

PULAU PANAS PERKOTAAN AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA DAN PENUTUP LAHAN DI BANDUNG DAN BOGOR

Laras Tursslowati

PeneUtJ Btdang Aplikasl Kllmatologt dan Ungkungan, Pusfatsatldlm, LAPAN

ABSTRACT

Urban development can affect climatic element change, especially in downtown which is different from the surroundings, known as "Urban Heat Island (UHI)" phenomena. In this research we investigate air temperature changes on the land use and land cover by using case study in Bandung and Bogor on 1994 and 2001. We use the LANDSAT data of TM5 and ETM7 with spatial resolution of 30m x 30m, climate data from 1970 - 2003, and land use data from 1994 - 2003. The results show that land cover causing the increase of temperature, i.e. residence, industry, and open land, were spreading. Consequently, UHI spreading over those area. Percentage of land use for residential area in Bogor was 11.3%, larger than in Bandung (5.39%). Contrarily, land cover causing the decrease of air temperature, i.e. high vegetation area (forest), seasonal plant, plantation, water bodies, were decreasing. From the both investigated area, forest is decreasing, in Bogor the decrease 32.37% and Bandung 26.64%. Along with the changes of land use and land cover, so do the air temperature changes. The increase of area related with air temperature in Bogor was 29.56% for temperature range (24-28)°C, while in Bandung was 21.79% for temperature range (24-29)°C. Area in Bandung having highest air temperature that increase was those with air temperature (28-29)°C, while in Bogor was those with air temperature (27-28)°C.

ABSTRAK

Perkembangan pembangunan perkotaan akan mengakibatkan perubahan unsur-unsur iklim, terutama di pusat kota akan berbeda dengan wilayah di sekitarnya yang dikenal sebagai fenomena "pulau panas perkotaan" atau *'Urban Heat Island (UHI)'*. Pada penelitian ini dianalisis perubahan suhu udara yang diakibatkan oleh perubahan tata guna dan penutup lahan dengan daerah pengamatan di Jawa Barat dengan periode pengamatan tahun 1994 dan 2001. Data yang digunakan adalah data satelit Landsat TM 5 dan ETM7 dengan resolusi spasial 30m x 30m, data iklim dari tahun 1970 - 2003, juga data tata guna lahan dari tahun 1994 - 2003. Hasil analisis menunjukkan adanya perubahan lahan yang cenderung menaikkan suhu, antara lain lahan pemukiman, industri, dan lahan terbuka, yang semakin

luas. Akibatnya UHI yang terbentuk sebagian besar berada di atas lahan ini. Persentasi perubahan lahan pemukiman di Bogor (11,3%) lebih besar dari pada di Bandung (5,39%). Sebaliknya penutup lahan yang bisa meredam suhu seperti lahan bervegetasi tinggi (hutan), tanaman semusim, perkebunan, dan tubuh air justru berkurang. Dari kedua wilayah pengamatan, lahan hutan mengalami pengurangan luas, di Bogor bahkan mencapai 32,73%, sedangkan di Bandung 26,64%. Seiring dengan perubahan peruntukan lahan ini maka terjadi perubahan suhu udara. Kenaikan luas area terbesar terkait dengan suhu udara terjadi di wilayah Bogor pada rentang (24-28)°C dengan kenaikan area sebesar 29,56%, kemudian di Bandung pada rentang (24-29) °C dengan kenaikan sebesar 21,79%. Area dengan suhu tertinggi di Bandung yang mengalami kenaikan adalah area dengan rentang suhu (28-29)°C, sedangkan di Bogor adalah pada rentang suhu (27-28) °C.

Kata kunci: *Pulau panas perkotaan, penutup lahan, tata guna lahan*

1 PENDAHULUAN

Pembangunan Perkotaan seharusnya memerlukan perencanaan yang matang, terpadu, dan memperhatikan berbagai faktor termasuk akibat dari pembangunan itu sendiri. Salah satunya adalah faktor iklim. Perkembangan kota akibat bertambahnya populasi penduduk dan industrialisasi telah menyebabkan penggunaan bahan bakar yang meningkat, baik untuk proses industri, transportasi, maupun keperluan rumah tangga. Di samping itu penggunaan lahan di perkotaan cenderung menambah jumlah gedung dan bangunan, serta panjang jalan akibat pembangunan yang pesat.

Pembangunan yang pesat di kota-kota besar menyebabkan terjadinya perubahan penutup lahan [*land cover change*) yang dapat mempengaruhi cuaca dan iklim di kota. Perkembangan ini mengakibatkan perubahan unsur-unsur iklim terutama di pusat kota akan berbeda dengan wilayah di sekitarnya sehingga terbentuklah fenomena yang dikenal sebagai pulau panas perkotaan (*Urban Heat Island*) UHI. Perubahan unsur iklim yang terjadi adalah suhu, kecepatan angin, radiasi, dan keawanan. Dari empat unsur tersebut yang dapat dirasakan langsung oleh makhluk hidup adalah perubahan suhu. Dengan adanya peningkatan suhu udara akan mengurangi kenyamanan (Adiningsih et. al., 1994).

Pada penelitian ini daerah sampel yang dianalisis adalah Bogor dan Bandung. Periode pengamatan yaitu dari tahun 1994 - 2001 untuk mengetahui perubahan suhu maupun perubahan tata guna dan penutup lahannya secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan tata guna dan penutup lahan terhadap perubahan distribusi spasial suhu udara permukaan di Bogor dan Bandung. Setelah mendapatkan pola perubahan suhu akibat perubahan tata guna dan penutup lahan, akan dibandingkan bagaimana tingkat perkembangan kota dan akibatnya pada *Urban Heat Island* (UHI).

2 DATA DAN PENGOLAHAN DATA

2.1 Data yang Digunakan

Data yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

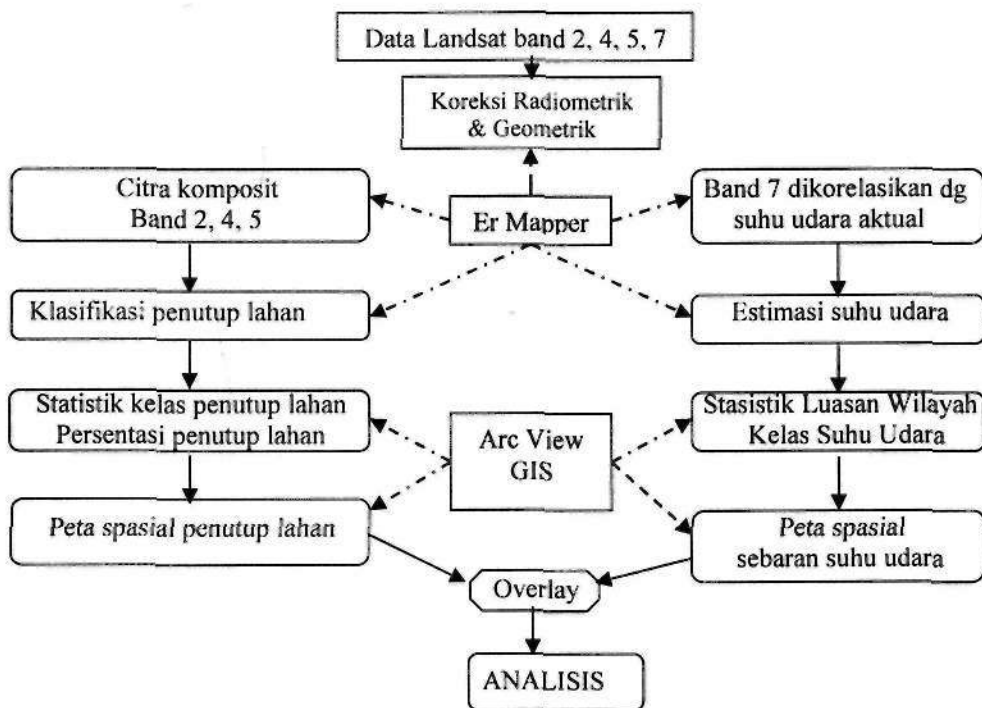
- a. Data landsat (sumber : LAPAN Pekayon) yang mencakup Jawa Barat bagian Selatan-Timur meliputi daerah Bandung, Purwakarta, Cianjur, Sukabumi, Bogor, Cipanas, dan Garut tahun 1994 dengan format ERS dan tahun 2001 dengan format L1G.
- b. Peta Rupa Bumi Jawa Barat bagian Selatan-Timur skala 1:25.000 (sumber : Bakosurtanal).
- c. Peta digital administrasi Jawa Barat.
- d. Peta digital tata guna lahan Kodya Bandung dan Kabupaten Bandung tahun 2000.
- e. Peta Tata Guna Lahan Kodya Bandung skala 1 : 25.000 tahun 1989, 1997, 2003 dalam bentuk hardcopy.
- f. Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Bandung skala 1:100.000 tahun 1992.
- g. Data iklim (suhu udara, radiasi, angin) Jawa Barat dari BMG tahun 1990-2001.
- h. Data Iklim dan Lingkungan perjam (Suhu Udara, Suhu di Kontainer, Kelembaban Udara, Kelembaban di kontainer) di 5 stasiun di Bandung (Pakar Dago, Cisaranten Wetan, Tirtalega, Batununggal Indah, Aria Graha) tahun 2001 -2002.

2.2 Pengolahan Data

Data iklim observasi stasiun BMG diolah dalam format excel untuk mengetahui kecenderungan pola perubahan suhu daerah-daerah di Jawa Barat. Data iklim ini juga untuk kalibrasi dan perbandingan perhitungan suhu udara dari satelit Landsat. Kemudian melakukan *cropping* wilayah Bogor dan Bandung untuk tahun 1994 dan 2001 pada daerah yang bebas awan dan tepat, untuk menghasilkan analisis yang benar.

Selanjutnya suhu udara Wilayah Bandung dan Bogor diestimasi dengan Software ErMapper. Setelah itu diklasifikasikan menjadi interval-interval suhu dan dihitung luasan suhu udara wilayah Bandung dan Bogor tahun 1994 dan 2001 dengan ErMapper maupun program Visual Basic dengan terlebih dahulu mengeksport data ras menjadi data text (Yang dan Wang, 2005 dan Budhiman, 2001).

