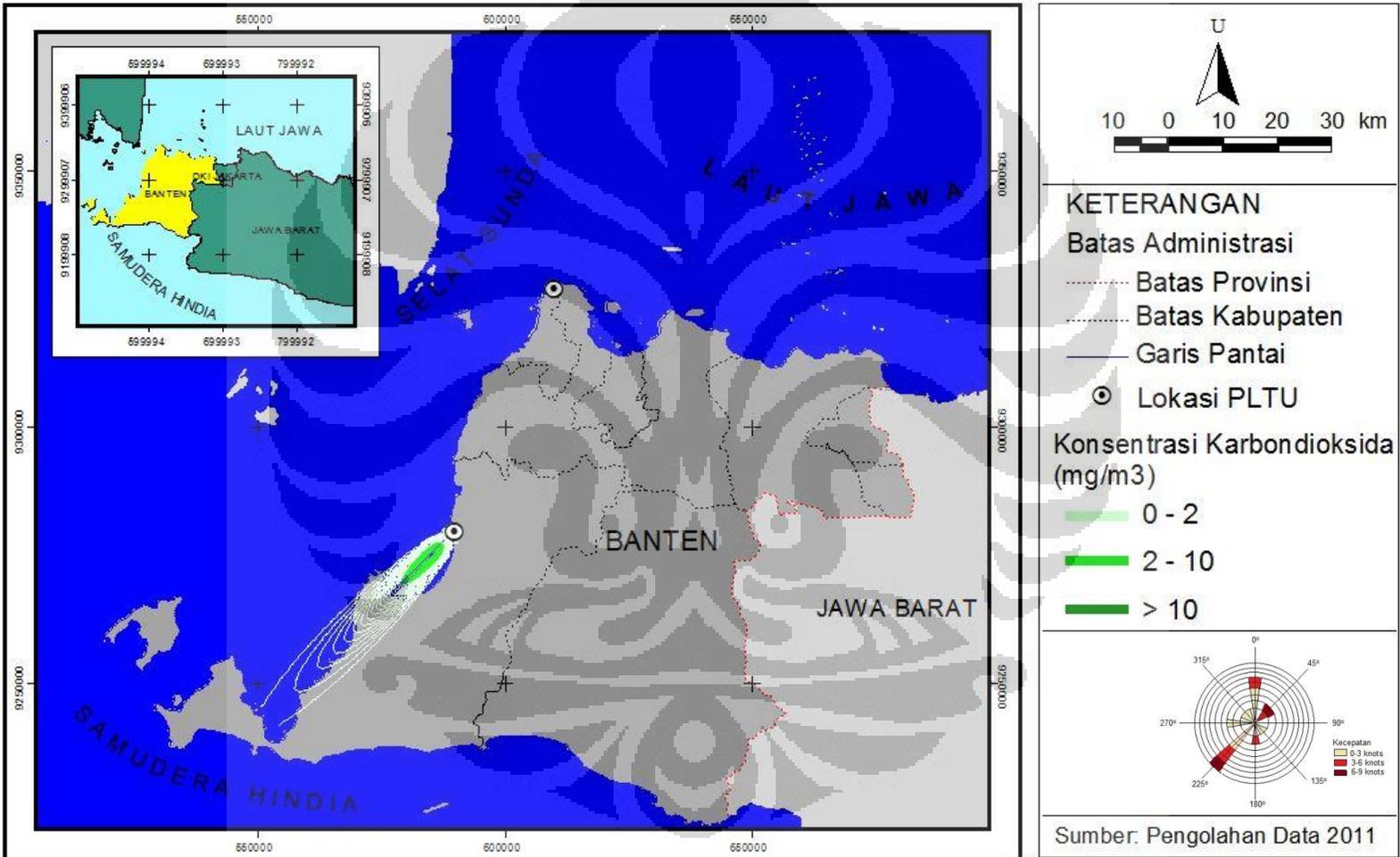
Konsentrasi Karbondioksida PLTU Suralaya Tipe B

