

## Aplikasi Strategi Desain Ramah Lingkungan pada Produk Rumah Tangga: Modifikasi Produk Mesin Cuci 2 Tabung

Achmad Yahya Teguh Panuju, Martinus, Arinal Hamni, Tarkono  
Teknik Mesin Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brojonegoro no. 1, Bandar Lampung, 35145  
E-mail: achmad.yahya@eng.unila.ac.id

### Abstract

*Household activities in cities have become one of high contributing aspects to the environmental problems, comprising natural resources exploitation, generating emission to the air and producing solid and liquid wastes to the environment. One of the alternatives of solution to reduce the problems is the usage of environmental friendly products, although the effectivity of the method is still debatable among experts. This article discusses strategies in designing eco household appliances based on previous studies. From the strategies exposed, one of them was implemented to a twin-tub washing machine, since the machine is widely used among Indonesian consumers. Modifications have been made to the appliance, so the machine users could see the water and electricity power consumption level during the washing activity. The modified machine was tested using experiments involving respondents, where the resources consumption was measured and further analyzed. From the results, it is found that the strategy implementation has brought a significant effect to the respondents' behaviour related to the water consumption.*

**Keywords:** Sustainable product design, household activities, resources consumption, washing machine.

### Abstrak

*Kegiatan konsumsi rumah tangga di perkotaan menjadi salah satu aspek yang berkontribusi tinggi pada permasalahan lingkungan, yang meliputi pemakaian sumber daya, produksi emisi dan limbah rumah tangga baik berupa gas, padat maupun cair. Salah satu alternatif cara untuk menekan kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas konsumsi rumah tangga ini adalah melalui penggunaan produk-produk yang bersifat lebih ramah lingkungan, walaupun efektivitas dari strategi ini masih banyak diperdebatkan. Artikel ini memaparkan strategi desain ramah lingkungan pada produk rumah tangga, melalui penelusuran penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Dari sekian strategi yang dipaparkan maka dipilih salah satu strategi untuk diterapkan yaitu 'eco-information' ke dalam produk mesin cuci 2 tabung, yang saat ini banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Aplikasi strategi dilakukan dengan memberikan modifikasi desain kepada mesin cuci, di mana pengguna dapat melihat penggunaan air dan listrik secara langsung pada saat proses pencucian sehingga dapat meningkatkan kesadaran / awareness pengguna akan sumber daya yang dipakai. Efektivitas strategi ini diuji melalui eksperimen yang melibatkan responden, di mana konsumsi air sebelum dan sesudah penerapan strategi dicatat dan dianalisis lebih lanjut, dan didapatkan bahwa penerapan strategi memberikan efek yang signifikan pada perilaku pengguna mesin cuci terkait konsumsi air.*

**Kata kunci:** Desain produk ramah lingkungan, aktivitas rumah tangga, konsumsi sumber daya, mesin cuci.

## PENDAHULUAN

Strategi desain ramah lingkungan yang lebih dikenal dengan istilah sustainable product design (SPD) di kalangan para ilmuwan dunia, merupakan bidang ilmu yang saat ini semakin banyak diminati oleh para peneliti. Urgensi dari pengembangan cabang keilmuan ini dirasakan menjadi semakin tinggi, karena permasalahan lingkungan yang terjadi di seluruh dunia saat ini telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan bagi kehidupan manusia [1]. Pemanasan global, kelangkaan sumber energi fosil serta polusi yang mencemari lingkungan, merupakan isu-isu yang sudah sering dibahas dalam berbagai

kesempatan ilmiah, namun kesemuanya itu belum dapat memberikan solusi yang efektif untuk menghentikan laju kerusakan lingkungan yang terjadi. Ilmuwan dari berbagai bidang saling bahu membahu untuk berkontribusi terhadap permasalahan ini, sehingga batas-batas antar bidang keilmuan ini menjadi lebih samar, dan kajian terkait lingkungan menjadi sebuah kajian multi-disiplin yang membutuhkan kerjasama yang terintegrasi dari setiap elemennya. Begitu pula dengan kajian SPD, yang di dalamnya tidak hanya membutuhkan bidang keilmuan teknik, namun juga banyak menyentuh sisi-sisi sosial dan ilmu lingkungan itu sendiri [2].