Mengklasifikasikan lahan wilayah Bandung dan Bogor dengan metode *unsupervised classification* (klasifikasi tidak terbimbing) (Bekele, 2002) dan menghitung luas lahannya untuk tahun 1994 dan 2001 dengan software ErMapper maupun dengan ArcView GIS (Weng, 2001). Skema alur pengolahan data tersebut digambarkan pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Alur pemrosesan data citra Landsat sampai analisis

Data suhu dihitung dengan menggunakan model regresi umum untuk kasus cekungan Bandung yang mengkorelasikan data Landsat band 7 dan data suhu stasiun tahun 1994, 1996, dan 1998 (Adiningsih, et.al., 2001) sebagai berikut.

$$Y = 0,11637 X + 18,5774 \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan:

Y = suhu udara (dalam derajat Celcius)

X = nilai digital data band 7

Nilai koefisien korelasi (r) rata-rata sebesar 0.85.

Gambar 2-1: Alur pemrosesan data citra Landsat sampai analisis

Data suhu dihitung dengan menggunakan model regresi umum untuk kasus cekungan Bandung yang mengkorelasikan data Landsat band 7 dan data suhu stasiun tahun 1994, 1996, dan 1998 (Adiningsih, et.al., 2001) sebagai berikut.

$$Y = 0,11637 X + 18,5774 \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan:

Y = suhu udara (dalam derajat Celcius)

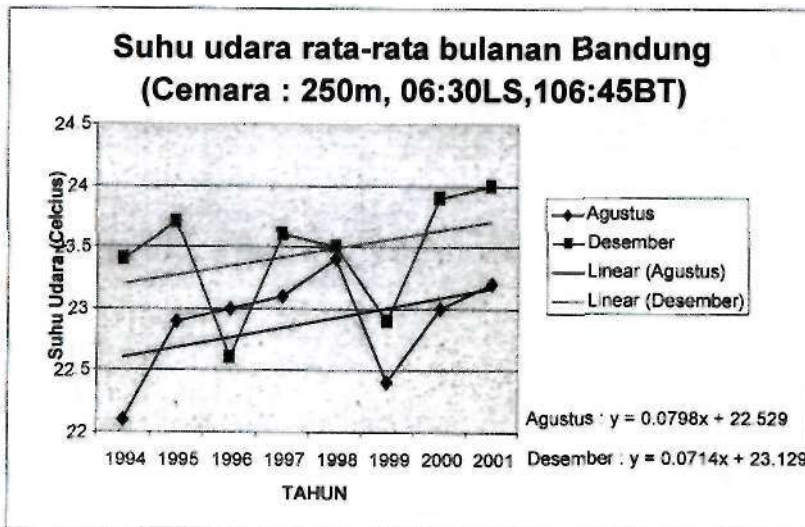
X = nilai digital data band 7

Nilai koefisien korelasi (r) rata-rata sebesar 0.85.

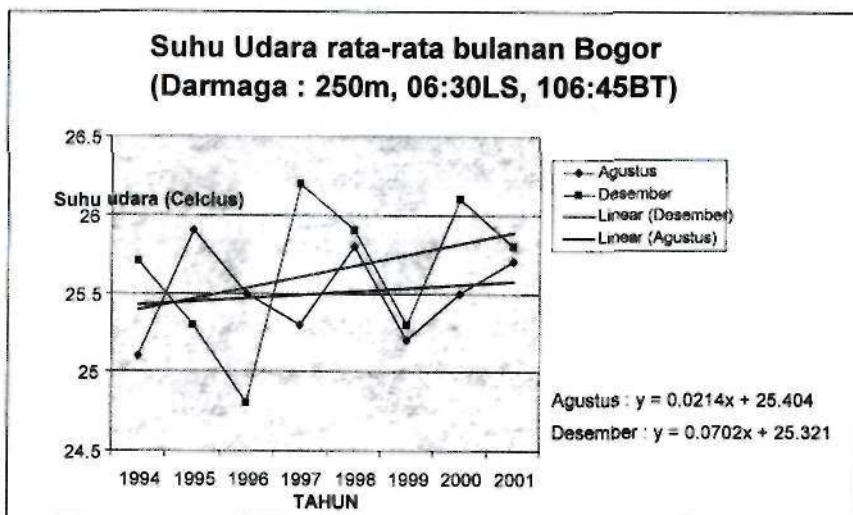
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Indikasi Fenomena Pulau Panas

46 Variasi suhu udara rata-rata di Bandung dan Bogor yang diperoleh dari BMG tahun 1994-2001 untuk wilayah kecamatan Gunung Sari dan Cibad...



Gambar 3-1: Suhu udara rata-rata bulanan Bandung



Gambar 3-2: Suhu udara rata-rata bulanan Bogor

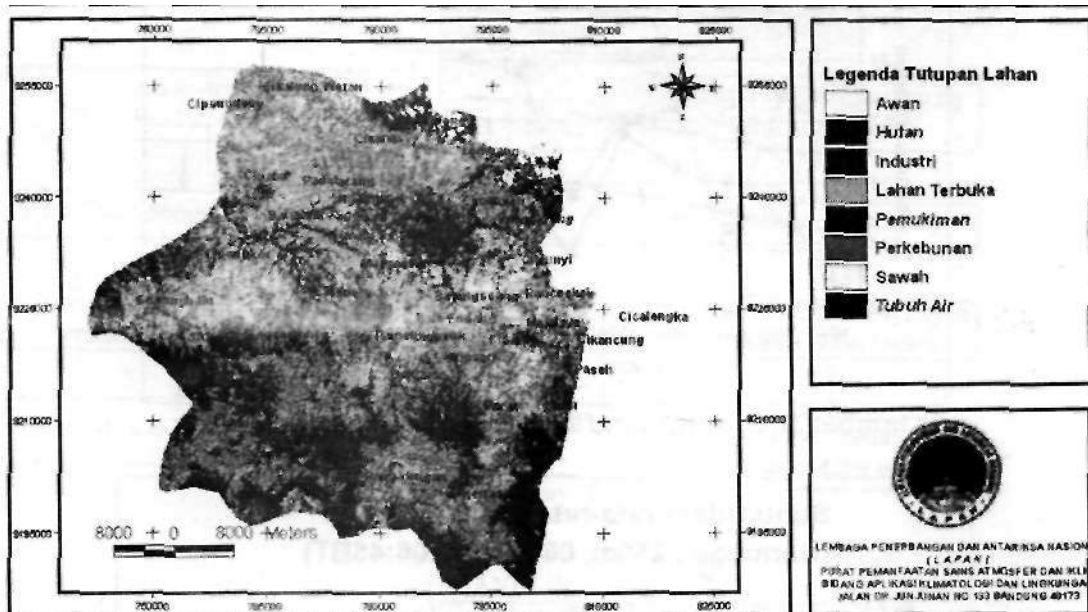
Tabel 3-1: KECENDERUNGAN KENAIKAN SUHU DI BANDUNG DAN BOGOR

| | AGUSTUS | DESEMBER |
|----------------|-------------------------|-------------------------|
| BANDUNG | $Y = 0.0798 X + 22.529$ | $Y = 0.0714 X + 23.129$ |
| BOGOR | $Y = 0.0214 X + 25.404$ | $Y = 0.0702 X + 25.321$ |

Analisis data Landsat dengan *cropping* daerah Bandung dan Bogor menghasilkan peta dan statistik luasan penutup lahan Bandung dan Bogor Tahun 1994 dan 2001 serta peta dan statistik luasan suhu udara Bandung dan Bogor Tahun 1994 dan 2001. Klasifikasi lahan di Kabupaten dan Kota Bandung tahun 1994 dan 2001, masing-masing ditunjukkan pada Gambar 3-3 dan 3-4. Sedangkan perubahan lahannya ditunjukkan Tabel 3-2 serta Gambar 3-5 dan 3-6.

