

Kaji Eksperimental Pengaruh Konsumsi Energi Listrik Pada Pengkondisi Udara Menggunakan R410A Sebagai Fluida Kerja Akibat Variasi *Setting* Suhu Ruangan

Muhamad Anda Falahuddin¹, Kasni Sumeru^{1*}

¹ Jurusan Teknik Refrigerasi & Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung
Korespondensi : sumeru@polban.ac.id

ABSTRAK

Pada bangunan untuk komersial maupun untuk hunian, konsumsi energi listrik terbesar adalah dari pengkondisi udara (AC). Persentase konsumsi energi listrik oleh AC di atas 50%, bahkan pada kondisi tertentu dapat mencapai 70%. Selain ditentukan oleh kinerja AC, kuantitas konsumsi energi listrik juga dipengaruhi oleh suhu di dalam ruangan. Semakin rendah *setting* suhu ruangan, semakin tinggi konsumsi energi listriknya. Sebaliknya, bila diinginkan konsumsi energi listrik berkurang, maka *setting* suhu ruangan juga harus dinaikkan. Namun kenaikan *setting* suhu ruangan ada batasnya, karena bila terlalu tinggi, kenyamanan termal yang diharapkan tidak tercapai. Penelitian ini dilakukan pada AC jenis *split* yang menggunakan R410A sebagai refrigeran dengan kapasitas kompresor sebesar 1 HP (0,75 kW). Pada penelitian ini, *setting* suhu ruangan diatur dari 20°C sampai 25°C dengan kenaikan setiap 1°C. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penurunan konsumsi energi listrik tiap kenaikan 1°C tidak sama. Sebagai contoh, penurunan konsumsi energi listrik hanya sebesar 3,8% bila *setting* suhu dinaikkan dari 20°C ke 21°C, sedangkan pada kenaikan *setting* suhu dari 21°C ke 22°C, penurunan konsumsi energi listrik adalah sebesar 13,5%. Penurunan konsumsi energi listrik terbesar adalah sebesar 18,1%, terjadi pada kenaikan *setting* suhu dari 23°C ke 24°C.

Kata kunci: Suhu ruangan, AC *split*, konsumsi energi, penghematan energi, R410A

ABSTRACT

The largest electricity energy consumption in the residential and commercial buildings is from the air conditioning system (A/C). The percentage of the energy consumption is above 50%, even in certain conditions it may reach about 70%. Besides being determined by the A/C performance, the quantity of electricity energy consumption is also affected by the indoor temperature setting in. The lower the indoor temperature setting, the higher the electricity energy consumption. Conversely, for reducing electricity energy consumption, the setting of indoor temperature has to be increased. However, there is a limit to increase the indoor temperature setting, because if it too high, the thermal comfort is not achieved. This research carried out experimental study on a split-type A/C using R410A as a working fluid and with a compressor capacity of 1 HP (0,75 kW). In this study, the indoor temperature setting was increased from 20°C to 25°C with an increase in 1°C. The results showed that the decrease in electricity energy consumption each 1°C was not the same. For example, the decrease in electricity energy consumption is only 3.8% if the indoor temperature was enhanced from 20°C to 21°C, whereas the increase in the indoor temperature setting from 21°C to 22°C, the decrease in electricity energy consumption was 13.5%. The highest reduction of electricity energy consumption was 18.1%, occurring when the increase in the setting of indoor temperature from 23°C to 24°C.

Keyword: Indoor temperature, split A/C, energy consumption, energy saving, R410A

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya pengguna AC *split* adalah bangunan untuk perkantoran, komersial maupun hunian. Para pengguna ini umumnya tidak memperlmasalahakan biaya rekening listrik akibat konsumsi energi listrik oleh AC tersebut. Hal ini terlihat bahwa pada umumnya penghuni suatu gedung yang dikondisikan menginginkan temperatur yang rendah dibandingkan memikirkan biaya yang harus dibayarkan karena penggunaan energi listrik oleh AC. Setidaknya ada dua hal alasan mengapa penghuni tidak peduli dengan biaya konsumsi energi listrik oleh AC akibat *setting* suhu dalam ruangan, yaitu yang pertama adalah karena ketidaktahuan dan yang kedua adalah tidak peduli dengan pembayaran listrik yang dikonsumsi oleh AC. Pada penelitian ini akan melakukan kajian secara kuantitatif tentang penghematan konsumsi energi listrik oleh AC bila *setting* suhu dalam ruangan ditingkatkan.

