

PENDUGAAN NILAI EKONOMI POHON DALAM MENGHEMAT ENERGI LISTRIK PADA PERUMAHAN

Noril Milantara^{1*}, Bambang Sulistyantara²⁾, Aris Munandar²⁾

¹ Fakultas Kehutanan, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Padang

² Program Studi Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

* Corresponding Author: milantara@gmail.com,

Abstract : Residential areas tend to have warmer temperatures than the vegetated areas. Trees around the building are able to cool down the ambient temperature, reduce the electric demand from air conditioning use, and help reduce the emissions of fossil fuel power plants in the atmosphere. The purpose of this study was to calculate the economic value of trees benefits in electrical energy use within residential area, to analyze the value of carbon storage in trees, and to predict the ten-year economic benefit. The research was conducted using spatial approach through CITYgreen®. The result showed that classical residential has 8,5% trees canopy over 39,25 Ha of total analysis. The total economic value gained in one area was 43.6 million rupiah, or Rp.76,918/house (2.3%). New residential has 6% canopy over 71.97 Ha, and provide total savings of 90 million rupiah, or Rp.29,571/house (0.88%). Predictions for the next ten years showed the expansion of the canopy. Canopy in classical residential expanded to 8.67% but the economic benefits were reduced to 36 million rupiah or Rp.63,610/house (1.9%). Meanwhile, canopy in new residential reach 7% with the benefits gained increased to 106 million rupiah, or Rp.35,076/house (1.05%). The economic benefits provided by trees are depended on its distance, location, and the size of the canopy.

Keywords: landscape analysis, residential landscape, energy conservation, economic value, CITYgreen®

Abstract: Kawasan terbanguncenderung memiliki suhu yang lebih panas dibandingkan daerah bervegetasi. Pepohonan disekitar bangunan dapat mendinginkan suhu sekitar yang mengurangi permintaan energi listrik dari penggunaan pendingin udara, serta dapat menghindari terciptanya emisi di atmosfer dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan menghitung nilai ekonomi manfaat pepohonan yang terdapat di sekitar rumah dari penggunaan energi listrik, dan memprediksi manfaat sepuluh tahun yang akan datang. Metode penelitian menggunakan pendekatan spasial dengan software CITYgreen®. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas analisis pada perumahan lama 39,26 Ha dengan kanopi pohon 8,50%. Nilai ekonomi yang diterima pada satu kawasan mencapai 43,6 juta rupiah, atau Rp.76.918/rumah (2,3%). Perumahan baru dengan kanopi 6% dari luas 71,97 Ha luas analisis terjadi penghematan 90 juta rupiah, atau Rp.29.571/rumah (0,88%). Prediksi sepuluh tahun mendatang menunjukkan pertambahan luas kanopi. Perumahan lama luas kanopi menjadi 8,67% namun manfaat ekonomi berkurang menjadi Rp.63.610/rumah (1,9%) atau 36 juta rupiah untuk satu kawasan. Kanopi pada perumahan baru menjadi 7% dengan manfaat yang diterima oleh satu rumah meningkat menjadi Rp.35.076 (1,05%), dan manfaat yang diterima oleh satu kawasan perumahan baru sebesar 106 juta rupiah. Nilai manfaat ekonomi yang diberikan oleh pepohonan dipengaruhi oleh jarak pohon, posisi pohon, dan luas kanopi.

Keywords: analisis lanskap, lanskap perumahan, konservasi energi, nilai ekonomi, CITYgreen®

A. PENDAHULUAN

Pembangunan perumahan merupakan penggunaan lahan tunggal terbesar di kota manapun serta dengan tingkat kebutuhan yang terus meningkat sangat pesat. Selain berdampak pada penurunan ruang terbuka hijau, perumahan meningkatkan permintaan energi listrik terutama dalam proses penggunaan (tahap hunian). BPS (2009) menempatkan sektor perumahan pada peringkat pertama

pemanfaat energi listrik di Indonesia, dengan pertumbuhan rata-rata mencapai 7,26% per tahun. Konversi lahan untuk perumahan berdampak pada penurunan ruang terbuka hijau. Berkurangnya luas ruang terbuka hijau disertai dengan penggunaan energi yang tinggi untuk kegiatan domestik, hingga transportasi menjadi pemicu penurunan kualitas lingkungan suatu kota berupa meningkatnya suhu udara di kawasan perkotaan atau yang dikenal dengan istilah *urban heat island* (UHI).