PETATUTUPAN LAHAN DAERAH BANDUNG TAHUN 1994

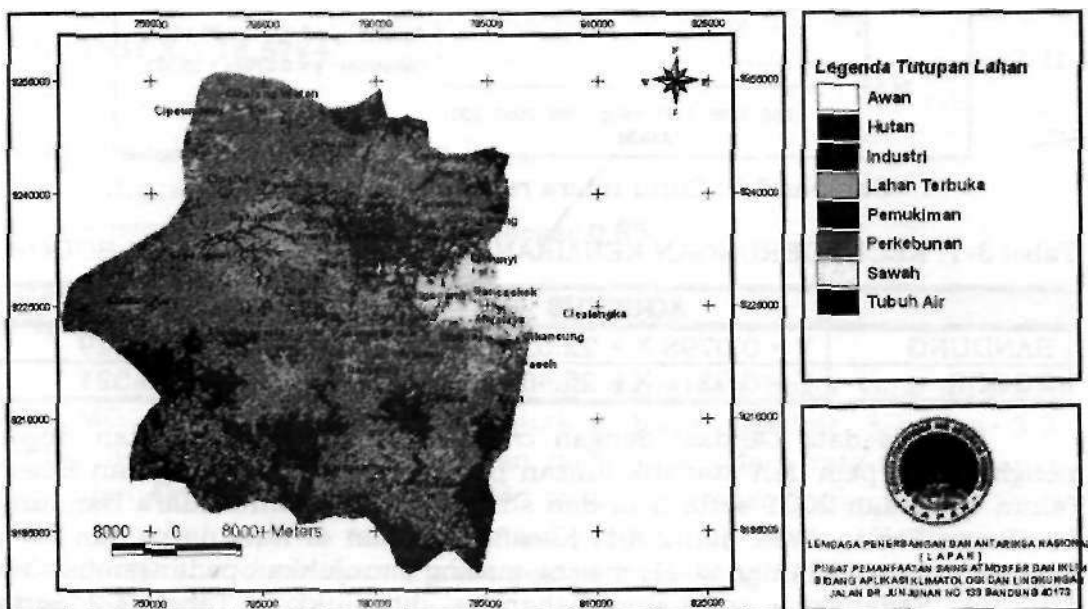
Sumber : Data Landsat Tahun 1994



Gambar 3-3: Klasifikasi lahan Bandung tahun 1994

PETATUTUPAN LAHAN DAERAH BANDUNG TAHUN 2001

Sumber : Data Landsat Tahun 2001

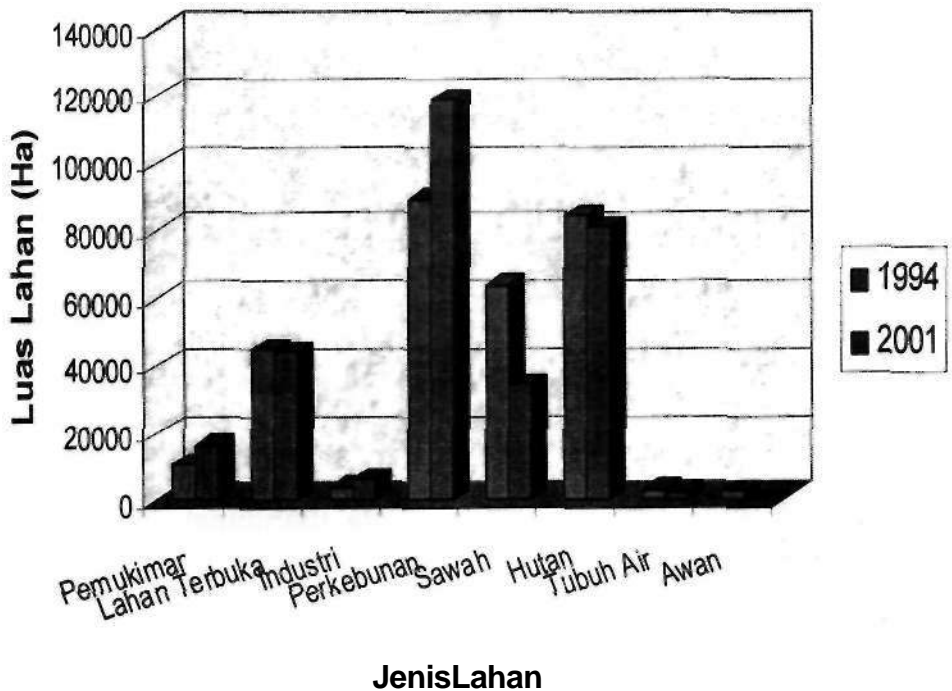


Gambar 3-4: Klasifikasi lahan Bandung tahun 2001

Tabel 3-2: PERUBAHAN LAHAN BANDUNG

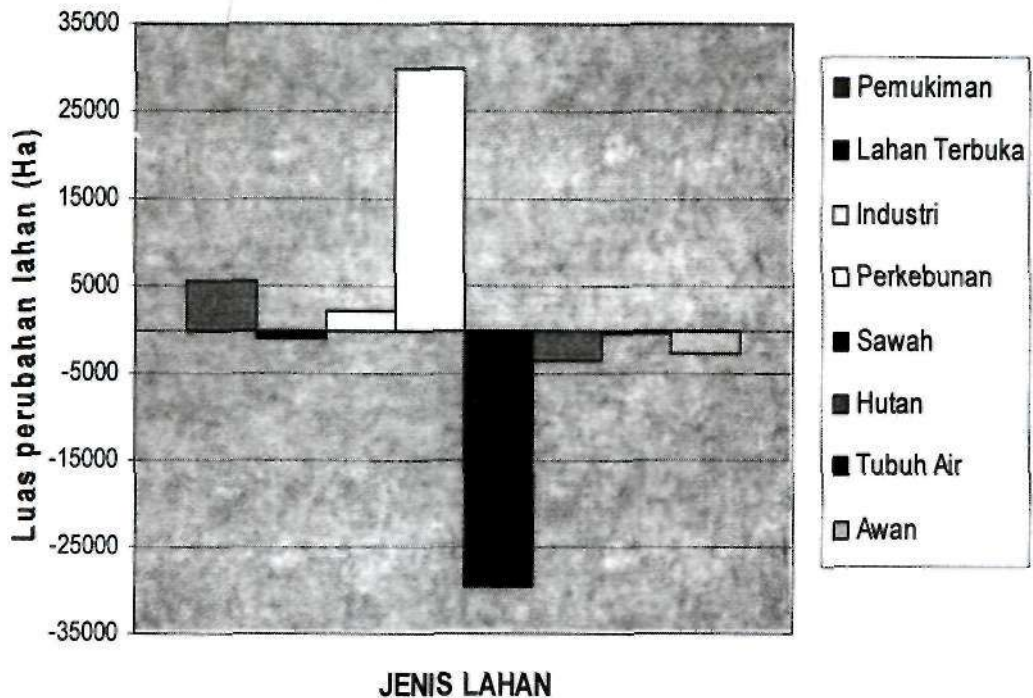
| No. | Jenis Lahan | Luas Lahan 1994 | | Luas Lahan 2001 | | Perub. Lahan (2001-1994) | | Perub. Lahan Per Tahun | |
|-----|---------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------------------|-------|------------------------|-------|
| | | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) |
| 1 | Pemukiman | 10858.1 | 3.58 | 16364.8 | 5.39 | 5506.65 | 1.81 | 786.7 | 0.26 |
| 2 | Lahan Terbuka | 45081.3 | 14.85 | 44071.5 | 14.51 | -1009.8 | -0.33 | -144.3 | -0.05 |
| 3 | Industri | 4264.5 | 1.40 | 6396.6 | 2.11 | 2132.1 | 0.70 | 304.6 | 0.10 |
| 4 | Perkebunan | 89139.7 | 29.36 | 118919 | 39.16 | 29778.93 | 9.81 | 4254.1 | 1.40 |
| 5 | Sawah | 63937.3 | 21.06 | 34456.6 | 11.35 | -29480.7 | -9.71 | -4211.5 | -1.39 |
| 6 | Hutan | 84520.5 | 27.83 | 80898.8 | 26.64 | -3621.78 | -1.19 | -517.4 | -0.17 |
| 7 | Tubuh Air | 3095.28 | 1.02 | 2558.34 | 0.84 | -536.94 | -0.18 | -76.7 | -0.03 |
| 8 | Awan | 2762.46 | 0.91 | 0 | 0.00 | -2762.46 | -0.91 | -394.6 | -0.13 |

KLASIFIKASI LAHAN BANDUNG



Gambar 3-5: Perubahan klasifikasi lahan di Bandung

PERUBAHAN LUAS LAHAN BANDUNG (2001 - 1994)



Gambar 3-6: Perubahan luas lahan Bandung

Pada lahan pemukiman mengalami pertambahan luas yang cukup besar (dari 10858,14 Ha menjadi 16364,79 Ha) atau 1,81% dari total lahan Bandung. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pertambahan jumlah penduduk termasuk infra strukturnya (jalan, perumahan, gedung-gedung). Pertambahan jumlah penduduk ini kemungkinan disebabkan oleh angka kelahiran bertambah sedangkan angka kematian berkurang, ditambah pula dengan urbanisasi karena krisis ekonomi yang meningkat. Pertambahan pemukiman ini terkonsentrasi di pusat kota (Bandung). Di Kota Bandung sendiri pemukiman sudah demikian padat kecuali di Kecamatan Rancasari dan Ujung Berung. Sedangkan di Kabupaten Bandung terpadat pemukimannya adalah di Cimahi, yang kemudian menjadi kota Cimahi. Pemukiman di Kabupaten Bandung lainnya tersebar di Banjaran, Lembang, Majalaya, dan Soreang.

Penambahan luasan lahan pada lahan industri menempati urutan kedua setelah pemukiman (dari 4264,47 Ha menjadi 6396,57 Ha) atau 0,7%. Hal ini sesuai dengan hukum alam bahwa semakin berkembang dan majunya suatu wilayah akan semakin banyak pula industri dan urbanisasi.

Industri di kota Bandung pada tahun 1994 adaJah di Pindad, IPTN, di daerah Babakan Ciparay, Andir, Batununggal, Cibeunying Kidul, dan Ujung Berung. Pada tahun 2001 industri pada masing-masing daerah industri terus bertambah, kemudian berkembang lagi industri-industri di Cicadas dan Arcamanik. Hal inilah yang menjadikan penambahan luas lahan industri.

Sedangkan lahan perkebunan mengalami penambahan luas yang paling tinggi yaitu dari 89.139,69 Ha menjadi 118.918,6 Ha (bertambah 19.778,93 Ha atau 9,81%). Pertambahan ini sebagian kemungkinan adanya perubahan dari lahan sawah yang berkurang cukup signifikan yaitu 29.480,67 Ha. Sebagian lagi bisa berasal dari adanya pengurangan lahan Hutan. Lahan perkebunan di Kabupaten Bandung tersebar di wilayah Pengalengan (Kebun Teh), Ciwidey (Kebun Teh), Gununghalu (Kebun Teh dan Karet), Cipatat (Kebun Coklat), Cipeundeuy (Kebun Karet), Cikalong Wetan (Kebun Teh), Cilengkrang (Kebun Teh, Karet), dan Arjasari (Kebun Sereh).

Lahan sawah mengalami pengurangan yang besar sekali yaitu dari 63.937,26 Ha pada tahun 1994, menjadi 34.456,59 Ha pada tahun 2001, atau berkurang sebesar 29.480,67 Ha (9,71%). Pengurangan ini kemungkinan terkonversi menjadi area! perkebunan, pemukiman, atau industri. Lahan sawah di Kabupaten Bandung tersebar di wilayah Pameungpeuk, Majalaya, Ciparay, Banjaran, Rancaekek, Cicalengka, Pasirjambu, Sindangkerta, dan Gununghalu.