Setting suhu dalam ruangan yang terlalu rendah akan berdampak pada besarnya energi listrik yang dikonsumsi oleh AC. Hal ini disebabkan karena AC akan berkerja lebih lama agar suhu dalam ruangan sesuai dengan *setting* suhu dalam ruangan yang diharapkan. Untuk suhu lingkungan yang sama, bila *setting* suhu dalam ruangan dinaikkan, maka durasi AC beroperasi akan berkurang. Berkurangnya waktu operasi inilah yang akan mengakibatkan turunnya konsumsi energi listrik. Oleh karena itu, secara teoritis dapat disimpulkan bahwa peningkatan *setting* suhu dalam ruangan akan menurunkan konsumsi energi listrik oleh AC. Namun seberapa besar penurunan konsumsi energi listrik akibat kenaikan *setting* suhu dalam ruangan tiap 1°C belum banyak literatur yang mengkajinya.

Pengkondisi udara yang digunakan untuk kenyamanan termal bagi penghuni, umumnya *setting* suhu dalam ruangan adalah dari 20°C ke 25°C. Kenyamanan termal oleh penghuni dipengaruhi beberapa faktor, adalah oleh kebiasaan orang tersebut dan jenis pakaian yang dikenakannya [1]. Orang yang telah terbiasa hidup di daerah panas, umumnya nyaman untuk *setting* suhu ruangan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan orang yang biasa hidup di daerah dingin. Orang yang mengenakan pakaian tebal akan merasa nyaman secara termal bila *setting* suhu lebih rendah daripada yang berpakaian normal. Bila *setting* suhu dalam ruangan adalah 20°C, maka AC akan berhenti beroperasi (kondisi “Off”) pada saat suhu ruangan sekitar 19°C, dan akan beroperasi lagi (kondisi “On”) bila suhu di dalam ruangan mencapai sekitar 21°C. Hal serupa terjadi pada *setting* suhu dalam ruangan lainnya, misal bila *setting* suhu dalam ruangan adalah 25°C maka AC akan dalam kondisi “Off” bila suhu ruangan telah mencapai 24°C dan akan beroperasi lagi bila suhu ruangan sebesar 26°C. Dapat dikatakan bahwa apabila *setting* suhu udara ruangan dinaikkan, maka akan mengurangi konsumsi energi listrik AC. Namun naiknya suhu ruangan memiliki batas tertentu, karena bila suhu terlalu tinggi, maka ruangan tidak nyaman lagi secara termal bagi penghuninya. Pada penelitian ini akan dilakukan kaji eksperimental tentang penghematan konsumsi energi listrik pada AC bila *setting* suhu dinaikkan dari 21°C ke 25°C, dengan peningkatan tiap 1°C. Peningkatan suhu ruangan dari 21°C ke 25°C tidak akan mengurangi kenyamanan termal ruangan bagi penghuninya. Penghematan konsumsi energi listrik oleh AC harus dilakukan, mengingat konsumsi energi listrik pada suatu bangunan yang terbesar berasal dari AC, yaitu sekitar 50%-70% [2].

Kajian tentang penurunan konsumsi energi listrik akibat peningkatan *setting* suhu dalam ruangan dilakukan oleh Eddy Erhan dan Sumeru [3], Yan *et al.* [4], Muñoz *et al.* [5] dan Ge *et al.* [6]. Kajian Eddy Erhan dan Sumeru [3] pada AC *split* berkapasitas 1 HP yang menggunakan R22 sebagai refrigeran melaporkan bahwa penurunan konsumsi energi listrik sebesar 14,0% dan 6,1% bila *setting* suhu udara ruangan dinaikkan dari 21°C ke 22°C dan dari 24°C ke 25°C. Mereka juga melaporkan bahwa penurunan total sebesar 32,1% bila *setting* suhu udara ruangan ditingkatkan dari 21°C ke 25°C.