Untuk menghindari terciptanya UHI dari kawasan perumahan dapat dilakukan melalui dua strategi. Strategi pertama dengan menggunakan permukaan (atap) yang berwarna lebih terang (atau beralbedo tinggi). Namun pendekatan ini memiliki dua kelemahan, yaitu: 1) efektif pada perumahan dengan rasio permukaan yang lebih besar dibandingkan volume bangunan (Akbariet al. 1997); 2) meningkatkan radiasi ultraviolet yang memiliki pengaruh buruk bagi kesehatan manusia (Heisler dan Grant 2000 dalam Solecki et al. 2005). Strategi kedua adalah dengan penanaman pohon pada area terbangun. Menambahkan vegetasi atau dengan menggabungkan vegetasi pada atap dapat mengurangi efek UHI, mengurangi penggunaan energi, dan meningkatkan kualitas udara.

Lanskap desain memberikan pengaruh penggunaan energi untuk menghangatkan dan mendinginkan bangunan. Saat iklim mikro berada dalam kondisi yang sama dengan kondisi dalam bangunan yang diinginkan, maka hampir tidak dibutuhkan energi. Dari empat faktor utama yang mempengaruhi penggunaan energi dalam bangunan, suhu dan kelembaban tidak memberikan pengaruh yang signifikan, namun radiasi dan angin dapat dimodifikasi melalui lanskap (Brown dan Gillespie 1995). Pepohonan dan vegetasi merupakan salah satu penyekat radiasi surya terbaik. Pepohonan dapat mengontrol radiasi surya yang tidak diinginkan melalui menyerap, memantulkan, memancarkan, dan meneruskan (ASLA Foundation 1977).

Pepohonan dan vegetasi memodifikasi iklim mikro dan penggunaan energi dalam bangunan melalui: 1) naungan yang mengurangi jumlah energi radiasi yang diserap dan disimpan oleh permukaan terbangun (Carpenter et al. 1975), 2) evapotranspirasi yang mengubah air dalam tanaman menjadi uap dan menyejukkan udara sekitar, 3) mengurangi kecepatan angin yang dapat mengurangi masuknya udara dari luar (Simpson 1998, 2002; McPherson et al. 1994).

Manfaat berupa jasa lingkungan yang disediakan oleh pepohonan (lahan bervegetasi) seringkali diabaikan karena bersifat abstrakserta belum ada alat yang mampu menerjemahkan manfaat jasa lingkungan kedalam nilai fiskal (ekonomi). CITYgreen[®] merupakan salah satu tool berbasis spasial yang mampu menunjukkan manfaat yang lebih akurat dan penilaian yang komprehensif dari manfaat yang mampu diberikan oleh pepohonan dan vegetasi di perkotaan. CITYgreen[®] telah berhasil meningkatkan nilai hutan kota dan kerugian secara ekonomi apabila hutan kota tersebut hilang (Longcore et al. 2004). CITYgreen[®] mampu memprediksi dengan akurat penghematan energi listrik pada kawasan pemukiman lama dengan lahan bervegetasi yang lebih luas (Carver et al. 2004). CITYgreen[®] digunakan untuk menilai manfaat ekologi di beberapa kota di China, simpanankarbon di kota Nanjing yaitu sebesar 730 kt dengan rosot karbon 5,8 kt per tahun (Peng et al. 2008), dan memberikan manfaat ekonomi senilai US\$16.318 per tahun dalam membuang polutan dari udarapada hutan kota Shenyang (He et al. 2003 dalam Jim dan Chen 2009).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung nilai ekonomi dari manfaat pepohonan yang terdapat pada perumahan. Secara spesifik penelitian ini dilakukan untuk: (1) Analisis nilai ekonomi pepohonan dalam penggunaan energi listrik, (2) Prediksi nilai ekonomi manfaat pepohonan sepuluh tahun yang akan datang.