TANGGAL 26 SEPTEMBER 2011 - PROVINSI BANTEN

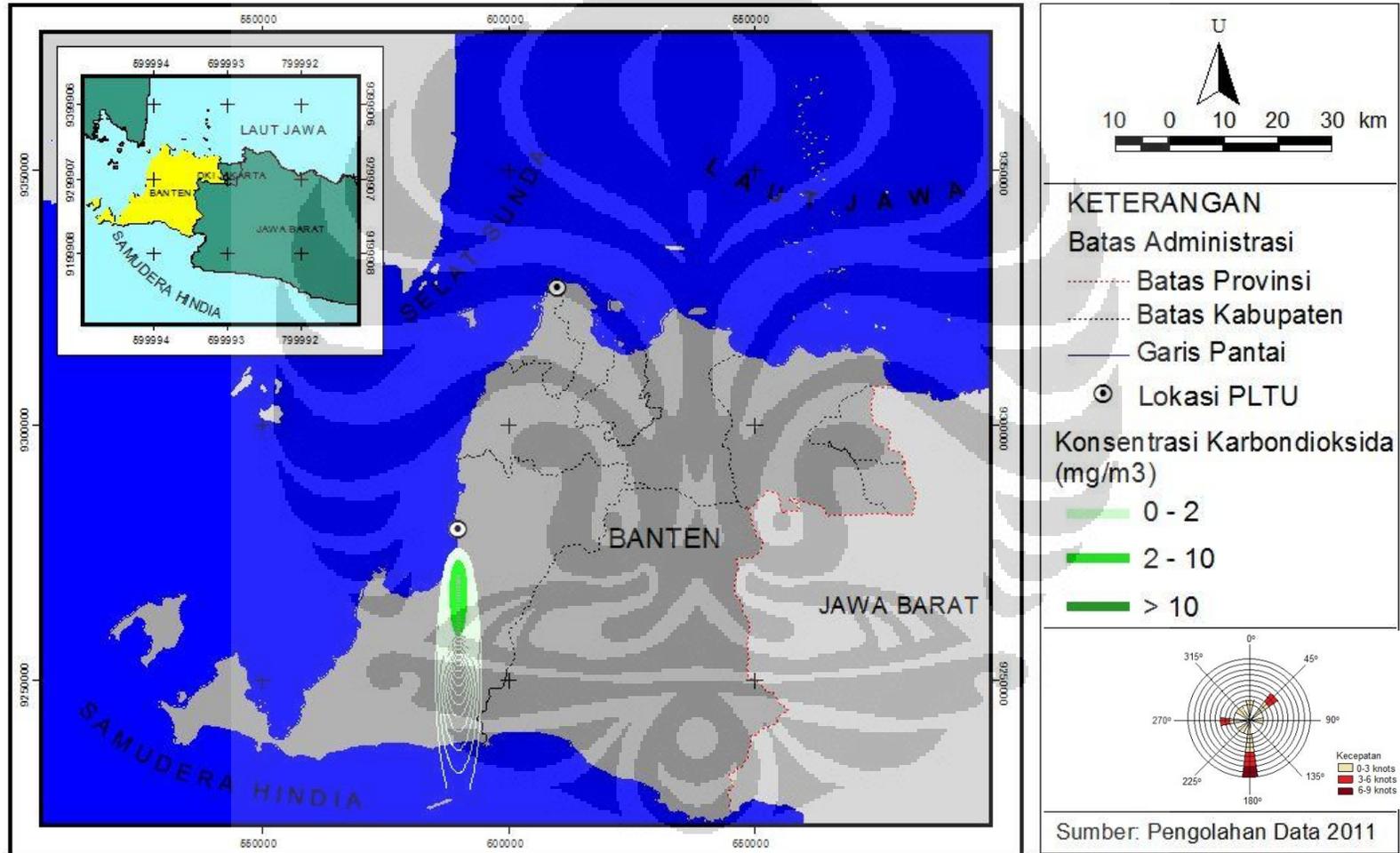


Konsentrasi Karbondioksida PLTU Labuan

TANGGAL 24 SEPTEMBER 2011 - PROVINSI BANTEN



Konsentrasi Karbondioksida PLTU Labuan TANGGAL 25 SEPTEMBER 2011 - PROVINSI BANTEN



Konsentrasi Karbondioksida PLTU Labuan

TANGGAL 26 SEPTEMBER 2011 - PROVINSI BANTEN