Penelitian tentang penghematan konsumsi energi pada AC akibat perubahan *setting* suhu dalam ruangan dan perubahan RH (kelembaban relatif) telah dilakukan oleh beberapa ahli, antara lain oleh: Yan *et al.* [4] dan Muñoz *et al.* [5]. Hasil kajian kedua kelompok penelitian tersebut melaporkan hal yang serupa, yaitu penghematan konsumsi energi listrik akan lebih besar bila kenaikan *setting* suhu diikuti oleh peningkatan *setting* RH. Penelitian serupa dilakukan oleh Ge *et al.* [6]. Hasil penelitiannya melaporkan bahwa tiap peningkatan *setting* suhu sebesar 1°C, akan menyebabkan penghematan konsumsi energi antara 5,20 - 6,20% untuk kelembaban relatif yang sama. Persentase peningkatan konsumsi energi lebih tinggi bila RH di dalam ruangan juga ditingkatkan untuk *setting* suhu yang sama. Mereka melaporkan bahwa untuk peningkatan *setting* RH di dalam ruangan dari 40% sampai 70%, akan menyebabkan penghematan konsumsi energi antara 10% sampai 20%.

Penelitian ini akan melakukan pengujian pada AC *split* yang menggunakan R410A sebagai refrigeran. Refrigeran R410A adalah keluarga dari HFC (*hydrofluorocarbon*). Refrigeran ini diadakan untuk menggantikan R22. Salah satu kelebihan R410A terhadap R22 adalah bahwa R410A tidak memiliki sifat merusak lapisan ozon. Artinya, dibandingkan dengan R22, fluida kerja R410A lebih ramah lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada AC *split* yang memiliki kapasitas kompresor 1 HP dan menggunakan refrigeran R410A. Untuk mendapatkan data yang dapat diperbandingkan bila *setting* suhu dalam ruangan diubah-ubah, maka suhu udara luar (*outdoor*) harus dikondisikan konstan. Pada penelitian ini, suhu udara luar dijaga konstan, yaitu pada suhu 33°C. *Setting* suhu dalam ruangan diatur, yaitu dari 20°C sampai 25°C dengan kenaikan *setting* suhu tiap 1°C.

Setiap *setting* suhu dalam ruangan dilakukan pengujian selama 180 menit (3 jam). Setiap perubahan *setting* suhu dalam ruangan, kondisi udara di luar dan di dalam ruangan dijaga sama, yaitu pada kondisi sebelum dilakukan pengoperasian AC. Untuk mendapatkan konsumsi energi listrik selama 1 hari, AC dioperasikan selama 20 jam dan selama beroperasi tersebut dicatat penambahan nilai kWh meternya.

Secara umum, kenyamanan termal pada penghuni terlihat pada pada karta psikrometrik yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Pada Gambar 1 terlihat bahwa kenyamanan termal yang dirasakan manusia

adalah antara 22°C sampai 27°C dengan RH dari 40% sampai 60%. Namun saat ini, untuk beberapa kasus, batas bawah *setting* suhu dalam ruangan adalah 20°C. Sedangkan batas atas *setting* suhu pada penelitian ini adalah hanya 25°C, oleh karena saat ini, suhu di atas 25°C sudah tidak dirasa nyaman lagi. Oleh karena itu, pada penelitian ini *setting* suhu adalah dari 20°C sampai 25°C.

Untuk mendapatkan kuantitas konsumsi energi listrik yang telah dikonsumsi oleh AC maka besaran yang diukur pada penelitian ini adalah daya input (P) yang masuk ke dalam sistem. Pada penelitian ini, daya input tidak terukur langsung, tapi didapat dengan melakukan pengukuran tegangan (V) dan arus listrik (I) pada sistem. Dengan menggunakan persamaan (1) dapat dihitung daya input AC. Konsumsi energi listrik adalah perkalian antara daya input dengan waktu selama AC tersebut beroperasi. Konsumsi energi listrik dihitung dengan persamaan (2). Persentase penghematan konsumsi energi listrik yang terjadi akibat peningkatan *setting* suhu ruangan dihitung dengan persamaan (3).

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

$$E = P \cdot t \quad (2)$$

$$\eta = \frac{E_n - E_{n+1}}{E_n} \times 100\% \quad (3)$$

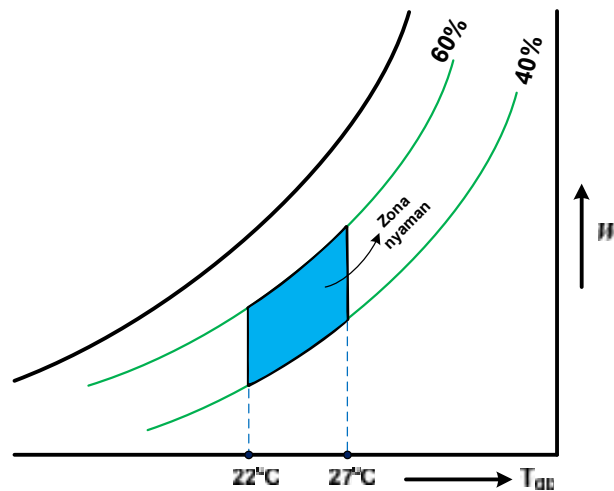
dimana,

E = Konsumsi energi listrik (kWh)

t = Waktu AC beroperasi (h)