Konsep aplikasi SPD pada produk rumah tangga

berangkat dari pemahaman bahwa aktivitas rumah tangga merupakan salah satu penghasil emisi dan limbah yang sangat tinggi, selain juga menghabiskan banyak sumber daya seperti listrik, air, minyak, gas dan lainnya. Ditambah lagi dengan pertumbuhan populasi penduduk terutama di kota-kota besar, maka aktivitas rumah tangga yang tidak berimbang dengan daya dukung lingkungan, akan mencetuskan terjadinya kelangkaan lebih cepat dari yang diperkirakan sebelumnya. Sebagai jawaban dari tantangan ini, maka SPD dimunculkan sebagai salah satu opsi, yaitu dengan mendesain produk yang lebih ramah lingkungan, ramah sosial, namun masih menguntungkan secara ekonomi baik bagi produsen maupun bagi konsumen [3].

Berdasarkan paparan di atas, secara prinsip SPD meliputi tiga dimensi keberlanjutan yang terdiri dari dimensi lingkungan, sosial dan ekonomi dalam mewujudkan sebuah produk [4]. Namun karena dimensi sosial dan ekonomi sudah lama terintegrasi dalam produk yang dipakai oleh masyarakat, maka kajian yang paling dirasakan tantangannya oleh produsen saat ini adalah bagaimana untuk memenuhi kriteria dimensi lingkungan. Penelitian-penelitian sebelumnya telah menemukan bahwa desain produk tertentu dapat secara signifikan menurunkan dampak lingkungan, atau secara tidak langsung dapat mempengaruhi perilaku pemakai menjadi ramah lingkungan. Penelitian ini membahas salah satu aspek di dalam kajian ini, yaitu bagaimana untuk menerapkan salah satu strategi SPD ke dalam salah satu produk rumah tangga yaitu mesin cuci, serta melihat pengaruhnya terhadap perilaku pemakainya di Bandar Lampung, Indonesia.

Kajian dari penerapan SPD meliputi tiga dimensi keberlanjutan pada seluruh fase siklus kehidupan produk (*product's life cycle*) yang terdiri dari fase ekstraksi material, manufaktur, penggunaan dan fase akhir (*end of life*). Hal ini menyebabkan kajian SPD merupakan kajian yang komprehensif dan membutuhkan data yang lengkap dari seluruh fase siklus [5]. Namun di sisi lain hal ini juga berakibat pada kompleksitas studi, terlebih lagi data analisis untuk siklus kehidupan produk di beberapa negara termasuk Indonesia, masih sangat terbatas. Karena itu, untuk tujuan kesederhanaan pembahasan dan keterbatasan data, maka studi ini dibatasi analisisnya pada fase penggunaan saja.

Yang dimaksud dengan produk rumah tangga di dalam artikel ini mengacu pada istilah home appliances, yaitu produk-produk yang dipakai di dalam rumah untuk beraktivitas seperti memasak, mencuci / pembersihan, serta hiburan. Penggunaan dari setiap produk ini menimbulkan efek terhadap lingkungan yang berbeda-beda tergantung dari

sumber energi yang dipakai, produksi emisi dan limbah yang dihasilkan dari proses penggunaan. Pemakaian sumber energi yang tak dapat diperbarui (listrik pada pembahasan ini dimasukkan ke dalam kategori ini, di mana energi listrik di Indonesia masih banyak bersumber dari bahan bakar fosil) akan memicu kelangkaan, selain emisi yang juga dihasilkan dari proses produksinya. Begitu pula pemakaian

Tabel 1. Produk Rumah Tangga dan Efeknya terhadap Lingkungan

Produk	Sumber energi	SDA	Limbah & Efek lain
Mesin cuci	listrik	Air	Air kotor (toxic)
AC	listrik	-	Pemakaian CFC
Kulkas	listrik	-	Pemakaian CFC
Televisi	listrik	-	-

Sumber: penulis

sumber daya alam (SDA) seperti air bersih, telah menjadi permasalahan yang cukup serius terutama di kota-kota besar di Indonesia [6]. Sedangkan limbah rumah tangga tentunya merupakan faktor polutan yang berbahaya bagi lingkungan baik itu padat ataupun cair, terlebih lagi jika ada yang bersifat beracun. Dan masih terdapat efek-efek lain dari pemakaian beberapa produk seperti efek rumah kaca yang berasal dari pemakaian freon pada kulkas dan AC. Tabel 1 memberikan ilustrasi terkait beberapa produk rumah tangga yang banyak dipakai oleh keluarga Indonesia serta efek lingkungan yang ditimbulkan pada fase penggunaan.