Lahan terbuka di wilayah Bandung mengalami pengurangan sebesar 1.009,8 Ha (0,33%), dari 45.081,27 Ha pada tahun 1994 menjadi 44.071,47 Ha pada tahun 2001. Pengurangan ini kemungkinan karena adanya perubahan menjadi lahan pemukiman, perkebunan, maupun industri. Daerah lahan terbuka di Bandung tersebar di Cicalengka, Cimenyan, Ciparay, Cipatik, Cisarua, Ciwidey, Pameungpeuk, dan Pasirjambu

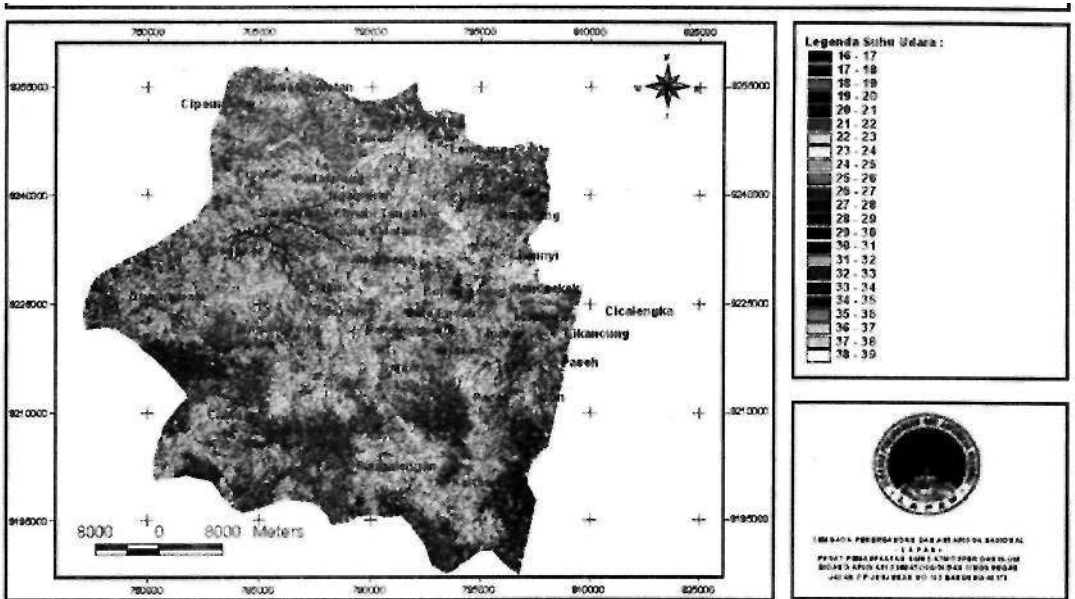
Lahan yang mengalami pengurangan luas terbesar di Bandung adalah lahan hutan yaitu berkurang seluas 3.621,78 Ha (1,19%). Pengurangan ini kemungkinan adanya perubahan menjadi perkebunan atau pemukiman. Hutan lebat di daerah Bandung sebagian besar tersebar di pinggir-pinggir batas wilayah Kabupaten Bandung, yaitu Pengalengan, Ciwidey, Gununghalu, Lembang, Kertasari, dan Pacet.

Tubuh air sebagian besar terdapat di waduk Saguling, yang lainnya adalah di sungal, dan lahan berair lainnya. Lahan berair ini pada tahun 2001 mengalami jumlah luasan yang berkurang sebesar 537 Ha (0,18%) yang menempati urutan terkecil setelah lahan terbuka.

Suhu udara di Kabupaten dan Kota Bandung ditunjukkan pada Gambar 3-7 dan 3-8. Hasil analisis perubahan suhu ditunjukkan pada Tabel 3-3 serta Gambar 3-9 dan 3-10.

PETA SUHU UDARA DAERAH BANDUNG TAHUN 1994

Sumber : Data Landsat Tahun 1994

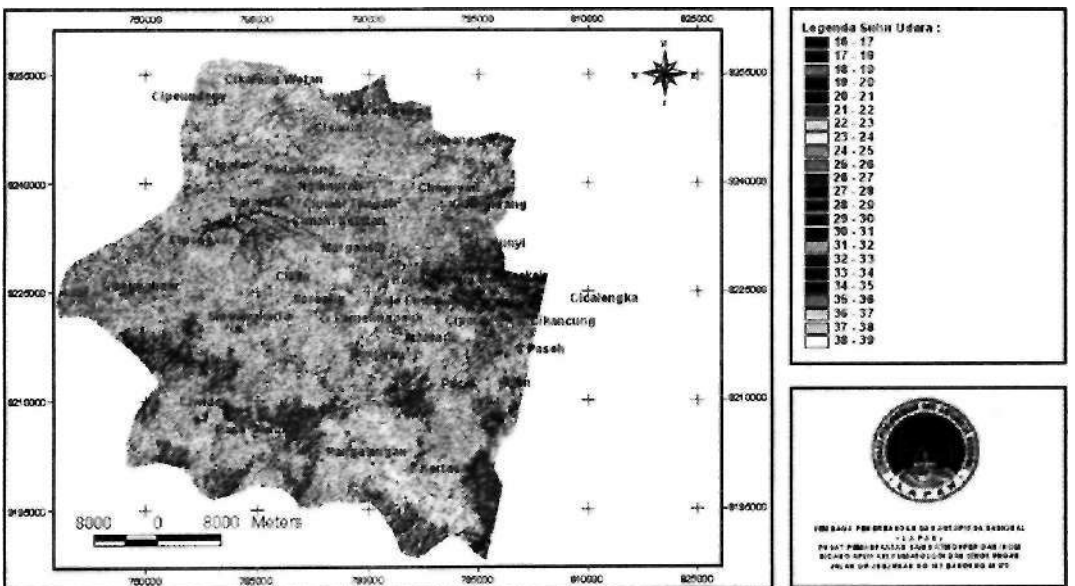


Sumber : Data Landsat tahun 1994

Gambar 3-7: Peta sebaran suhu udara di Bandung tahun 1994

PETA SUHU UDARA DAERAH BANDUNG TAHUN 2001

Sumber : Data Landsat Tahun 2001

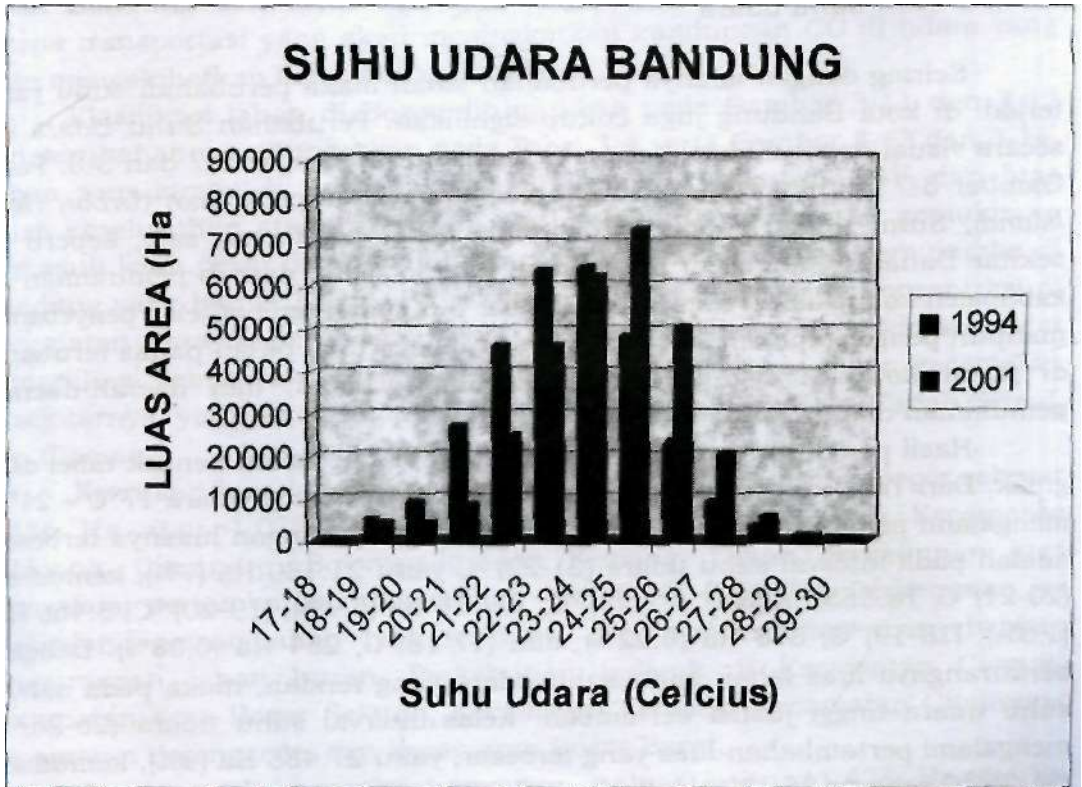


Sumber : Data Landsat tahun 2001

Gambar 3-8: Peta sebaran suhu udara di Bandung tahun 2001

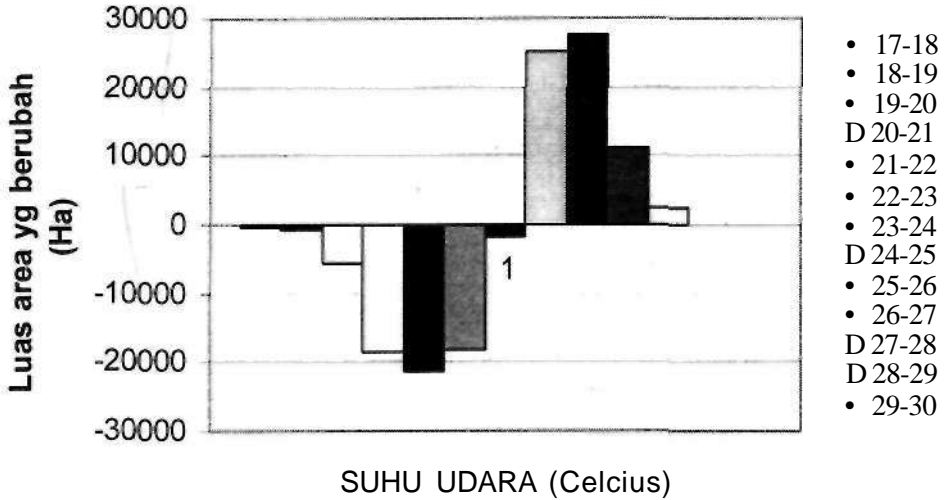
Tabel 3-3: PERUBAHAN SUHU UDARA DI BANDUNG