E_T = Konsumsi energi listrik pada *setting* suhu ruangan $T^\circ\text{C}$

E_{T+1} = Konsumsi energi listrik pada *setting* suhu ruangan $(T+1)^\circ\text{C}$



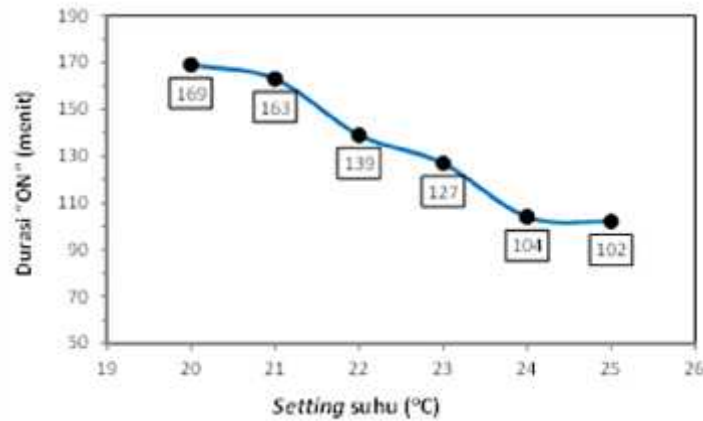
Gambar 1. Zona kenyamanan termal pada karta psikrometrik

3. HASIL DAN ANALISIS

Penurunan konsumsi energi listrik akibat peningkatan *setting* suhu ruangan disebabkan oleh menurunnya durasi AC dalam kondisi “On” (beroperasi). Pada Gambar 2 terlihat bahwa durasi AC dalam kondisi “On” cenderung menurun dengan meningkatnya *setting* suhu ruangan. Pada gambar terlihat bahwa pada *setting* suhu ruangan 20°C dan 21°C, durasi AC “On” adalah sebanyak 168 menit dan 163 menit selama 180 menit pengambilan data. Durasi AC beroperasi menjadi hanya 104 dan 102 menit pada saat pada *setting* suhu ruangan 24°C dan 25°C. Selama AC pada kondisi “On” dilakukan pengukuran arus dan tegangan listrik pada AC tersebut. Dengan menggunakan persamaan (1) akan didapat daya AC. Sedangkan konsumsi energi listrik AC selama beroperasi dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

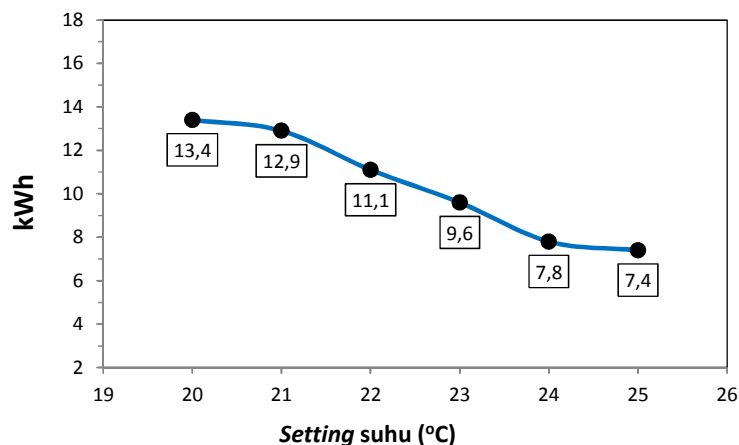
Penurunan durasi AC beroperasi akan mengakibatkan menurunnya pula konsumsi daya listrik. Pada gambar juga terlihat bahwa penurunan durasi AC beroperasi menurun tajam pada saat penurunan pada *setting* suhu ruangan dari 21°C sampai 24°C. Penurunan durasi AC beroperasi pada *setting* suhu ruangan 20°C ke 21°C dan 24°C ke 25°C relatif kecil bila dibandingkan dengan *setting* suhu ruangan lainnya.