Industri pembuat produk-produk rumah tangga dewasa ini telah cukup banyak berinovasi untuk menekan efek lingkungan yang disebabkan pemakaian produk mereka, terutama dengan mengaplikasikan teknologi penghematan yang tertanam di dalam produk. Pemakaian teknologi low-watt dan inverter, adalah istilah-istilah yang banyak digunakan untuk mewakili sifat ramah lingkungan, walaupun terkadang hemat atau tidaknya pemakaian produk akan kembali kepada perilaku dari si pemakaian produk itu sendiri. Terkait hal ini, pada studi sebelumnya telah diselidiki efek dari perilaku pengguna kendaraan bermotor dan dampaknya terhadap lingkungan [7]. Studi tersebut menemukan bahwa banyak perilaku konsumen yang kurang ramah lingkungan berawal dari rendahnya pemahaman terhadap isu lingkungan, serta ketidaksadaran mereka

bahwa apa yang mereka lakukan telah memberikan dampak yang tidak bisa dianggap ringan kepada lingkungan di sekitarnya. Di sisi lain, hal ini juga berimbas pada keputusan industri dalam mengembangkan produk berikutnya. Industri memiliki keengganan tersendiri untuk memproduksi produk yang benar-benar ramah lingkungan, di saat respon pasar belum sepenuhnya menyambut dengan baik [8].

Tabel 2. Tipe strategi desain produk ramah lingkungan

	Hasil Penelitian	Kajian Analitis Kritis
1	Eco-information	Desain produk memberikan informasi kepada pengguna terkait konsumsi sumber daya
2	Eco-choice	Desain produk memberikan kesempatan kepada pengguna untuk memilih mode tertentu yang bersifat lebih ramah lingkungan dibanding mode yang biasa
3	Eco-feedback	Produk memberikan sinyal yang visual atau audial, atau bentuk tangible lainnya yang merupakan peringatan jika perilaku dari pengguna melewati batas-batas tertentu
4	Eco-spur	Memberikan bentuk sanksi atau penghargaan terhadap perilaku yang ramah lingkungan melalui fitur tertentu dalam produk
5	Eco-steer	Produk mengandung pola atau bentuk yang mendorong pengguna melakukan penghematan karena adanya perasaan tidak nyaman terkait desain yang berubah pada pola tersebut
6	Eco-technical intervention	Produk memanfaatkan teknologi untuk secara mengontrol atau membatasi penggunaan sumber daya yang berlebihan, atau adanya perilaku lain yang tidak menguntungkan bagi lingkungan
7	Clever design	Inovasi produk yang dapat mengurangi efek lingkungan tanpa menuntut perubahan perilaku pengguna

Sumber: [9]

Memang ada aspek lain yang berpengaruh dalam hal ini seperti aspek kebijakan pemerintah, peran pendidikan serta faktor pendukung yang masih minim

terutama di negara-negara berkembang seperti Indonesia, namun faktor perilaku konsumen menjadi faktor yang cukup urgen untuk didiskusikan karena efek populasi yang cukup besar akan melipatgandakan efek perilaku ini.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka masih diperlukan inisiatif terobosan untuk meningkatkan penggunaan produk-produk ramah lingkungan, serta secara bersamaan meningkatkan kesadaran pengguna produk terkait isu-isu lingkungan, sebagai usaha untuk menekan dampak lingkungan dari pemakaian produk-produk rumah tangga. Tang [9] telah memaparkan beberapa strategi desain ramah lingkungan sebagaimana tercantum pada tabel 2. Segala sesuatu yang menyangkut perijinan pengutipan, penggunaan software komputer, orisinalitas artikel atau ihwal lain yang terkait dengan HAKI, yang dilakukan oleh penulis artikel berikut konsekuensi hukum yang mungkin timbul karenanya, menjadi tanggung jawab penuh penulis artikel tersebut.

