

e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

Pemetaan Kombinasi Peralatan Listrik Rumah Tangga Yang Aman Terhadap Batas MCB Menggunakan Teori Graf Dan Enumerasi Kombinatorik

Mapping Safe Household Appliance Combinations Against MCB Limits Using Graph Theory And Combinatorial Enumeration

Agatha Aflaf Kafi Anwar*, Sovian Aritonang
*Program Studi Matematika Militer, Fakultas MIPA Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

agathaaflaf28@gmail.com*, sovian.aritonang@idu.ac.id

Abstract

MCB tripping when several appliances are switched on at the same time is a common problem in Indonesian households. Previous studies have mostly addressed energy costs, IoT-based monitoring, and power quality, while appliance combinations that remain within MCB limits have rarely been mapped. This study maps safe combinations of household appliances using graph theory and combinatorial enumeration, based on secondary data on the rated power and power factor of nine appliances. The electrical installation was modeled as a directed graph, and Kirchhoff's equations were formulated using the incidence matrix and fundamental circuits. All 512 on-off combinations were enumerated and compared with the MCB limits of four PLN power classes. With power factors included, the proportions of safe combinations were 5.3% (450 VA), 21.1% (900 VA), 49.2% (1300 VA), and 96.3% (2200 VA). Ignoring power factors overestimated the safe proportion for the 1300 VA class by 19.6 percentage points. The criticality index showed that the air conditioner was the most influential appliance (0.555), although its rated power is only 360 W. In addition, 30 minimal overload sets were identified, representing 260 overload combinations. Power factors should therefore be considered when assessing the safe use of household appliances, and the resulting map can serve as a simple guideline for households.

Keywords **:** *Graph Theory, Kirchhoff's Laws, Combinatorial Enumeration, Power Factor, Circuit Breaker*

Abstrak

Putusnya MCB ketika beberapa peralatan listrik dinyalakan secara bersamaan merupakan permasalahan yang sering dijumpai pada rumah tangga di Indonesia. Penelitian sebelumnya lebih banyak membahas biaya energi, sistem pemantauan berbasis IoT, dan kualitas daya, sedangkan pemetaan kombinasi peralatan yang aman terhadap batas MCB belum banyak dilakukan. Penelitian ini memetakan kombinasi peralatan rumah tangga yang aman menggunakan teori graf dan enumerasi kombinatorik, dengan data sekunder berupa daya dan faktor daya sembilan peralatan dari literatur. Instalasi listrik dimodelkan sebagai graf berarah, kemudian persamaan Hukum Kirchhoff disusun menggunakan matriks insidensi dan sirkuit fundamental. Seluruh 512 kombinasi nyala-mati peralatan dienumerasi dan dibandingkan dengan batas MCB pada empat golongan daya PLN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan memperhitungkan faktor daya, proporsi kombinasi yang aman adalah 5,3% pada 450 VA, 21,1% pada 900 VA, 49,2% pada 1300 VA, dan 96,3% pada 2200 VA. Apabila faktor daya diabaikan, proporsi kombinasi aman pada golongan 1300 VA menjadi 19,6 poin persen lebih tinggi. Berdasarkan indeks kritis, AC merupakan peralatan yang paling berpengaruh terhadap putusnya MCB dengan nilai 0,555, meskipun dayanya hanya 360 W. Selain itu, diperoleh 30 himpunan overload minimal yang mewakili 260 kombinasi overload. Dengan demikian, faktor daya perlu diperhitungkan dalam menilai keamanan pemakaian peralatan listrik, dan hasil pemetaan ini dapat menjadi panduan sederhana bagi masyarakat.

Kata Kunci: Teori Graf, Hukum Kirchhoff, Enumerasi Kombinatorik, Faktor Daya, MCB

Penulis Korespondensi : Agatha Aflaf Kafi Anwar

Author@ This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/



e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

I. PENDAHULUAN

Sebagian besar rumah tangga di Indonesia menggunakan listrik dari PLN dengan tegangan 220 V dan daya tersambung yang umumnya sebesar 450, 900, 1300, atau 2200 VA. Pada setiap golongan daya tersebut dipasang MCB (*Miniature Circuit Breaker*) yang berfungsi memutus aliran listrik apabila arus yang mengalir melebihi batas tertentu. Untuk rumah dengan daya 1300 VA, batas arus tersebut adalah 6 A. Dalam kehidupan sehari-hari, masih banyak masyarakat yang belum mengetahui peralatan apa saja yang dapat digunakan secara bersamaan, sehingga MCB sering turun secara tiba-tiba.