| No. | Kelas Suhu | Luas Kelas Suhu 1994 | | Luas Kelas Suhu 2001 | | Perub. Luas Suhu (2001-1994) | | Perub. Luas Suhu Per tahun | |
|-----|------------|----------------------|-------|----------------------|-------|------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| | | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) |
| | C | | | | | | | | |
| 1 | 16-17 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 17-18 | 253.53 | 0.08 | 0 | 0.00 | -253.53 | -0.08 | -36.22 | -0.01 |
| 3 | 18-19 | 4942.8 | 1.63 | 4283 | 1.41 | -659.79 | -0.22 | -94.26 | -0.03 |
| 4 | 19-20 | 9470.07 | 3.12 | 4004 | 1.32 | -5466.06 | -1.80 | -780.87 | -0.26 |
| 5 | 20-21 | 26851.1 | 8.84 | 8496.1 | 2.80 | -18354.96 | -6.04 | -2622.14 | -0.86 |
| 6 | 21-22 | 45878.1 | 15.10 | 24698 | 8.13 | -21179.7 | -6.96 | -3025.67 | -0.99 |
| 7 | 22-23 | 63885.5 | 21.02 | 45909 | 15.12 | -17976.69 | -5.90 | -2568.10 | -0.84 |
| 8 | 23-24 | 64213.2 | 21.13 | 62637 | 20.63 | -1576.26 | -0.50 | -225.18 | -0.07 |
| 9 | 24-25 | 48399.8 | 15.93 | 73529 | 24.21 | 25129.08 | 8.29 | 3589.87 | 1.18 |
| 10 | 25-26 | 23086.9 | 7.60 | 50572 | 16.65 | 27485.19 | 9.06 | 3926.46 | 1.29 |
| 11 | 26-27 | 9424.89 | 3.10 | 20473 | 6.74 | 11047.68 | 3.64 | 1578.24 | 0.52 |
| 12 | 27-28 | 3384.27 | 1.11 | 5819.2 | 1.92 | 2434.95 | 0.80 | 347.85 | 0.11 |
| 13 | 28-29 | 1388.43 | 0.46 | 1399.5 | 0.46 | 11.07 | 0.00 | 1.58 | 0.00 |
| 14 | 29-30 | 525.24 | 0.17 | 435.24 | 0.14 | -90 | -0.03 | -12.86 | 0.00 |



Gambar 3-9: Grafik luas area di Bandung dengan beberapa rentang suhu udara

PERUBAHAN SUHU UDARA BANDUNG (2001 -1994)



Gambar 3-10:Perubahan luas area di Bandung dengan beberapa rentang suhu udara

Seiring dengan adanya perubahan lahan maka perubahan suhu yang terjadi di kota Bandung juga cukup signifikan. Perubahan Suhu Udara ini secara visual dapat dilihat dari perbedaan antara Gambar 3-7 dan 3-8. Pada Gambar 3-7 belum begitu terlihat ada pulau panas perkotaan (*Urban Heat Island*). Suhu tinggi hanya terlihat pada beberapa daerah saja, seperti di sekitar Danau Saguling, di pusat kota, dan sebagian daerah pemukiman di kabupaten-kabupaten. Tetapi pada Gambar 3-8 sudah terlihat jelas penyebaran maupun pengelompokan suhu tinggi yang menyerupai pulau panas terutama di pusat kota, di sekitar Danau Saguling, Cimahi, dan daerah-daerah pemukiman di kabupaten-kabupaten.

Hasil penghitungan luasan suhu ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Dari Tabel 3-3 dan Gambar 3-9 terlihat bahwa suhu udara 17°C - 24°C mengalami pengurangan luas, dengan urutan pengurangan luasnya terbesar adalah pada interval suhu udara (21-22) °C yaitu 21.180 Ha (7%), kemudian (20-21)°C, 18.355 Ha (6%); (22-23) °C, 17.976 Ha (5,9%); (19-20) °C, 5.466 Ha (1,8%); (18-19)°C, 670 Ha (0,22%); dan (17-18)°C, 254 Ha (0,08%). Dengan berkurangnya luas lahan suhu-suhu udara yang rendah, maka pada suhu-suhu udara tinggi justru bertambah. Kelas interval suhu udara (25-26)°C mengalami pertambahan luas yang terbesar, yaitu 27.485 Ha (9%), kemudian (24-25)°C sebesar 25.129 Ha (8,3%); (26-27)°C, 11.048 Ha (3,64%); (27-28)°C, 2.435 Ha (0,8%); dan (28-29)°C , 22 Ha.

Suhu-suhu udara rendah yang mengalami penurunan luas ini (17-24) °C terletak pada lokasi-lokasi tubuh air (rawa atau genangan air, Waduk), kemudian di luar wilayah komadya Bandung terutama di puncak-puncak gunung, di pinggiran sungai atau waduk. Sedangkan suhu-suhu udara tinggi yang mengalami kenaikan luas (24-29)°C terletak pada lokasi-lokasi sebagian besar di pusat kota, industri, di pinggiran kota Bandung. Hal inilah yang disebut sebagai fenomena *heat island* (pulau panas), yang jelas terlihat seperti sekumpulan suhu panas di pusat kota, kemudian menurun suhunya ke daerah sub urban, pedesaan, lalu pegunungan dan hutan.

Berkurangnya suhu udara pada interval suhu yang rendah yaitu antara (17-24)°C. Hal ini kemungkinan karena berkurangnya luas lahan bervegetasi dan berair. Karena lahan bervegetasi atau berair akan mempengaruhi suhu udara di sekitarnya yaitu dengan suhu yang cenderung rendah, karena terlindung dari pancaran sinar matahari langsung maupun karena banyak oksigen yang dihasilkan selama proses fotosintesa tumbuhan. Sebaliknya bertambahnya suhu-suhu udara tinggi (24-29) °C mencerminkan bahwa telah terjadi pergeseran penggunaan lahan yang dahulunya banyak vegetasi menjadi lahan pemukiman atau industri (terbukti dengan adanya kenaikan luas lahan pada lahan-lahan ini seperti pada bahasan perubahan lahan Bandung di atas). Kemungkinan juga dengan adanya peningkatan sarana transportasi yang akan meningkatkan kandungan CO di udara yang akan mengakibatkan kenaikan suhu udara.

Klasifikasi lahan di Bogor ditunjukkan pada Gambar 3-11 dan 3-12 dan perubahannya ditunjukkan pada Tabel 3-4 serta Gambar 3-13 dan 3-14. Lahan pemukiman di Bogor mengalami kenaikan sebesar 4,74% dari luas lahan keseluruhan atau 13.935 Ha. Pertambahan lahan untuk pemukiman termasuk lebih pesat jika dibandingkan dengan pertambahan pemukiman di Bandung yang hanya 1,81%. Pemukiman di wilayah Bogor terkonsentrasi di Kecamatan Kota Bogor Tengah yaitu di Baranangsiang. Pemukiman padat mengelilingi kebun raya Bogor, kemudian tersebar ke kecamatan-kecamatan di sekitarnya, yaitu ke Kecamatan Kota Bogor Utara, Sukaraja, Tanah Sereal, dan Ciomas.

Kenaikan luas lahan terjadi juga pada lahan industri di Bogor sebesar 3.136 Ha atau 1,07%. Daerah perindustrian Bogor ada di Kecamatan Cibinong, Citeureup, Bojonggede, dan Kemang. Lahan perkebunan juga mengalami pertambahan luas sekitar 49.519 Ha (16,85%). Perkebunan ini mengalami pertambahan luas terbesar, dan kemungkinan menyebabkan pengurangan lahan hutan. Perkebunan terletak di Kecamatan Ciomas, Kecamatan Kota Bogor Selatan, Kecamatan Kemang, Kecamatan Citeureup, Kecamatan Bojonggede, dan Kecamatan Bogor Barat.

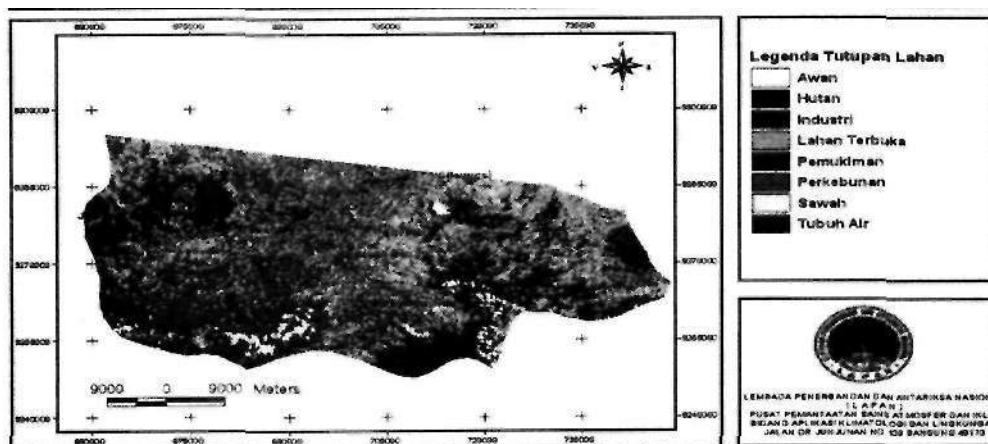
Areal sawah mengalami penurunan luas yaitu 11.428 Ha (3,9%). Pengurangan lahan sawah ini kemungkinan terkonversi menjadi pemukiman, industri, atau perkebunan. Lahan sawah meliputi daerah Kecamatan

Kemang, Ciomas, Sukaraja, dan Citeurup. Lahan terbuka mengalami penurunan sebesar 8.626 Ha (3%). Pengurangan luas lahan terbuka di Bogor merupakan ketiga setelah hutan dan sawah. Berkurangnya lahan terbuka ini terjadi di daerah Cibinong, Sukaraja, dan Citeureup.