B. METODE PENELITIAN

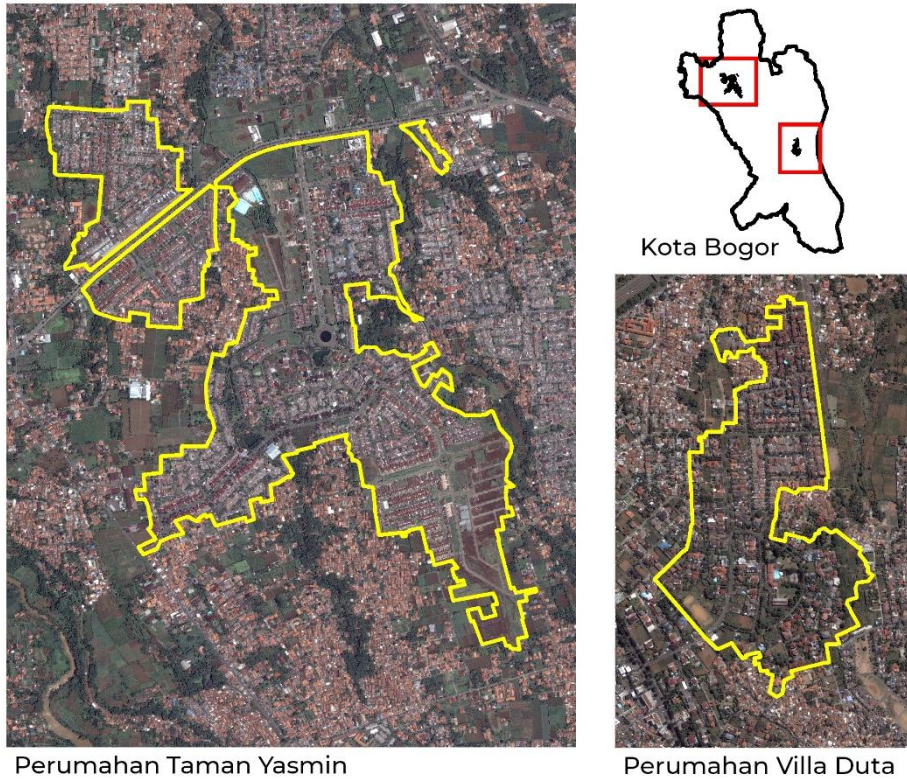
1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Kota Bogor pada dua perumahan, yaitu Perumahan Villa Duta yang mewakili perumahan lama dan Perumahan Taman Yasmin mewakili perumahan baru. Pemilihan kedua perumahan ini berdasarkan pada pertimbangan umur perumahan dan rentang waktu antara kedua perumahan tersebut dibangun. Perumahan lama merupakan salah satu pelopor pembangunan

perumahan perumahan di Kota Bogor yang dibangun pada tahun 1980, sedangkan perumahan baru mulai dibangun pada tahun 1992.

2. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra satelit SPOT 5, dan peta kawasan perumahan. Alat yang digunakan adalah seperangkat komputer, perangkat lunak ArcView 3.3, CITYgreen® extension 5.4, ArcPad, Microsoft Office Excel 2003, dan kamera digital.



Gambar 1 Lokasi penelitian di perumahan lama dan perumahan baru Kota Bogor.

3. Pengumpulan Data

Penelitian ini berbasis sistem informasi geografis (SIG), sehingga data yang digunakan secara umum terdiri atas dua, data spasial yaitu data keruangan yang bersumber dari citra satelit SPOT 5, dan data atribut yang berisi informasi bagi data spasial (Tabel 1). CITYgreen® mengelompokkan data (spasial dan atribut) kedalam dua yaitu data kanopi berisi data pohon, dan data non kanopi yang merupakan blok/bentuk rumah. Untuk memudahkan analisis, data spasial dan atribut kedalam kelompok rumah. Pengumpulan data pada perumahan lama dilakukan secara sensus (100%), sedangkan pada perumahan baru dilakukan melalui stratified sampling dengan pengumpulan data sebanyak 50% dari luas perumahan.

Tabel 1 Jenis, sumber, dan kegunaan data atribut dalam penelitian

No.	Jenis Data	Klass	Kriteria	Sumber
1.	Spesies ^{1,2}	-	-	Survei lapang
2.	Diameter setinggi dada ^{1,2}	-	-	Survei lapang
3.	Kanopi pohon ^{1,2}	-	-	Analisis satelit dan Survei lapang
4.	Tinggi pohon ^{1,2}	1	< 6,00 m	Survei lapang
		2	6,00 – 13,5 m	
		3	> 13,5 m	
5.	Kondisi kesehatan ^{1,2}	5	Bagus	Survei lapang
		4	Sedang	
		3	Buruk	
		2	Sangat Buruk	

	1	Rekomendasi Buang	
6. Kondisi pertumbuhan ²	3	Bagus	Survei lapang
	2	Sedang	
	1	Buruk	
7. Biaya pendingin udara tahunan ^{1*}	-	-	Survei lapang (wawancara)
8. Bentuk dan orientasi rumah	-	-	Analisis satelit dan Survei lapang

Keterangan Kegunaan Data:

¹ Data untuk analisis konservasi energi.