Besarnya arus yang ditarik suatu peralatan tidak cukup dilihat dari daya yang tertera pada labelnya saja. Peralatan yang menggunakan motor listrik, seperti AC, kulkas, dan kipas angin, memiliki faktor daya yang rendah sehingga arus yang ditarik lebih besar dibandingkan perkiraan berdasarkan dayanya. Hasil pengukuran Silalahi (2024) menunjukkan bahwa faktor daya peralatan bermotor berkisar antara 0,46 hingga 0,98, sedangkan beban resistif seperti setrika dan *rice cooker* memiliki faktor daya yang mendekati 1.

Penelitian mengenai beban listrik rumah tangga telah banyak dilakukan. Hartono *et al.* (2025) menghitung konsumsi energi dan estimasi biaya listrik pada rumah tangga 1300 VA berdasarkan daya dan durasi pemakaian setiap peralatan. Saproni and Hendrawati (2026) membangun sistem pemantauan konsumsi energi berbasis *Internet of Things* (IoT) dan mengujinya pada lima peralatan di rumah berdaya 450, 900, dan 1300 VA. Zhafrana and Rosyadi (2026) merancang sistem pemantauan energi berbasis IoT yang dapat melepas beban secara otomatis ketika terjadi beban berlebih pada rumah 1300 VA, sedangkan Arifi, Yuliana and Sujatmiko (2026) menganalisis karakteristik kualitas daya rumah tangga 450–2200 VA melalui simulasi MATLAB Simulink.

Dari sisi matematika, rangkaian listrik terdiri atas titik-titik sambungan dan komponen yang saling terhubung, sehingga dapat dimodelkan sebagai graf dan diselesaikan secara sistematis menggunakan hukum yang dirumuskan oleh Kirchhoff (1847). Pendekatan ini telah dibahas secara mendalam oleh Deo (1974) melalui analisis jaringan listrik berbasis teori graf. Penerapannya di Indonesia antara lain dilakukan oleh Pratiwi *et al.* (2024) yang menggunakan *minimum spanning tree* untuk menganalisis jaringan listrik perumahan, Rahman and Juliani (2024) yang menyelesaikan persamaan rangkaian listrik dengan dekomposisi LU, serta Anugrah (2023) yang menerapkan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm melalui simulasi *Electronics Workbench*. Pemanfaatan graf planar untuk analisis *mesh* juga pernah dibahas oleh Firdaus (2012).

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat beberapa celah penelitian. Penelitian mengenai beban listrik rumah tangga sejauh ini lebih banyak berfokus pada biaya energi, sistem pemantauan, dan kualitas daya, sedangkan permasalahan beban berlebih umumnya baru ditangani setelah kejadian tersebut terjadi. Penerapan teori graf di bidang kelistrikan juga masih terbatas pada optimasi jaringan kabel atau analisis rangkaian sederhana, dan belum diterapkan pada beban rumah tangga yang sebenarnya. Selain itu, berdasarkan penelusuran yang telah dilakukan penulis, belum ditemukan penelitian yang menguji seluruh kombinasi nyala-mati peralatan rumah tangga terhadap batas MCB dengan mempertimbangkan faktor daya.