Lahan hutan di Bogor termasuk lahan yang mengalami pengurangan luas terbesar yaitu sebesar 41.522 Ha (14,13%). Berkurangnya luas ini kemungkinan karena menjadi areal perkebunan, lahan terbuka, bisa jadi pemukiman atau industri. Lahan tubuh air terletak di sungai-sungai, lahan tergenang, dan lahan berair lainnya. Tubuh air di Bogor menurut hasil klasifikasi tidaklah begitu luas yaitu sekitar 183 Ha, dan tidak mengalami perubahan yang berarti.

PETA TUTUPAN LAHAN DAERAH BOGOR TAHUN 1994

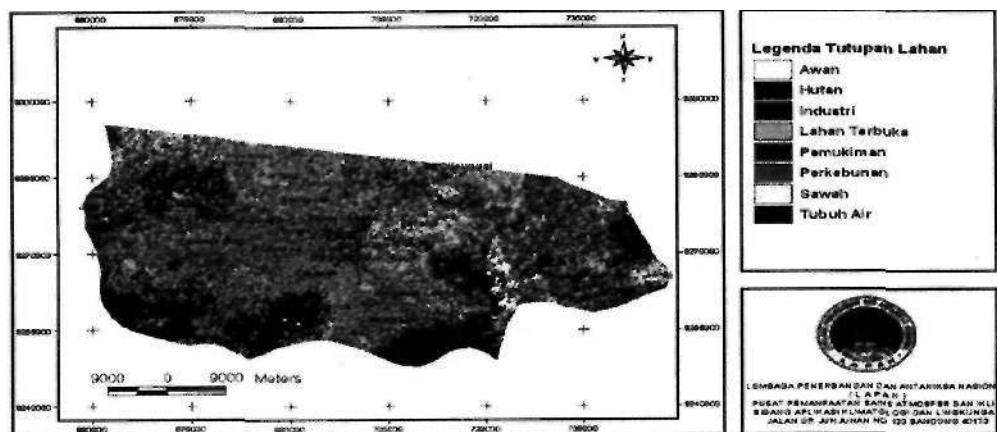
Sumber : Data Landsat Tahun 1994



Gambar 3-11: Klasifikasi lahan di Bandung tahun 1994

PETA TUTUPAN LAHAN DAERAH BOGOR TAHUN 2001

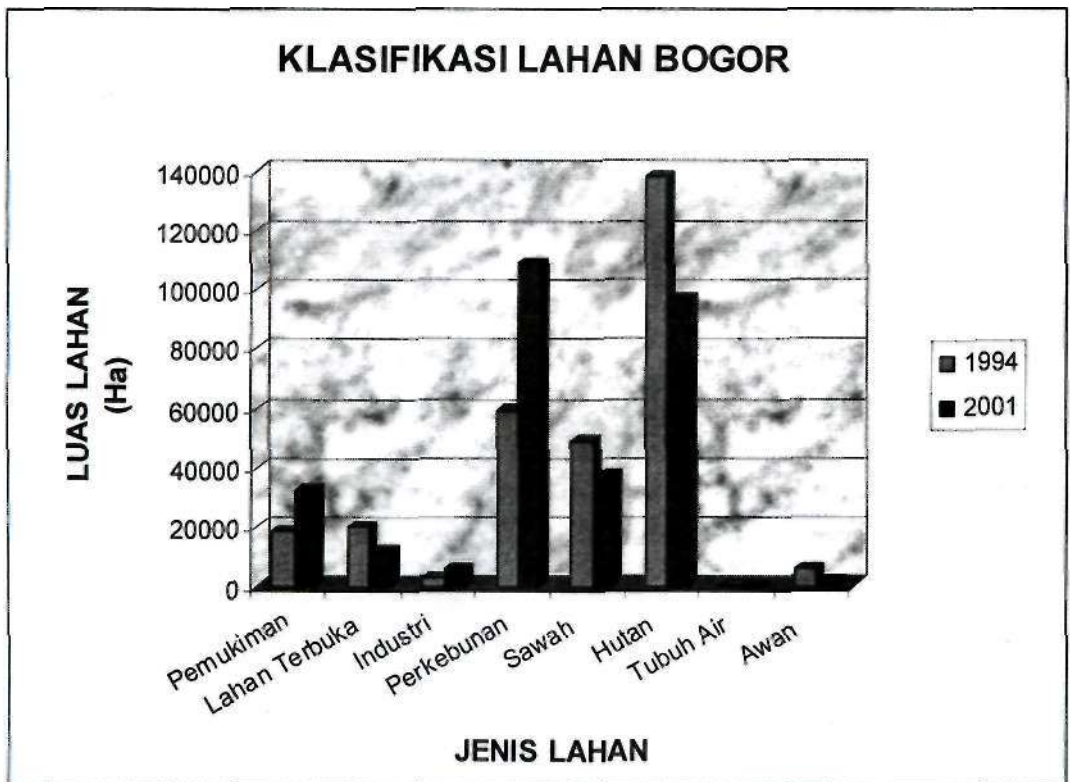
Sumber : Data Landsat Tahun 2001



Gambar 3-12: Klasifikasi lahan di Bandung tahun 2001

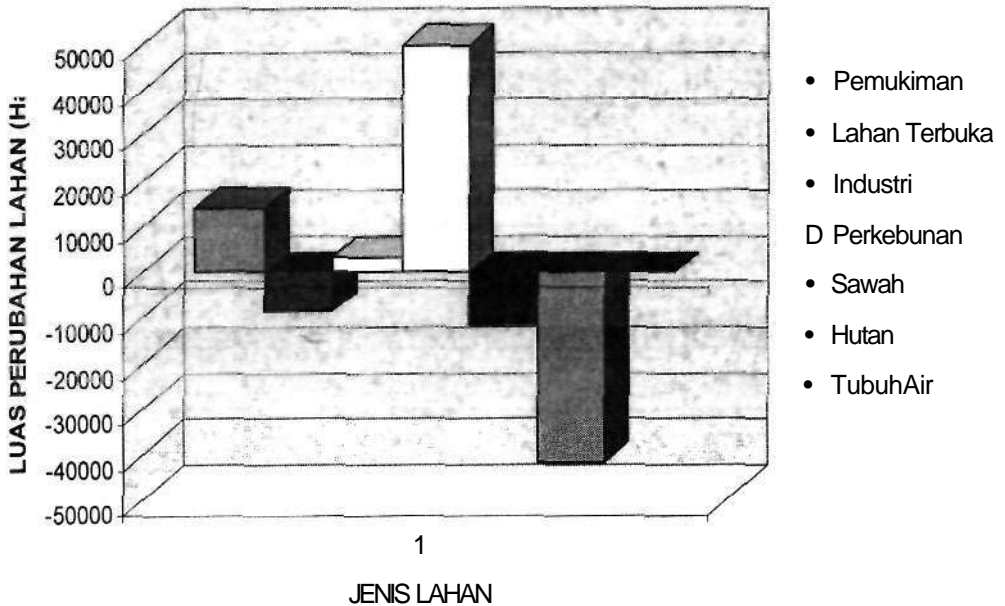
Tabel 3-4: PERUBAHAN LAHAN DI BOGOR

| No. | Jenis Lahan | Luas Lahan 1994 | | Luas Lahan 2001 | | Perub. Lahan (2001-1994) | | Perub. Lahan Per Tahun | |
|-----|-------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------------------|--------|------------------------|-------|
| | | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) |
| 1. | Pemukiman | 18535.6 | 6.31 | 32471.0 | 11.03 | 13935.4 | 4.74 | 1990.8 | 0.68 |
| 2. | Lhn Terbuka | 20383.9 | 6.94 | 11758.0 | 3.99 | -8626.0 | -2.94 | -1232.3 | -0.42 |
| 3. | Industri | 2595.4 | 0.88 | 5732.3 | 1.95 | 3136.9 | 1.07 | 448.1 | 0.15 |
| 4. | Perkebunan | 59391.2 | 20.21 | 108910.0 | 36.98 | 49518.8 | 16.85 | 7074.1 | 2.41 |
| 5. | Sawah | 48993.6 | 16.67 | 37565.8 | 12.76 | -11428.0 | -3.89 | -1632.5 | -0.56 |
| 6. | Hutan | 137904.8 | 46.93 | 96382.8 | 32.73 | -41522 | -14.13 | -5931.7 | -2.02 |
| 7. | Tubuh Air | 182.6 | 0.06 | 183.2 | 0.06 | 0.54 | 0.00 | 0.08 | 0.00 |
| 8. | Awan | 5892.8 | 2.01 | 1471.2 | 0.50 | -4421.6 | -1.50 | -631.7 | -0.21 |



Gambar 3-13: Klasifikasi lahan di Bogor

PERUBAHAN LUAS LAHAN BOGOR



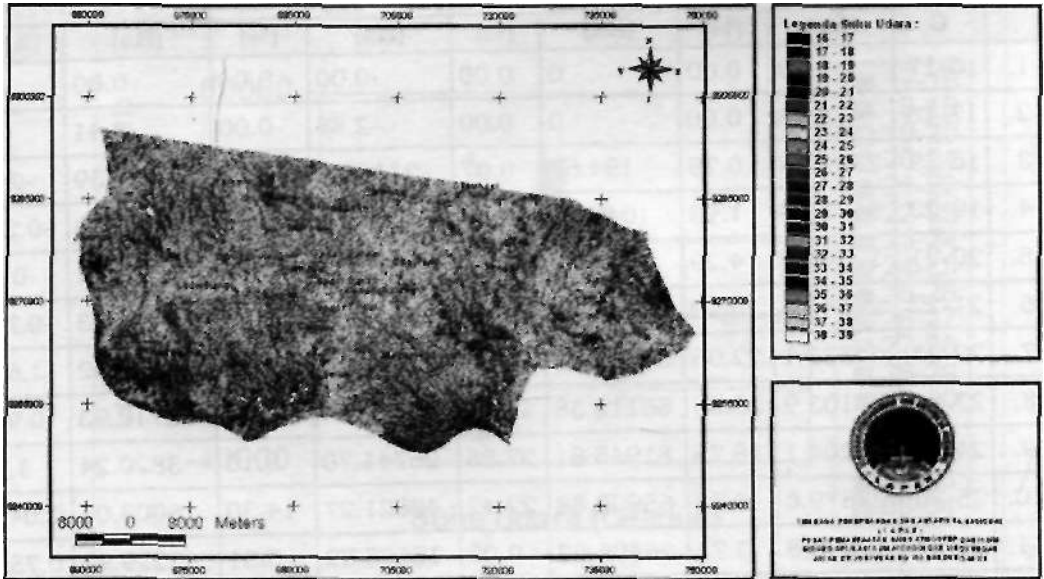
Gambar 3-14: Perubahan luas lahan di Bogor