² Data untuk model pertumbuhan pohon.

* Perhitungan biaya pendingin udara tahunan (*annual cooling cost* = ACC) per rumah dilakukan dengan rumus sebagai berikut.

$$ACC = \frac{\text{pemakaian (jam)} \times \text{daya (kW)} \times 365 \text{ hari} \times \text{jumlah AC} \times \text{TDL (Rp.)}}{\text{nilai tukar Rupiah terhadap Dollar}}$$

4. Analisis

4.1 Analisis Konservasi Energi dari Pepohonan

Analisis konservasi energi CITYgreen[®] dikembangkan oleh Jill Mahon (American Forest), dari penelitian Dr. Greg McPherson (USDA Forest Service). Pohon-pohon dalam CITYgreen[®] memiliki *energy rating*, dengan nilai 0 (tanpa penghematan) hingga 5 (penghematan maksimum). Nilai *energy rating* pepohonan ditentukan berdasarkan parameter: (1) jarak dari bangunan, (2) orientasi relatif dari bangunan, (3) kemampuan menaungi jendela dan/atau *airconditioner*.

Persentase penghematan yang dihasilkan dari tiap pohon sekitar rumah dikalikan dengan biaya tahunan untuk pendinginan udara. CITYgreen[®] menambahkan semua hasil untuk menilai penghematan per rumah, kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai manfaat per site.

4.2 Model Pertumbuhan Pohon

Pemodelan terjadi pada diameter batang, tinggi pohon, dan kanopi pohon berdasarkan jenis dan tahun pertumbuhan yang berasal dari data atribut. Pertambahan tinggi ditentukan melalui pengalihan tahun pertumbuhan dengan tingkat pertumbuhan tinggi. Pertumbuhan diameter merupakan hasil penambahan diameter saat ini dengan pengalihan dari tahun pertumbuhan dikali tingkat pertumbuhan diameter.

Tabel 2 Faktor pertumbuhan diameter dan tinggi pohon

Tingkat Pertumbuhan Pohon	Diameter Batang (Inci/Tahun)	Tinggi (Inci/Tahun)
Pohon pertumbuhan rendah	0,10	1,00
Pohon pertumbuhan sedang	0,25	1,50
Pohon pertumbuhan tinggi	0,50	3,00

5. Batasan Penelitian

Batasan penelitian: 1) naungan pohon hanya mampu mempengaruhi penghematan energi pada rumah berlantai satu dan dua; 2) pohon dengan jarak lebih dari 10 meter dari bangunan dan/atau tinggi kurang dari 6 meter tidak mempengaruhi penghematan energi dalam bangunan (McPherson dan Simpson 1999; American Forest 2002); 3) Nilai ACC didapat dengan pendugaan karena tidak mendapatkan ijin dari pengelola perumahan maupun dari tiap RW/RT. Sehingga nilai ACC didapat dengan pendekatan asumsi. Asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut: (a) pemakaian AC per rumah selama 12 jam per hari, (b) per unit AC memiliki ½ PK atau sekitar 430 watt, (c) rata-rata jumlah unit AC per rumah adalah 2, (d) rata-rata per rumah termasuk pada golongan R2 dengan TDL = Rp.890kWh, dan (e) nilai \$1 setara dengan Rp.10.000. Sehingga didapat nilai rata-rata ACC sebesar \$335; 4) TDL memiliki nilai yang sama saat pengambilan data dan prediksi; 5) penelitian ini hanya melihat lanskap perumahan dan mengabaikan model/desain bangunan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Hasil penelitian ini disajikan dalam Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5. Masing-masing tabel berisi informasi tentang kondisi eksisting dengan nilai prediksi pada kedua perumahan.