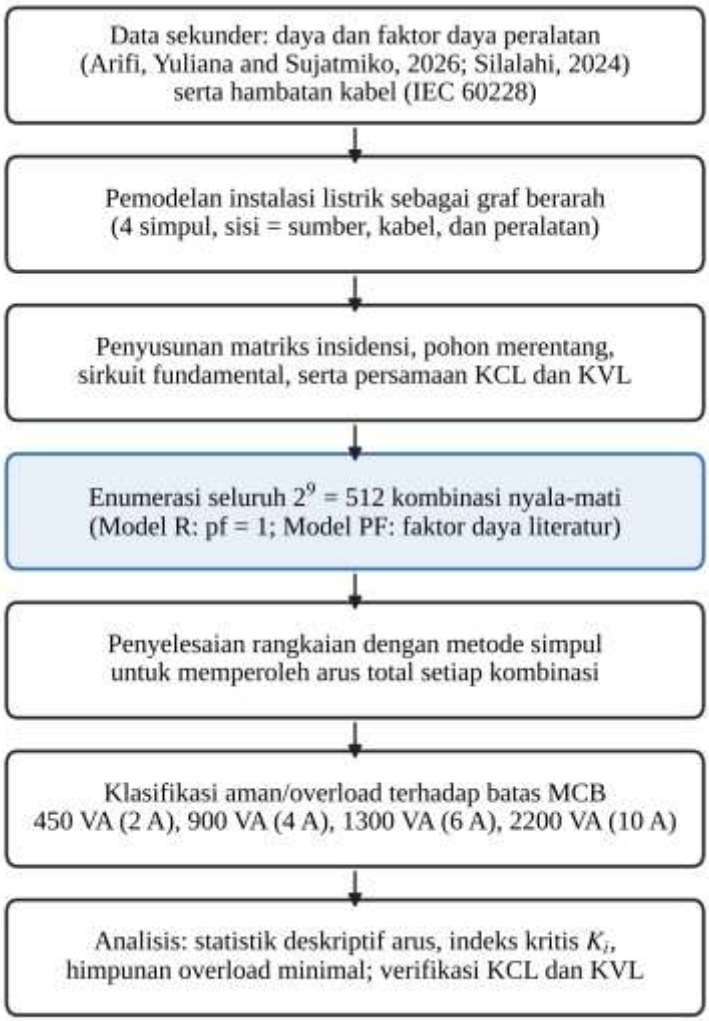
Oleh karena itu, penelitian ini menggabungkan model graf dan Hukum Kirchhoff dengan enumerasi seluruh kombinasi peralatan, serta memasukkan faktor daya yang diperoleh dari literatur ke dalam perhitungan. Penelitian ini juga menggunakan dua ukuran tambahan, yaitu indeks kritis peralatan yang dihitung dari peluang bersyarat dan himpunan *overload* minimal yang berasal dari teori himpunan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan proporsi kombinasi peralatan yang aman pada empat golongan daya PLN, mengidentifikasi peralatan yang paling berpengaruh terhadap putusnya MCB, serta menentukan kombinasi terkecil yang sudah menyebabkan beban berlebih.

e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

II. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang menggunakan data sekunder. Penulis tidak melakukan pengukuran secara langsung, melainkan mengolah data yang telah dipublikasikan sebelumnya dengan pendekatan teori graf dan kombinatorika. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Data daya peralatan diambil dari tabel data beban pada Arifi, Yuliana and Sujatmiko (2026), yang diperoleh dari observasi rumah tangga berdaya 450–2200 VA. Data faktor daya diambil dari tabel yang sama, yang mengutip hasil pengukuran Silalahi (2024). Pompa air yang digunakan adalah pompa air B dengan daya 550 W. Faktor daya lampu LED B tidak dicantumkan, sehingga nilainya disamakan dengan lampu LED A dan kedua lampu digabung menjadi satu beban. Data peralatan yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

Tabel 1. Data peralatan rumah tangga

No	Peralatan	Sisi	Letak (simpul)	Daya P (W)	Faktor daya
1	Lampu LED A + B	e4	Panel MCB (1)	20,92	0,60
2	*Rice cooker* (memasak)	e5	Dapur (2)	350	0,98
3	Pompa air	e6	Dapur (2)	550	0,98
4	Kulkas	e7	Dapur (2)	85	0,56
5	Mesin cuci	e8	Dapur (2)	310	0,89
6	Kipas angin	e9	Ruang tengah (3)	55	0,54
7	AC	e10	Ruang tengah (3)	360	0,46
8	Setrika	e11	Ruang tengah (3)	350	1,00
9	TV LED	e12	Ruang tengah (3)	74	0,60

Hambatan kabel tembaga mengacu pada nilai maksimum standar IEC 60228, yaitu 7,41 Ω/km untuk kabel 2,5 mm² dan 12,1 Ω/km untuk kabel 1,5 mm² pada suhu 20 °C (International Electrotechnical Commission, 2004). Dengan asumsi panjang kabel 10 m ke dapur dan 15 m ke ruang tengah, hambatan pergi-pulang kabel e2 adalah 0,148 Ω dan kabel e3 adalah 0,363 Ω. Batas arus MCB yang digunakan adalah 2 A, 4 A, 6 A, dan 10 A untuk golongan 450, 900, 1300, dan 2200 VA, yaitu rating MCB yang bersesuaian dengan daya tersambung pada tegangan 220 V.