Peta suhu udara di Bogor ditunjukkan pada Gambar 3-15 dan 3-16 dan perubahannya ditunjukkan pada Tabel 3-5. serta Gambar 3-17 dan 3-18. Pada Gambar 3-15 mencerminkan keadaan Bogor tahun 1994, terlihat bahwa suhu panas (24-29)^oC yang ditandai dengan gradasi warna merah masih sedikit, sedangkan pada Gambar 3-16 sudah semakin melebar dan membentuk pulau-pulau panas. Sebaliknya suhu rendah (17-24)^oC cenderung berkurang luasannya. Suhu tinggi kalau ditumpangkan dengan klasifikasi lahan pada Gambar 3-11 ada di atas lahan pemukiman, industri, lahan terbuka, dan sebagian lagi di sawah. Sedangkan suhu rendah terletak di atas perkebunan, hutan, sawah, sungai, dan lahan berair lainnya.

Secara statistik dan perhitungan luas suhu lebih jelas perubahannya dan bisa dinyatakan dalam angka. Suhu tinggi (24-29)^oC yang terbesar pertambahan luasnya dari tahun 1994 sampai 2001 adalah pada interval suhu (25-26)^oC yaitu 42.021 Ha (14,3%) dari luas keseluruhan, kemudian (24-25)^oC sebesar 26.742 Ha (9,1%), selanjutnya suhu (26-27)^oC 15.606 Ha (5,31%), dan (27-28)^oC 2.530 Ha (0,86%). Sedangkan suhu rendah (17-24)^oC cenderung berkurang luasnya, dengan urutan pengurangan luas terbesar terjadi pada interval suhu (22-23)^oC sebesar 33.611 Ha (11,44%), kemudian (23-24)^oC seluas 18.991 Ha (6,46%), (21-22)^oC seluas 16.264 Ha (5,53%), (20-21)^oC seluas 8.273 Ha (2,82%), dan (18-19)^oC seluas 2.117 Ha (0,72%).