Gambar 2 juga memberikan informasi bahwa kemiringan garis menunjukkan penurunan penghematan yang terjadi akibat peningkatan *setting* suhu ruangan. Semakin miring garis, semakin tajam penghematan yang terjadi akibat peningkatan *setting* suhu ruangan. Dengan kata lain, oleh karena pada *setting* suhu ruangan 20°C ke 21°C dan 24°C ke 25°C memiliki kemiringan yang relatif kecil dibandingkan dengan pada *setting* suhu ruangan 21°C ke 24°C, maka persentase penghematan pada *setting* suhu ruangan 20°C ke 21°C dan 24°C ke 25°C lebih kecil dibanding dengan *setting* suhu ruangan 21°C ke 24°C. Besarnya kuantitas persentase penurunan tiap 1°C akan dibahas pada bagian berikutnya.



Gambar 2. Durasi AC dalam kondisi "ON" selama 180 menit beroperasi

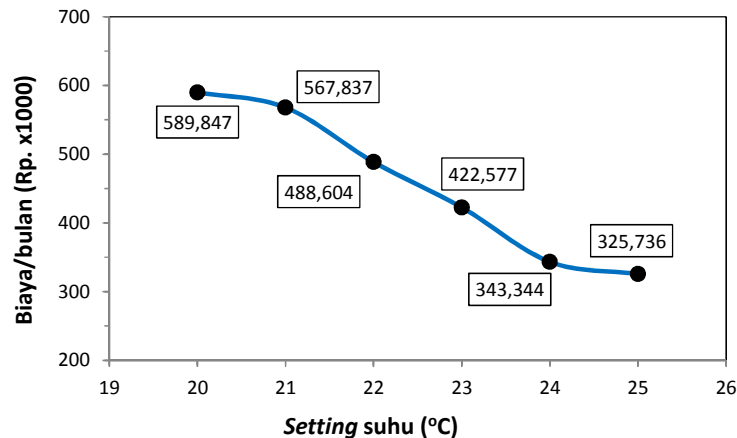
Gambar 3 menggambarkan konsumsi energi listrik (kWh) selama 1 hari. Data pada Gambar 3 tersebut didapat dengan menggunakan persamaan (2). Seperti yang telah dijelaskan pada metode penelitian, untuk mendapatkan konsumsi energi listrik selama 1 hari, AC dioperasikan selama 20 jam. Selama beroperasi selama 20 jam, frekuensi "Off" akan semakin sering dengan meningkatnya *setting* suhu ruangan. Pada Gambar 3 terlihat konsumsi energi listrik AC akan menurun dengan meningkatnya *setting* suhu ruangan. Pada gambar terlihat bahwa konsumsi energi listrik untuk *setting* suhu ruangan 20°C, 21°C dan 22°C adalah 13,4 kWh, 12,9 kWh dan 11,1 kWh. Sedangkan konsumsi energi listrik untuk *setting* suhu ruangan 23°C, 24°C dan 25°C adalah 9,6 kWh, 7,8 kWh dan 7,4 kWh. Konsumsi energi listrik menggambarkan jumlah rupiah yang harus dibayarkan akibat penggunaan listrik.



Gambar 3. Konsumsi energi listrik per-hari

Gambar 3 dapat dijadikan acuan untuk menghitung biaya listrik selama 1 bulan (30 hari). Berdasarkan tarif harga listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) untuk bulan Oktober 2018 adalah Rp. 1.467,28/kWh (untuk daya di bawah 200 kVA), maka biaya listrik selama 30 hari (1 bulan) terlihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat bahwa biaya listrik tertinggi sebesar Rp. 589.847,- dan yang terendah adalah sebesar Rp. 325.736,-. Perbedaan pembayaran keduanya sekitar Rp. 264 ribu per bulan atau sekitar Rp. 3,2 juta per tahun. Uang senilai Rp. 3,2 juta adalah senilai dengan harga AC split dengan kapasitas 1 HP.