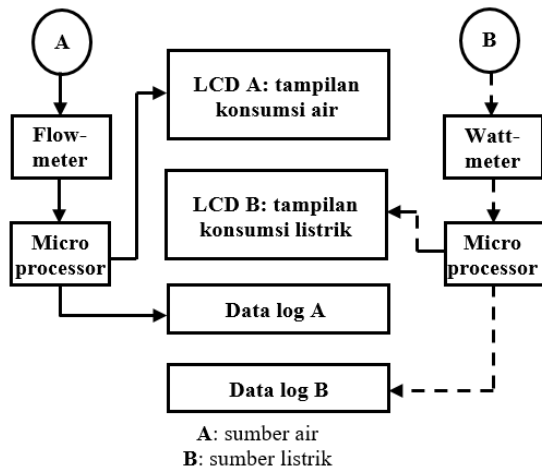
Di Indonesia, penerapan strategi-strategi di atas pada produk rumah tangga masih belum terlalu banyak ditemui pada keseharian masyarakat, di mana para produsen masih memiliki keraguan apakah penerapan strategi tersebut akan efektif terkait efeknya terhadap lingkungan, maupun sambutan dari pasar itu sendiri [10]. Karena itu, dalam penelitian ini akan diselidiki pengaruh dari penerapan salah satu strategi di atas, yaitu eco-information, terhadap peningkatan kesadaran konsumsi sumber daya yang dilakukan oleh pengguna produk rumah tangga. Sebagai studi kasus, penelitian ini menjadikan proses pencucian pakaian sebagai objek, di mana sebuah mesin cuci 2 tabung akan diberi perlakuan modifikasi, kemudian diuji oleh beberapa orang responden untuk melihat efeknya terhadap pemakaian air dan listrik.

## METODOLOGI

### Modifikasi Desain Mesin Cuci untuk Meningkatkan Kesadaran Pengguna

Penelitian ini menggunakan sebuah mesin cuci 2 tabung sebagai bahan dasar modifikasi, di mana tujuan modifikasi adalah untuk meningkatkan kesadaran pengguna akan jumlah konsumsi air dan listrik pada saat proses pencucian. Pada kenyataannya, sebagian besar masyarakat tentunya tidak menginginkan produk mereka dibongkar dan dimodifikasi, karena akan menghilangkan garansi kerusakan produk. Karena itu itu modifikasi dilakukan sebisa mungkin tanpa merusak unit produk, yaitu dengan menambahkan unit lain di luar produk itu sendiri.

Unit ini berfungsi untuk menghitung serta menampilkan jumlah air dan listrik yang dikonsumsi kepada pengguna. Skema unit yang direncanakan dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Skema unit modifikasi pada mesin cuci

Dengan unit modifikasi ini, maka para pengguna direncanakan untuk dapat melihat secara langsung berapa jumlah konsumsi air dan listrik yang telah terjadi selama proses pencucian.

#### Pengujian Hasil Modifikasi

Setelah unit modifikasi ditambahkan, maka berikutnya adalah proses pengujian unit mesin cuci dengan cara pemakaian oleh pengguna secara langsung. Untuk ini, akan dipilih 5 orang responden dengan profil yang sama untuk melakukan dua kali proses pencucian, yang pertama adalah pencucian dengan unit mesin cuci tanpa unit modifikasi dihidupkan (LCD dalam kondisi off), sedangkan yang kedua kali adalah responden mencuci pakaian dengan unit modifikasi dalam kondisi hidup (LCD on). Jumlah dan berat pakaian untuk ketiga proses pencucian dibuat sama, yaitu dengan berat 4 kg, yaitu setara dengan estimasi jumlah pakaian yang digunakan oleh sebuah keluarga yang terdiri dari 4 orang (2 dewasa dan 2 anak). Sebelum dan selama eksperimen, kelima responden tidak diberi paparan terkait isu lingkungan, hanya saja diinformasikan terkait fungsi dari unit modifikasi yang dihidupkan pada aktivitas kedua. Artinya mereka dibebaskan untuk bereaksi berdasarkan persepsi mereka masing-masing, tanpa diarahkan untuk melakukan tindakan tertentu terkait intervensi desain yang ada.