Instalasi listrik dimodelkan sebagai graf berarah $G = (V, E)$, dengan simpul menyatakan titik sambungan dan sisi menyatakan komponen (Munir, 2016; Rosen, 2019). Simpul 0 adalah penghantar netral yang dijadikan acuan bertegangan 0 V, simpul 1 adalah panel MCB, simpul 2 adalah stop kontak dapur, dan simpul 3 adalah stop kontak ruang tengah. Sisi e1 menyatakan sumber PLN, sisi e2 dan e3 menyatakan kabel, sedangkan sisi e4 sampai e12 menyatakan peralatan. Keterhubungan simpul dan sisi dinyatakan dengan matriks insidensi A berukuran $n \times b$, dengan $a_{ij} = +1$ jika sisi j keluar dari simpul i, $a_{ij} = -1$ jika sisi j masuk ke simpul i, dan $a_{ij} = 0$ jika keduanya tidak bersisian. Setelah baris simpul acuan dihapus, Hukum Arus Kirchhoff (KCL) dapat ditulis sebagai berikut (Deo, 1974; Alexander and Sadiku, 2017).

$$A \cdot \mathbf{i} = \mathbf{0} \tag{1}$$

Pohon merentang adalah subgraf yang menghubungkan seluruh simpul tanpa membentuk siklus. Pada graf terhubung dengan n simpul, pohon merentang memiliki $n - 1$ sisi yang disebut cabang, sedangkan sisi lainnya disebut tali hubung. Setiap tali hubung membentuk tepat satu sirkuit fundamental, dan setiap sirkuit fundamental menghasilkan satu persamaan Hukum Tegangan Kirchhoff (KVL) yang saling bebas. Banyaknya sirkuit fundamental dinyatakan dengan bilangan siklomatik berikut (Bollobás, 1998).

$$\mu = b - n + 1 \tag{2}$$

Setiap peralatan menarik daya kompleks S, yang terdiri atas daya nyata P dan daya reaktif Q. Perbandingan antara P dengan $|S|$ disebut faktor daya (pf). Setiap peralatan dimodelkan sebagai impedans tetap yang dihitung dengan persamaan berikut, dengan S_i^* adalah sekawan dari S_i.

$$S_i = P_i + jP_i \tan(\arccos \mathrm{pf}_i), \quad Z_i = V^2 / S_i^* \tag{3}$$

Tegangan setiap simpul diselesaikan dengan metode simpul, kemudian arus total yang keluar dari sumber dibandingkan dengan batas MCB.

Setiap kombinasi peralatan yang menyala merupakan himpunan bagian dari himpunan peralatan $A = \{a_1, a_2, \ldots, a_9\}$. Kumpulan seluruh himpunan bagian tersebut adalah himpunan kuasa $\mathrm{P}(A)$ dengan banyak anggota sebagai berikut (Rosen, 2019).

$$|\mathrm{P}(A)| = 2^k = 2^9 = 512 \tag{4}$$

e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

Setiap kombinasi diselesaikan dengan dua model, yaitu Model R yang menganggap seluruh beban bersifat resistif (pf = 1) dan Model PF yang menggunakan faktor daya dari literatur. Suatu kombinasi dikatakan aman apabila arus totalnya tidak melebihi batas MCB, dan dikatakan *overload* apabila arusnya melebihi batas tersebut. Seluruh perhitungan dilakukan menggunakan Python dengan pustaka NumPy, dan hasilnya diperiksa kembali dengan KCL dan KVL.

Kombinasi T disebut *overload* minimal apabila T mengalami *overload*, tetapi setiap kombinasi yang diperoleh dengan mematikan salah satu peralatan di dalam T sudah aman. Karena penambahan peralatan tidak pernah mengurangi arus, sifat *overload* bersifat monoton, sehingga kumpulan himpunan *overload* minimal membentuk antirantai (Bollobás, 1998). Sifat monoton ini juga telah diperiksa pada seluruh kombinasi dan tidak ditemukan pelanggaran. Pengaruh setiap peralatan diukur dengan indeks kritis berikut.

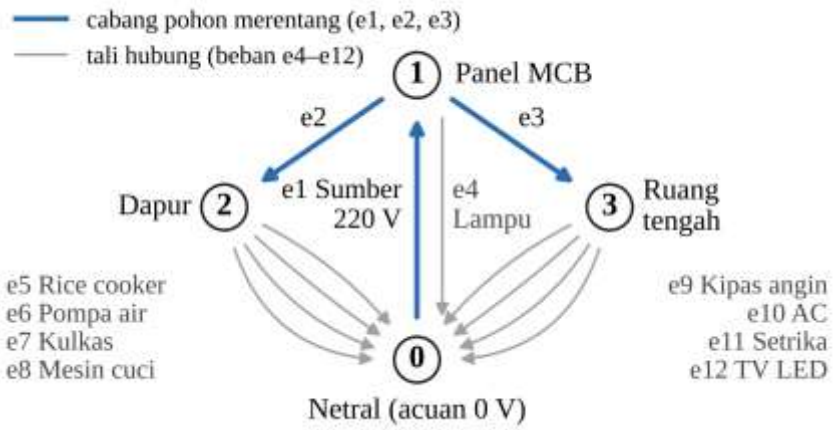
$$K_i = P(\textit{overload} \mid a_i \text{ menyala}) - P(\textit{overload} \mid a_i \text{ mati}) \tag{5}$$