Dengan kata lain, bila *setting* suhu ruangan selalu 20°C, maka dalam satu tahun pembayaran akan lebih mahal sebesar Rp. 3,2 juta lebih tinggi bila dibandingkan dengan *setting* suhu ruangan 25°C. Dari data yang disajikan tersebut dapat memberikan gambaran bagi pengguna AC *split* dalam mengatur *setting* suhu ruangan. Dari sisi kesehatan, pengaturan *setting* suhu ruangan yang terlalu rendah juga tidak disarankan. Oleh karena, *setting* suhu ruangan yang terlalu rendah akan menyebabkan perbedaan yang cukup besar antara suhu di dalam ruangan dan di luar ruangan, sehingga jika penghuni keluar dari ruangan yang terlalu dingin menuju luar ruangan yang panas, maka akan berpengaruh kurang baik bagi tubuh, terutama pada kulit. Dari sisi kesehatan, perbedaan suhu di dalam dan di luar ruangan yang disarankan sekitar 7°C sampai 10°C [7].



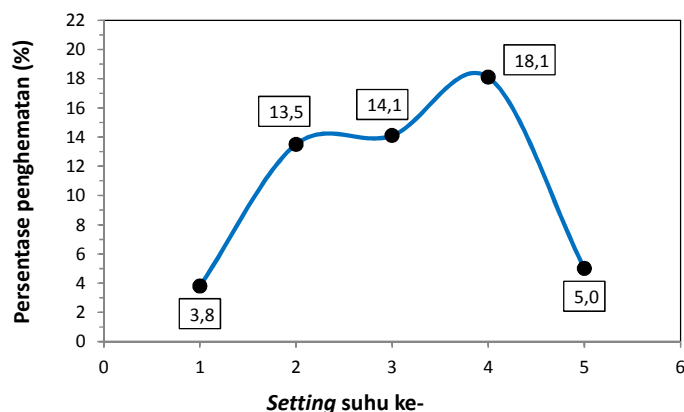
Gambar 4. Biaya pemakaian listrik selama 1 bulan (30 hari)

Dengan menggunakan persamaan (3), persentase penghematan konsumsi energi listrik untuk tiap kenaikan *setting* suhu ruangan 1°C terlihat seperti pada Gambar 5. Pada Gambar 5, *setting* suhu ke- 1, 2, 3, 4 dan 5 mewakili peningkatan *setting* suhu ruangan dari 20°C ke 21°C, 21°C ke 22°C, 22°C ke 23°C, 23°C ke 24°C dan 24°C ke 25°C, berurutan. Pada gambar tersebut terlihat bahwa peningkatan konsumsi energi listrik untuk tiap peningkatan *setting* suhu ruangan sebesar 1°C tidak sama dan tidak mengikuti pola tertentu. Peningkatan konsumsi energi listrik terendah terjadi untuk *setting* suhu ruangan dari 20°C ke 21°C (*Setting* suhu ke- 1), yaitu sebesar 3,8%. Sedangkan peningkatan *setting* suhu ruangan tertinggi terjadi pada *setting* suhu ruangan dari 23°C ke 24°C (*Setting* suhu ke- 4), yaitu sebesar 18,1%.

Bila dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Eddy Erham dan Sumeru [3], penurunan konsumsi energi listrik terkecil pada kajian mereka adalah sebesar 6,1%, sedangkan pada kajian eksperimental ini adalah 3,8%. Artinya nilai penurunan konsumsi energi listrik terendah akibat peningkatan *setting* suhu ruangan pada penelitian ini lebih kecil bila dibandingkan dengan kajian eksperimental mereka [3]. Namun untuk penurunan konsumsi energi listrik terbesar akibat peningkatan *setting* suhu ruangan pada penelitian ini lebih besar dari penelitian mereka [3], yaitu 18,1% dibandingkan dengan 14,0%. Terjadinya sedikit perbedaan antara dua penelitian ini kemungkinan besar disebabkan perbedaan jenis refrigeran yang digunakan dan suhu luar ruangan yang digunakan selama pengujian. Berdasarkan perbandingan data pada penelitian ini dan kajian eksperimental yang telah dilakukan oleh Eddy Erham dan Sumeru [3] menunjukkan bahwa kuantitas dan pola penurunan konsumsi energi listrik akibat peningkatan *setting* suhu ruangan tiap 1°C akan berbeda bila refrigeran yang digunakan pada juga berbeda. Penelitian ini menggunakan R410A sebagai refrigeran, sedangkan studi yang dilakukan oleh Eddy Erham dan Sumeru [3] menggunakan R22 sebagai refrigeran.

Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ge *et al.* [6], hasil penelitian ini untuk *setting* suhu ruangan tertentu mendekati hasil yang dilaporkannya [6]. Mereka [6] melaporkan bahwa tiap peningkatan *setting* suhu sebesar 1°C, akan menyebabkan penghematan konsumsi energi antara 5,20-6,20% untuk kelembaban relatif (RH) yang sama. Penelitian ini dilakukan pada RH yang relatif konstan, persentase penurunan konsumsi energi listrik akibat peningkatan *setting* suhu ruangan yang hampir sama dengan yang dilaporkan oleh Ge *et al.* [6] adalah pada saat *setting* suhu ruangan 20°C ke 21°C dan 24°C ke 25°C. Sedangkan untuk *setting* suhu ruangan lainnya, nilai penurunan konsumsi energi listrik akibat peningkatan *setting* suhu ruangan lebih besar dari hasil yang dilaporkan oleh Ge *et al.* [6]. Penjelasan mengapa terjadi perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian mereka [6] adalah serupa dengan penjelasan yang telah

disebutkan di atas, yaitu perbedaan refrigeran yang digunakan dan perbedaan *setting* suhu luar ruangan selama pengujian.



Gambar 5. Persentase penurunan konsumsi energi listrik akibat peningkatan *setting* suhu ruangan

4. KESIMPULAN

Kaji eksperimental untuk mengetahui penurunan konsumsi energi listrik secara kuantitatif akibat peningkatan *setting* suhu ruangan untuk tiap kenaikan 1°C telah dilakukan. Berdasarkan pengujian didapat data bahwa penurunan konsumsi energi listrik akibat peningkatan *setting* suhu ruangan tiap 1°C tidak berpola dan tidak sama untuk tiap peningkatan *setting* suhu ruangan. Penurunan konsumsi energi listrik terkecil terjadi pada peningkatan *setting* suhu ruangan dari 20°C ke 21°C, yaitu hanya sebesar 3,8%. Sedangkan Penurunan konsumsi energi listrik terbesar terjadi pada peningkatan *setting* suhu ruangan dari 23°C ke 24°C, yaitu sebesar 18,1%. Penghematan konsumsi energi listrik total yang terjadi akibat peningkatan *setting* suhu ruangan dari 20°C ke 25°C dihitung dengan nilai mata uang rupiah dan harga per 1 kWh saat ini, maka akan terjadi penghematan sekitar Rp. 264 ribu per bulan atau sekitar Rp. 3,2 juta dalam satu tahun. Bila dibandingkan dengan penelitian-penelitian lainnya maka dapat disimpulkan bahwa pola penurunan konsumsi energi listrik untuk tiap kenaikan *setting* suhu ruangan tidak akan sama bila refrigeran yang digunakan pada AC *split* berbeda.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Jurusan Refrigerasi dan Tata Udara yang telah menyediakan sarana dan prasarana. Pendanaan penelitian ini berasal dari skema Penelitian Mandiri Tahun 2018 yang diberikan oleh Politeknik Negeri Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guillén-Lambea S, Rodríguez-Soria B, Marín JM (2017). Comfort setting and energy demand for residential nZEB in warm climates. *Applied Energy*. 2017. Vol. 202: 471-486.
- [2] Pérez-Lombard L, Ortiz J, Pout C. A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*. 2008; Vol. 40: 394-398.
- [3] Eddy Erham, Sumeru. *Analisis Konsumsi Energi Listrik pada Pengkondisi Udara Akibat Perubahan Setting Suhu Ruangan*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. 2017; B-255-B-260.
- [4] Yan H, Yang L, Zheng W, Li D. Influence of outdoor temperature on the indoor environment and thermal adaptation in Chinese residential buildings during the heating season. *Energy and Buildings*. 2008; Vol. 116: 133-140.
- [5] Muñoz F, Sanchez EN, Xia Y, Deng S. (2017). "Real-time neural inverse optimal control for indoor air temperature and humidity in a direct expansion (DX) air conditioning (A/C) system. *International Journal of Refrigeration*. 2017. Vol. 79: 196-206.
- [6] Ge F, Guo X, Liu H, Wang J, Lu C. Energy performance of air cooling systems considering indoor temperature and relative humidity in different climate zones in China. *Energy and Buildings*. 2013. Vol. 64: 145-153.
- [7] Ponni M, Baskar R. Study on indoor temperature and comfort temperature. *International Journal of Engineering Science Invention*. 2015. Vol. 4(3): 7-14.