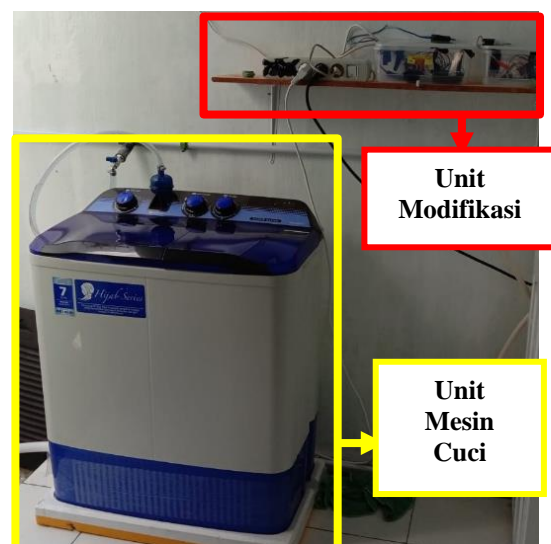
Aktivitas pertama dimaksudkan sebagai representasi dari persepsi awal atau kebiasaan setiap responden, sementara aktivitas kedua adalah sebagai respon dari intervensi desain. Berdasarkan studi

sebelumnya, aktivitas dari para responden berangkat dari kebiasaan dan kesadaran yang terbangun melalui pemahaman, nilai-nilai masyarakat serta pengalaman empiris yang dialami oleh pengguna produk [11]. Dalam hal ini, perilaku akan berimbang salah satunya pada tindakan penghematan dalam mengkonsumsi sumber daya pada saat mencuci pakaian. Karena itu luaran yang diukur dalam eksperimen ini adalah banyaknya air dan daya listrik yang dikonsumsi oleh responden, yang dianggap mewakili kesadaran responden terhadap lingkungan, walaupun hanya merupakan salah satu aspek di dalamnya. Faktor di luar aspek tersebut dipertimbangkan sebagai keterbatasan dari penelitian ini. Melalui uji eksperimen sederhana ini, maka diharapkan dapat terlihat efektivitas penggunaan unit modifikasi yang telah dibuat terhadap perilaku pengguna mesin cuci, terutama terkait penggunaan sumber daya air dan listrik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rancang Bangun Unit Modifikasi Mesin Cuci

Unit modifikasi sebagaimana telah dijelaskan pada bagian sebelumnya telah berhasil dibuat, dengan rincian penggunaan komponen seperti yang tercantum pada tabel 3. Keseluruhan unit ini digabungkan dengan sebuah mesin cuci 2 tabung di dalam studio eksperimen, dengan instalasi seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Instalasi unit modifikasi dan mesin cuci di studio eksperimen

Jika unit modifikasi dihidupkan, maka pengguna mesin cuci ini dapat melihat jumlah konsumsi air

Tabel 3. Spesifikasi Komponen Unit Modifikasi

Komponen	Spesifikasi
Flowmeter	YF-B5
Wattmeter	PZEM 004T AC Digital Watt meter
Micro processor A	Arduino Nano V3.0
Micro processor B	Arduino Nano V3.0
LCD A	LCD 1602 II2
LCD B	LCD 1602 II2

dalam liter pada LCD A, dan jumlah konsumsi listrik dalam kWh pada LCD B. Pada penelitian ini unit modifikasi masih dirakit dalam wadah plastik yang sederhana dan menggunakan LCD yang berukuran kecil, namun masih dapat terlihat dengan jelas. Bacaan dari flow meter dan watt selain ditampilkan melalui LCD, juga disimpan ke dalam sistem data log yang dilengkapi dengan keterangan waktu, sehingga data dapat dianalisis lebih lanjut nantinya melalui olahan data tabel. Proses eksperimen yang akan dijelaskan pada bagian berikutnya akan memberikan gambaran terkait bagaimana tampilan visual yang terdapat pada unit modifikasi dapat mempengaruhi perilaku pengguna dalam proses pencucian.