Tabel 3 Statistik masing-masing perumahan

Statistik Perumahan	Perumahan lama		Perumahan Baru	
	Kondisi Eksisting	Prediksi 10 thn	Kondisi Eksisting	Prediksi 10 thn
Luas lahan analisis (Ha)	39,26	39,26	71,96	71,96
Total jumlah pohon	1.699	1.524	2.148	2.065
Total jumlah rumah	567	567	1571	1.571
Luas kanopi (%)	8,50	8,67	6,00	7,00
Jumlah pohon/rumah	3,00	2,69	1,37	1,31
Jumlah pohon/Ha	43,28	38,82	57,87	56,63
Densitas Rumah (per Ha)	14,44	14,44	42,32	42,32

Tabel 4 Penghematan energi dari keberadaan pohon

Statistik Energi	Perumahan Lama				Perumahan Baru			
	Kondisi Eksisting		Prediksi 10 thn		Kondisi Eksisting		Prediksi 10 thn	
	Rupiah	kWh	Rupiah	kWh	Rupiah	kWh	Rupiah	kWh
Rata-rata per pohon	25.654	32	23.666	29	21.428	26	26.685	33
Rata-rata per rumah	76.916	100	63.610	77	29.571	37	35.076	43
Rata-rata per Ha	1.110.835	1.37	918.660	1.109	1.251.506	1.545	1.484.502	1.829
Keseluruhan	43.611.400	53.792	36.066.600	43.552	90.052.109	111.175	106.817.313	131.616
Persentase per rumah	2,30 %		1,90 %		0,88 %		1,05 %	

2 Pembahasan

a) Statistik pada Kedua Perumahan

Pepohonan di kedua perumahan ditanam pada pekarangan rumah serta pada lahan umum seperti di pinggir/median jalan dan pada taman-taman yang disediakan oleh perumahan. Luas kanopi pada perumahan lama adalah 8,50% dengan pepohonan yang memiliki diameter batang diatas 20 cm serta tajuk yang lebar. Jenis pohon yang umum ditemui di sepanjang jalan diantaranya Flamboyan (*Delonix regia*), Asoka (*Saracaindica*), Pohon Asam (*Tamarindus indica*), Ki Hujan (*Samanea saman*), Kerai payung (*Filicium decipiens*), Glodokan bulat (*Polyalthia fragrans*). Di sejumlah pekarangan dijumpai pohon buah seperti Mangga (*Mangifera indica*), jenis yang memiliki nilai arsitektural seperti Cemara. Perumahan baru berisi pohon-pohon kecil dengan luas kanopi hanya 6,00%. Jenis dominan pada jalan perumahan adalah Glodokan tiang (*Polyalthia longifolia*), dan Pinus merkusi (*Pinusmerkusi*). Sementara di pekarangan rumah dan taman di jumpai pohon Mangga (*M.indica*), Jambu (*Psidium guajava*), Palembang hingga Kelapa.



Gambar 2 Pepohonan yang di tanam di jalan-jalan perumahan lama (foto a dan b), perumahan baru (foto c dan d).

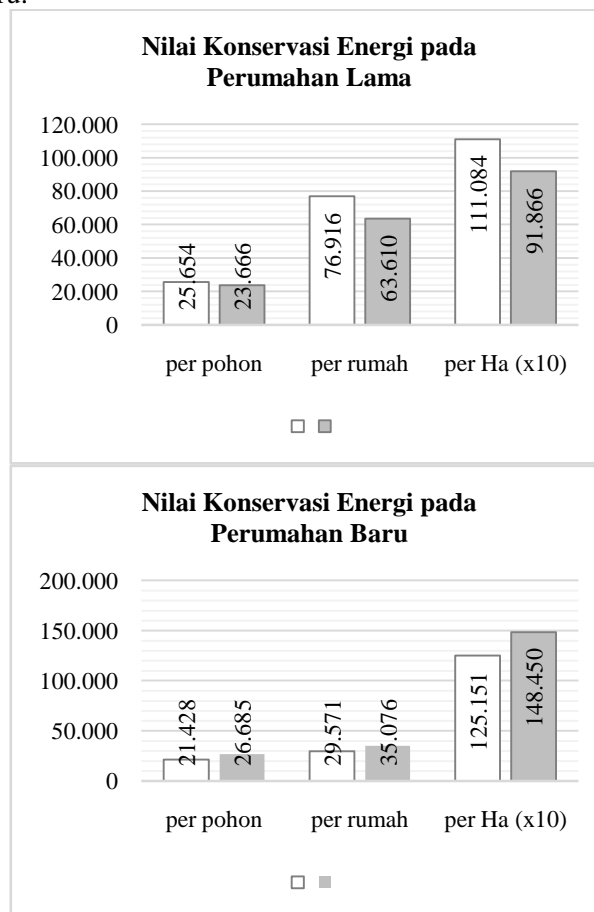
Hasil prediksi pada Tabel 3 menunjukkan hilangnya sejumlah pohon, serta bertambahnya luas kanopi pada kedua perumahan. Pemodelan CITYgreen[®] berdasarkan data atribut yang diinput (Tabel 1). Pohon-pohon yang hilang dalam pemodelan diduga tidak mampu bertahan berdasarkan logika CITYgreen[®]. Namun demikian terjadi penambahan luas kanopi, walaupun tidak signifikan. Perumahan baru didominasi oleh pohon muda mengalami penambahan lebih luas kanopi sebesar 1% menjadi 7%, sedangkan perumahan lama penambahan hanya 0,17% dari 8,50% menjadi 8,67%. Kesehatan pohon menjadi salah satu parameter penting dalam pemodelan pertumbuhan,