PETA SUHU UDARA DAERAH BOGOR TAHUN 1994

Sumber : Data Landsat Tahun 1994

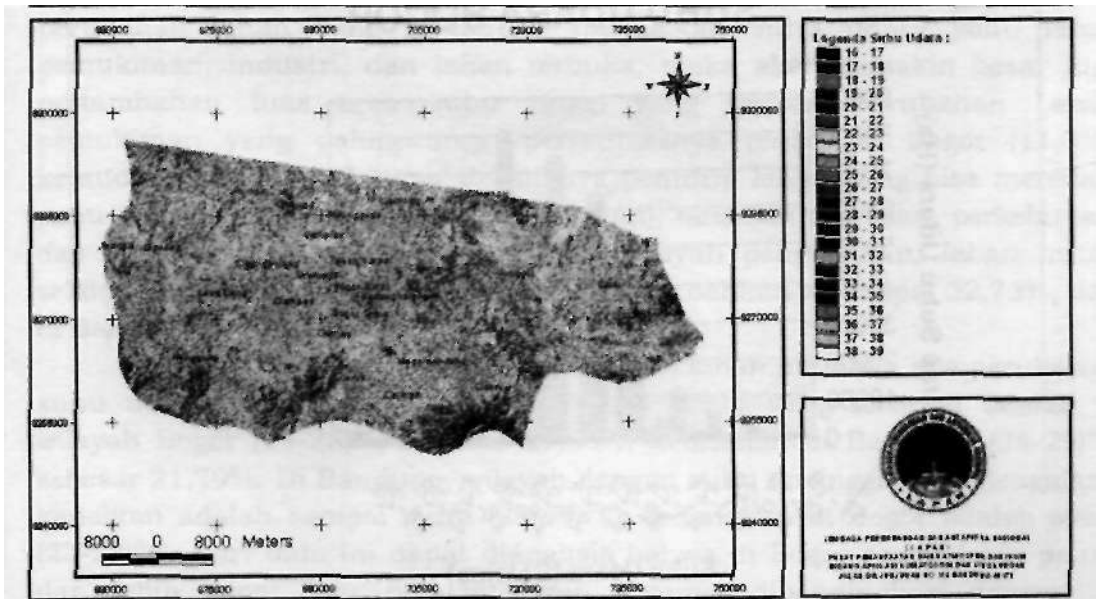


Sumber : Data Landsat Tahun 1994

Gambar 3-15: Peta sebaran suhu udara di Bogor tahun 1994

PETA SUHU UDARA DAERAH BOGOR TAHUN 2001

Sumber : Data Landsat Tahun 2001

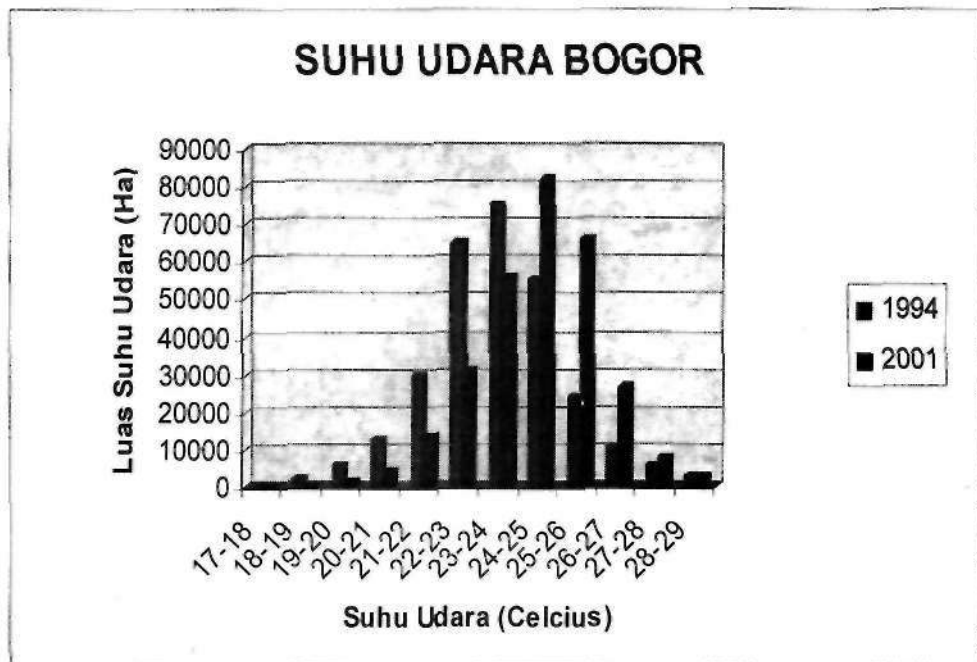


Sumber : Data Landsat Tahun 2001

Gambar 3-16: Peta sebaran suhu udara di Bogor tahun 2001

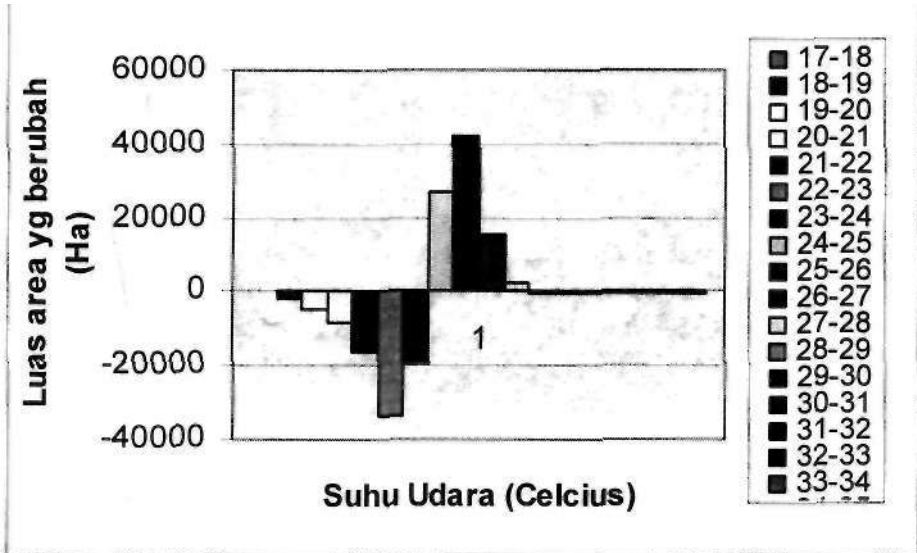
Tabel 3-5: PERUBAHAN SUHU DI BOGOR

| No. | Kelas Suhu | Luas Kelas Suhu 1994 | | Luas Kelas Suhu 2001 | | Perub. Luas Suhu (2001-1994) | | Perub Luas Suhu Per tahun | |
|-----|------------|----------------------|-------|----------------------|-------|------------------------------|--------|---------------------------|-------|
| | C | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) | (Ha) | (%) |
| 1. | 16-17 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| 2. | 17-18 | 2.88 | 0.00 | 0 | 0.00 | -2.88 | 0.00 | -0.41 | -0 |
| 3. | 18-19 | 2311.38 | 0.79 | 194.67 | 0.07 | -2116.71 | -0.72 | -302.39 | -0.1 |
| 4. | 19-20 | 5677.29 | 1.93 | 1046.79 | 0.36 | -4630.50 | -1.58 | -661.50 | -0.23 |
| 5. | 20-21 | 12594.2 | 4.29 | 4320.9 | 1.47 | -8273.34 | -2.82 | -1181.91 | -0.4 |
| 6. | 21-22 | 29646.8 | 10.09 | 13382.82 | 4.55 | -16263.99 | -5.53 | -2323.43 | -0.79 |
| 7. | 22-23 | 64833.1 | 22.06 | 31221.81 | 10.62 | -33611.31 | -11.44 | -4801.62 | -1.63 |
| 8. | 23-24 | 75103.9 | 25.56 | 56113.38 | 19.09 | -18990.54 | -6.46 | -2712.93 | -0.92 |
| 9. | 24-25 | 55204.1 | 18.78 | 81945.81 | 27.88 | 26741.70 | 9.10 | 3820.24 | 1.3 |
| 10. | 25-26 | 23879.6 | 8.13 | 65900.88 | 22.42 | 42021.27 | 14.30 | 6003.04 | 2.042 |
| 11. | 26-27 | 10890.8 | 3.71 | 26496.63 | 9.02 | 15605.82 | 5.31 | 2229.40 | 0.758 |
| 12. | 27-28 | 5427.09 | 1.85 | 7957.26 | 2.71 | 2530.17 | 0.86 | 361.45 | 0.123 |
| 13. | 28-29 | 2963.97 | 1.01 | 2802.06 | 0.95 | -161.91 | -0.06 | -23.13 | -0.01 |
| 14. | 29-30 | 1360.62 | 0.46 | 1079.37 | 0.37 | -281.25 | -0.10 | -40.18 | -0.01 |



Gambar 3-17: Suhu udara di Bogor

PERUBAHAN SUHU UDARA BOGOR (2001-1994)



Gambar 3-18:Perubahan suhu udara di Bogor

3.2 Hubungan Perubahan Tata Guna dan Penutup Lahan dengan Perubahan Suhu Udara.

Dari bahasan mengenai perubahan lahan dan perubahan suhu udara di Bandung dan Bogor, terlihat adanya keterkaitan. Makin banyak perubahan lahan yang cenderung menaikkan suhu udara yaitu lahan pemukiman, industri, dan lahan terbuka, maka akan semakin besar juga pertambahan luas area suhu tinggi yang terjadi. Perubahan Lahan pemukiman yang paling tinggi persentasenya terjadi di Bogor (11,3%), kemudian Bandung (5,39%). Sebaliknya penutup lahan yang bisa meredam suhu seperti lahan bervegetasi tinggi (hutan), tanaman semusim, perkebunan, dan tubuh air justru berkurang. Dari wilayah pengamatan, lahan hutan selalu mengalami pengurangan luas, di Bogor bahkan mencapai 32,73%, dan di Bandung 26,64%.

Seiring dengan perubahan peruntukan lahan ini maka ada perubahan suhu udara yang terjadi. Kenaikan suhu udara yang terbesar adalah di wilayah Bogor (24-28)^oC sebesar 29,56%, kemudian di Bandung (24-29)^oC sebesar 21,79%. Di Bandung, wilayah dengan suhu tertinggi yang mengalami kenaikan adalah sampai suhu (28-29)^oC, sedangkan di Bogor adalah suhu (27-28) ^oC. Dari data ini dapat dianalisis bahwa di Bogor relatif lebih panas dan lebih cepat laju perkembangan kotanya dibandingkan dengan di Bandung.

Hubungan perubahan penutup lahan terhadap perubahan suhu dapat diformulasikan sebagai berikut (Saryono, 1989, di dalam Adiningsih et. al., 2001).

$$\Delta Q = m C \Delta T \text{ dan } C = \rho c \dots\dots\dots (3-1)$$

Keterangan:

- ΔQ = Jumlah energi yang diterima atau dilepaskan (Joule)
- ΔT = Selisih Suhu ($^{\circ}C$)
- m = massa (kg)
- C = Kapasitas panas = Jumlah energi yang diperlukan untuk memanaskan atau mendinginkan suatu volume benda sekian derajat ($J m^{-3}$).
- c = Kapasitas panas jenis (J/Kg)
- ρ = Massa jenis (Kg/m^3)

Hubungan perubahan penutup lahan terhadap perubahan suhu dapat diformulasikan sebagai berikut (Saryono, 1989, di dalam Adiningsih et. al., 2001).

$$AQ = mC AT \text{ dan } C = dc \dots\dots\dots(3-1)$$

Keterangan:

- AQ = Jumlah energi yang diterima atau dilepaskan (Joule)
- AT = Selisih Suhu ($^{\circ}C$)
- m = massa (kg)
- C = Kapasitas panas = Jumlah energi yang diperlukan untuk memanaskan atau mendinginkan suatu volume benda sekian derajat ($J nr^3$).
- c = Kapasitas panas jenis (J/Kg)
- ρ = Massajenis (Kg/m^3)

Dari persamaan 3-6 tersebut dapat dikatakan bahwa jika setiap

| BENDA | MASSA JENIS | KAPASITAS PANAS JENIS C (KAL/G) | KAPASITAS PANAS C (KAL/CM) | KONDUKTIVITAS THERMAL C (KAL CM/S - C) |
|-------------------|-------------|---------------------------------|----------------------------|--|
| Panas, kering | 1.6 | 0.22 | 0.35 | 0.002 |
| Pasir agak lembab | 1.7 | 0.26 | 0.44 | 0.004 |
| Pasir lembab | 1.9 | 0.34 | 0.63 | 0.0052 |
| Pasir basah | - | - | 0.7 | - |
| Liat berpasir | - | - | 0.59 | 0 |
| Tanah organic | - | - | 0.57 | - |
| Batu granit | 2.6 | 0.2 | 0.52 | - |
| Tanah rawa | 0.9 | 0.8 | 0.7 | - |
| Beton | 2.3 | 0.21 | 0.48 | 0.011 |
| Air tenang | 1 | 1 | 1 | 0.0015 |
| Udara tenang | 0.0012 | 0.24 | 3.10^{-4} | 6.10^{-5} |

Sumber : Saryono, 1989 dalam Adiningsih E.S., 2001

Tabel 3-6 juga menunjukkan bahwa kapasitas panas air paling besar, dan suhu yang dihasilkan rendah karena konduktivitas termalnya rendah (0,0015). Sebaliknya bahan beton mempunyai kapasitas panas kecil, sehingga cepat menjadi panas. Bahan beton dapat mewakili jenis penutup lahan pemukiman dan industri.

4 KESIMPULAN

Pada wilayah pengamatan di Bandung dan Bogor, terlihat adanya perubahan lahan pada lahan yang cenderung akan menaikkan suhu, diantaranya adalah lahan pemukiman, industri, lahan terbuka yang semakin luas. Makin banyak perubahan lahan yang cenderung menaikkan suhu udara, yaitu lahan pemukiman, industri, dan lahan terbuka, maka akan semakin besar juga pertambahan luas suhu tinggi yang terjadi. Perubahan lahan pemukiman yang paling tinggi persentasenya terjadi di Bogor (11,3%), sedangkan Bandung (5,39%). Sebaliknya penutup lahan yang bisa meredam suhu seperti lahan bervegetasi tinggi (hutan), tanaman semusim, perkebunan dan tubuh air justru berkurang. Dari kedua wilayah pengamatan diketahui lahan hutan selalu mengalami pengurangan luas, di Bogor bahkan mencapai 32,73%, sedangkan di Bandung 26,64%.

Seiring dengan perubahan peruntukan lahan ini maka ada perubahan suhu udara yang terjadi. Kenaikan luas area terbesar yang terkait suhu udara di wilayah Bogor adalah area dengan suhu (24-28)°C dengan kenaikan sebesar 29,56%, sedangkan di Bandung adalah area dengan suhu (24-29)°C dengan kenaikan 21,79%. Area dengan suhu tertinggi di Bandung yang mengalami kenaikan adalah area dengan rentang suhu (28-29)°C, sedangkan di Bogor adalah pada rentang suhu (27-28)°C. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa di Bogor relatif lebih panas dan lebih cepat laju perkembangan kotanya dibandingkan dengan di Bandung.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Kepala Pusat Data Inderaja & Kepala Bidang Penyajian Data, Dr. Ir. Erna Sri Adiningsih, M.Si. di LAPAN Pekayon yang telah memberikan data satelit dan banyak memberikan saran. Kepala Pusfatsatklm dan Kepala Bidang Aplikasi Klimatologi dan Lingkungan yang telah memberi pengarahan. Juga kepada rekan-rekan yang masuk dalam tim penelitian baik yang ada di LAPAN Bandung, LAPAN Pekayon, IPB, maupun Biotrop.

DAFTAR RUJUKAN

Adiningsih, E.S., D. Widyasari, dan I. Santosa, 1994. *Studi Pulau Panas di Jakarta dan sekitarnya dengan menggunakan data satelit*, Majalah LAPAN No. 68: 18-37.

- Adiningsih, E.S., S.H. Soenarmo, S. Mujiasih, 2001. *Kajian Perubahan Distribusi Spasial Suhu Udara Akibat Perubahan Penutup Lahan*, Warta LAPAN Vol. 3, No. 1, Januari-Maret 2001. 29-44
- Bekele G. 2002, *Assessing Urban Heat Island in Morgantown, WV Using Landsat Thermal A Infrared Imagery*, [http://www.geo.wvu.edu/geog655/spring 2002/01/project.htm](http://www.geo.wvu.edu/geog655/spring%202002/01/project.htm).
- Budhiman, S., 2001. *Pengenalan ER Mapper Ver, 5.5.*, Manual untuk praktikum umum Diklat Penginderaan Jauh Tingkat Dasar Trampil Angkatan I, Pare-pare
- Weng, Q-, 2001. *A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China*, Int. J. Remote Sensing, Vol. 22, No. 10 1999-2014
- Yang J., and Y.Q. Wang, *Estimation of Land Surface Temperature using Landsat-7 ETM + Thermal Infrared and Weather Station Data*, dari website [http: www.ltrs.uri.edu/research/LST page/paper4.doc](http://www.ltrs.uri.edu/research/LST_page/paper4.doc)