### Hasil Pengujian

Lima orang responden dengan profil yang kurang lebih sama telah direkrut dan bersedia untuk berpartisipasi dalam eksperimen pengujian unit mesin cuci yang telah dimodifikasi sebagaimana telah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Kelimanya adalah wanita dengan kisaran usia 23 – 28 tahun, pendidikan S1 dan bertempat tinggal di kota Bandar Lampung. Proses pengujian dilaksanakan pada bulan September 2021, di mana setiap responden diundang ke studio, kemudian diberikan penjelasan terkait apa yang harus dilakukan. Setiap aktivitas menggunakan mesin yang sama, dengan objek pencucian yang juga memiliki berat dan volume yang kurang lebih sama, hanya saja perlakuan unit modifikasi yang berbeda. Dari kedua kali proses pencucian, didapatkan data sebagaimana tercantum di tabel 4 dan 5. Setelah itu data dianalisis secara statistik dengan uji t berpasangan, dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0: \mu_D = \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (1)$$

$$H_a: \mu_D \neq 0 \quad (2)$$

Dengan menggunakan  $\alpha=0,05$ , maka kita dapat menghitung:

$$t_h = \frac{(\bar{d}-d_0)}{sd/\sqrt{n}} \quad (3)$$

Perhitungan ini adalah untuk melihat efektivitas perlakuan yang diberikan yaitu penambahan efek visual pemakaian sumber daya air dan daya listrik saat proses pencucian.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian untuk Konsumsi Air

Responden	Pencucian 1 (liter)	Pencucian 2 (liter)
1	115	105
2	158	117
3	72	71
4	108	81
5	110	80

Untuk menganalisis data konsumsi air pada tabel 4 di atas, maka dapat dilakukan uji t berpasangan. Dari tabel korelasi, nilai t sebagai patokan didapatkan sebesar -2,132, sedangkan dari perhitungan nilai  $t_h = -3,03$ . Karena itu kesimpulan dari uji ini adalah menolak  $H_0$ , sehingga secara signifikan ada penurunan jumlah konsumsi air oleh pengguna, yang diakibatkan oleh penambahan display oleh unit modifikasi.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian untuk Konsumsi Listrik

Responden	Pencucian 1 (liter)	Pencucian 2 (liter)
1	0,05	0,05
2	0,06	0,05
3	0,04	0,04
4	0,05	0,04
5	0,06	0,04

Sedangkan untuk menganalisis data konsumsi listrik pada tabel di atas, digunakan nilai t sebagai patokan dari tabel korelasi sebesar -2,132, sedangkan dari perhitungan nilai  $t_h = -1$ . Karena itu tidak

didapatkan cukup bukti untuk menolak  $H_0$ , sehingga disimpulkan tidak ada penurunan jumlah konsumsi listrik yang signifikan yang diakibatkan oleh penambahan display oleh unit modifikasi.

Dalam proses pencucian menggunakan mesin cuci 2 tabung, penggunaan konsumsi air sangat tergantung dari perilaku pengguna, karena katup pengisian air dikendalikan secara manual. Untuk jumlah atau berat pakaian yang sama, pengguna yang berbeda dapat mengkonsumsi jumlah air yang berbeda karena persepsi, kebiasaan dan faktor-faktor lain yang terjadi saat mencuci [12]. Namun dengan penambahan unit modifikasi pada mesin cuci sebagaimana dilakukan pada penelitian ini, kelima responden memutuskan untuk mengubah perilaku pada aktivitas yang kedua sehingga konsumsi airnya berkurang.

Di sisi lain, penambahan unit modifikasi ternyata tidak memberikan pengaruh yang signifikan kepada pemakaian daya listrik. Perbedaan daya listrik di setiap proses bisa berasal dari pilihan mode pencucian, serta lamanya durasi pemutaran pakaian saat mencuci dan proses pengeringan. Sedangkan dari data terlihat bahwa besaran daya pada satu kali proses pencucian oleh para responden memang relatif kecil dalam satuan kWh, sehingga terabaikan perubahannya dan dinilai sebagai tidak signifikan.

Berdasarkan temuan-temuan di atas, maka aplikasi desain ramah lingkungan berbasis konsep eco-information pada penelitian ini dianggap memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perilaku pengguna produk mesin cuci, dilihat dari konsumsi air. Hal ini menjadi modal untuk pengembangan penelitian selanjutnya di bidang ini, yang mana topik ini memang belum banyak dibahas oleh para peneliti khususnya di Indonesia. Sebagai keterbatasan, tentunya penelitian ini masih memiliki kekurangan membutuhkan penyempurnaan di banyak sisi, misalnya dengan menganalisis level kesadaran lingkungan responden sebelum eksperimen, dan melakukan wawancara secara mendalam terkait motif perilaku dari setiap responden.