kondisi pohon yang buruk atau telah mencapai kondisi klimaks bagi suatu species, tidak akan menghasilkan pertumbuhan yang tinggi dalam pemodelan (Nowaket *al.* 2002).

b) Nilai Konservasi Energi dari Naungan Pohon

Perumahan lama memberikan manfaat penghematan yang lebih besar persatuan unit pohon maupun per unit rumah. Perumahan lama memiliki pepohonan yang lebih dewasa dengan kanopi yang lebih luas. Perumahan lama memiliki pohon dewasa dengan ukuran besar serta kanopi yang terbentuk sempurna memberikan manfaat pada penghematan energi yang lebih baik (Boulder Water Conservation 2002). Secara statistik persatuan unit rumah pada perumahan lama terdapat 3 (tiga) pohon yang menaungi satu rumah hal ini berbeda dengan perumahan baru yang hanya memiliki rata-rata satu pohon per unit rumah. Makin besar keteduhan yang diberikan, maka makin besar penghematan konsumsi energi listrik untuk penggunaan pendingin udara dalam rumah (American Forest 2002a).

Penghematan pada skala kawasan menunjukkan nilai lebih besar pada perumahan baru, baik rata-rata per hektar maupun satu kawasan perumahan yang mana dipengaruhi oleh densitas rumah persatuan luas dan luas total kawasan. Densitas rumah pada perumahan baru lebih rapat (42 rumah/hektar) dibandingkan dengan perumahan lama (14 rumah/ha). Pengembangan perumahan baru seluas 72 ha atau hampir dua kali lipat dibandingkan dengan perumahan lama (39 ha), serta jumlah rumah yang hampir 3 (tiga) kali lipat, berdampak pada lebih besar penghematan energi listrik di perumahan baru.



Gambar 2 Perbandingan nilai penghematan energi listrik dari pepohonan pada kondisi eksisting dan prediksi 10 tahun mendatang, di perumahan lama dan perumahan baru.

Walaupun dalam prediksi terjadi penambahan luas kanopi pada kedua perumahan, namun memberikan dampak yang berbeda. Prediksi penghematan energi listrik pada perumahan baru menunjukkan bertambahnya nilai manfaat per rumah, sebaliknya pada perumahan lama malah

terjadi penurunan. Model konservasi energi tidak selalu bergantung pada luas kanopi, namun dari nilai *energy rating* pohon yang merupakan kombinasi dari jarak pohon terhadap bangunan, orientasi relatif dari bangunan, dan kemampuan pohon untuk menaungi jendela dan pendingin udara (American Forest 2002a). Secara umum, pepohonan yang berada pada bagian barat bangunan memberikan manfaat yang lebih untuk mengurangi penggunaan energi pada sistem pendingin udara (Donovan dan Butry 2009; McPherson 1998, 1999; Nowak 1993, 1994). Prediksi dari pemodelan dapat menyebabkan hilangnya pohon-pohon yang memiliki *energy rating* yang tinggi sehingga memberikan berdampak pada penurunan penghematan yang diberikan oleh pepohonan.

D. PENUTUP

1. Kesimpulan

Pepohonan memiliki kemampuan dalam pembentukan iklim mikro, yang berpengaruh dalam pemanfaatan energi dalam bangunan rumah. Setiap pohon memiliki *energy rating* yang mempengaruhi manfaat yang diterima oleh bangunan rumah. Pepohonan di perumahan lama memberi penghematan sebesar 2,30% dan menjadi 1,90% pada prediksi, sedangkan pada perumahan baru penghematan terjadi sebesar 0,88% untuk kondisi eksisting dan mengalami peningkatan menjadi 1,05% pada prediksi.

2. Saran

Dalam pengembangan perumahan diperlukan masterplan yang dapat mempertimbangkan penataan lanskap terutama pada pemilihan jenis dan posisi pohon terhadap bangunan, kemudian dilakukan simulasi. Nilai ekonomi manfaat pepohonan dapat ditingkatkan dengan penanaman pada ruang kosong di sekitar rumah.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Akbari H, Kurn DM, Bretz SE, Hanford JW. 1997. Peak Power and Cooling Energy Savings of Shade Trees. *Energy Buildings* 25: 139-148.
- American Forest. 2002. CITYgreen 5.0: Manual. Washington DC: American Forests.
- [ASLA Foundation] American Society of Landscape Architects Foundation. 1977. Landscape Planning For Energy Conservation. Virginia: Environmental Design Pr.
- Boulder Water Conservation. 2002. Calculating the Value of Boulder's Urban Forest. Boulder: Boulder Water Conservation Office.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2009. Statistik Listrik PLN 2004-2008. Jakarta: BPS.
- Brown RD, Gillespie TJ. 1995. Microclimatic Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency. New York: J Willey.
- Carpenter PL, Walker TD, Lanphear FO. 1975. Plant in the Landscape. San Fransisco: W.H. Freeman.
- Carver AD, Unger DR, Parks CL. 2004. Modeling Energy Savings from Urban Shade Trees: An Assessment of the CITYgreen Energy Conservation Module. *J Enviro Manage* 34 (5): 650 – 655.
- Donovan GH, Butry DT. 2009. The Value of Shade: Estimating The Effect of Urban Trees on Summertime Electricity Use. *Energy Buildings* 41: 662-668.
- Jim CY, Chen WY. 2009. Ecosystem Services and Valuation of Urban Forests in China. *Cities* 26 (2009): 187–194.
- Laurie M. 1990. Pengantar Kepada Arsitektur Pertamanan. Bandung: Intermedia
- Lorenzo AB, Wtson J, Wims D, Muchovej JJ. 2004. A Refereed Paper: Organizing Plant Materials in Residential Landscapes Using CITYgreen®. Florida: Proc. Fla. State Hort. Soc. 117: 291 – 296.
- Longcore T, Li C, Wilson JP. 2004. Applicability of CITYgreen Urban Ecosystem Analysis Software to A Densely Built Urban Neighborhood. *Urban Geography*, 2004, 25, 2, pp. 173–186.
- McPherson EG, Simpson JR. 1999. Carbon Dioxide Rreduction Through Urban Forestry: Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters. California: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

- McPherson EG. 1993. Energy Conservation Potential of Urban Tree Planting. *J Arbor* 19(6): 321-331.
- McPherson EG. 1994. Using Urban Forests for Energy Efficiency and Carbon Storage. *J For* 92: 36-45.
- Nowak DJ 1994. Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Chicago's Urban Forest. Di dalam: McPherson EG, Nowak DJ, Rowntree RA, editor. *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Result of the Chicago Urban Forest Climate Project*. Pennsylvania: USDA, Forest Service: 83 – 94.
- Nowak DJ, Stevens JC, Sisinni SM, Luley CJ. 2002. Effects of Urban Tree Management and Species Selection on Atmospheric Carbon Dioxide. *J Arbor* 28 (3): 113-122.
- Nowak DJ. 1993. Atmospheric Carbon Reduction by Urban Trees. *J Environ Manage* 37: 207-217.
- Peng L, Chen S, Liu Y, Wang J. 2008. Application of CITYgreen Model in Benefit Assessment of Nanjing Urban Greenspace in Carbon Fixation and Run Off Reduction. *Front. For. China* 3 (2): 177–182
- Solecki WD, Rosenzweig C, Parshall L, Pope G, Clark M, Cox J, Wiencke M. 2005. Mitigation of the Heat Island Effect in Urban New Jersey. *Environ Hazards* 6: 39-49.