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini, telah dilakukan penerapan strategi desain ramah lingkungan yaitu eco-information, pada sebuah mesin cuci 2 tabung sebagai produk yang banyak dipakai di dalam aktivitas rumah tangga di Indonesia. Tujuan dari modifikasi ini adalah agar pengguna menyadari jumlah konsumsi sumber daya secara langsung pada saat penggunaan, dan diharapkan memiliki kesadaran untuk mengurangi konsumsi berdasarkan keputusan si pengguna itu sendiri. Sebagaimana yang telah diuraikan oleh Jui

Che Tu [13], strategi tipe ini memang tidak banyak mengubah tatanan produk itu sendiri, dan lebih banyak bertujuan mengintervensi perilaku dari pengguna produk.

Dari pengujian yang dilakukan, ditemukan bahwa modifikasi ini secara signifikan mempengaruhi konsumsi air yang dilakukan oleh para responden, namun tidak secara signifikan mempengaruhi konsumsi listrik. Penerapan beberapa strategi lainnya dalam satu produk di masa yang akan datang direkomendasikan untuk mencapai level kesadaran pengguna yang lebih tinggi, sehingga diharapkan bisa lebih efektif dalam menekan dampak lingkungan pada proses pemakaian produk rumah tangga seperti mesin cuci.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wilson, G.T. and Bhamra, T., 2020, "Design for sustainability: The need for a new agenda", *Sustainability*, Vol. 12.
- [2] Bhamra, T. and Hernandez, R.J., 2021, "Thirty years of design for sustainability: an evolution of research, policy and practice", *Design Science*, Vol. 7.
- [3] Kobayashi, H., 2015, "Perspectives on sustainable product design methodology focused on local communities", *Proceeding of EcoDesign Int. Symposium*
- [4] Elkington, J. (1999) *Cannibal with forks: triple bottom line of 21st century business*, Capstone
- [5] Vila, C., Abellan-Nebot, J.V., Albinana, J.C., and Hernandez, G., 2015, "An approach to sustainable product lifecycle management (green PLM)", *Procedia Engineering*, Vol. 132.
- [6] Luo, P., Kang, S., Apip, Zhou, M., Lyu, J., Aisyah, S., Binaya, M., Regmi, R.K. and Nover, D., 2019, "Water quality trend in Jakarta: a rapidly growing Asian megacity", *PLoS One*.
- [7] Hamni, A., Panuju, A.Y.T. and Ambarwati, D. A. S., 2021, "Understanding consumers' behaviour for reducing environmental and social impact through sustainable product design – a study case of vehicle usage in Indonesia", *IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science*, Vol. 739.
- [8] Panuju, A.Y.T., Suudi, A. and Ibrahim, G.A., 2021, "Identifying constraints of sustainable product development in Indonesia", *Int. J. of Sci & Tech Research*, Vol. 10, No. 4.
- [9] Tang, T., 2010, "Towards sustainable use: design behaviour intervention to reduce household environment impact", *Doctoral Thesis Loughborough University*, UK.

- [10] Panuju, A.Y.T., Ambarwati, D.A.S., and Susila, M.D., 2020, "Implication of automotive product sustainability on young customer's purchase intention in developing countries: an experimental approach", *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, Vol. 857.
- [11] Lilley, D. and Porter, C.S., 2015, "The implication of cultural differences in laundry behaviours for design for sustainable behaviour: A case study between the UK, India and Brazil", *Int. J. of Sustain. Eng.*
- [12] Laitala, K., Klepp, I.G., Kettlewell, R. and Wiedemann, S., 2020, "Laundry care regimes: do the practices of keeping clothes clean have different environmental impacts based on the fibre content?", *Sustainability*, Vol. 12.
- [13] Tu J.C., Nagai, Y. and Shih, M.C., 2018, "Establishing design strategies and an assessment tool of home appliances to promote sustainable behaviour for the new poor", *Sustainability*, Vol. 10.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu berjalannya penelitian ini, secara khusus kepada M. Toby Al Ghazaly dan Ganang S. selaku asisten penelitian yang telah membantu selama eksperimen di studio. Penelitian ini dilaksanakan dengan pendanaan dari DIPA Fakultas Teknik Universitas Lampung tahun anggaran 2021.