Peluang pada persamaan (5) dihitung dengan asumsi bahwa setiap kombinasi memiliki bobot yang sama. Semakin besar nilai K_i, semakin besar pula pengaruh peralatan tersebut terhadap kemungkinan putusnya MCB.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Model graf instalasi listrik ditunjukkan pada Gambar 2. Ketika seluruh peralatan menyala, graf memiliki $n = 4$ simpul dan $b = 12$ sisi. Garis tebal menunjukkan pohon merentang {e1, e2, e3} yang menghubungkan seluruh simpul, sedangkan garis tipis menunjukkan beban yang berperan sebagai tali hubung.



Gambar 2. Graf berarah instalasi listrik rumah tangga

Matriks insidensi tereduksi yang diperoleh setelah baris simpul 0 dihapus disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks insidensi tereduksi

Simpul	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12
1	−1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	−1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
3	0	0	−1	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Dari persamaan (1) diperoleh tiga persamaan KCL, yaitu $i_1 = i_2 + i_3 + i_4$ pada simpul 1, $i_2 = i_5 + i_6 + i_7 + i_8$ pada simpul 2, dan $i_3 = i_9 + i_{10} + i_{11} + i_{12}$ pada simpul 3. Sisi e4 sampai e12 merupakan tali hubung, sehingga berdasarkan persamaan (2) diperoleh $\mu = 12 - 4 + 1 = 9$ sirkuit fundamental. Secara umum, apabila

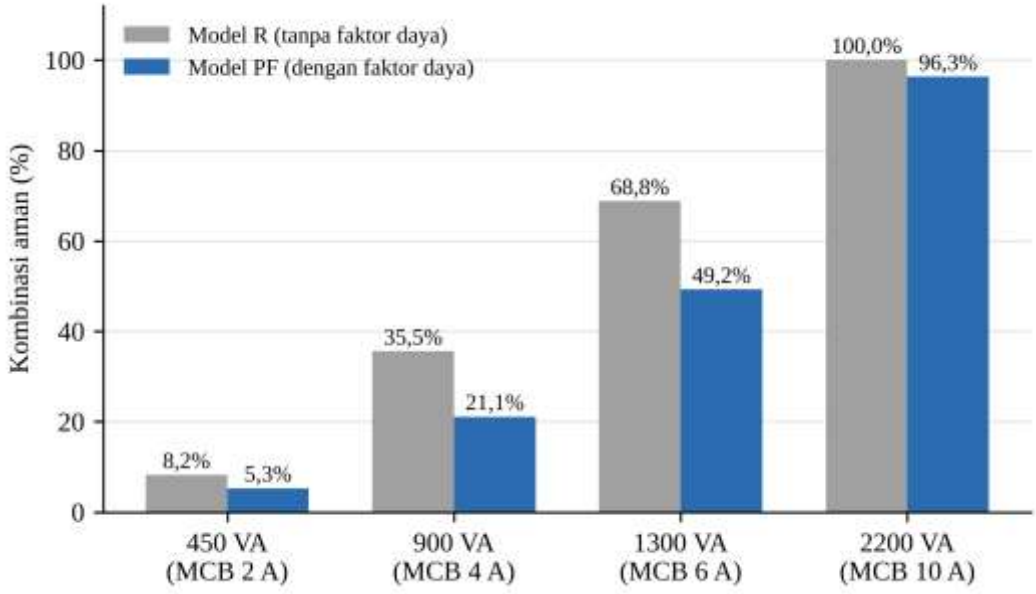
e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

terdapat m peralatan yang menyala, graf memiliki $m + 3$ sisi dan $\mu = m$. Artinya, setiap peralatan yang menyala menambah satu sirkuit fundamental dan satu persamaan KVL. Dengan 3 persamaan KCL dan m persamaan KVL untuk $m + 3$ arus yang belum diketahui, sistem persamaan selalu memiliki solusi tunggal.

Ketika seluruh peralatan menyala pada Model PF, diperoleh tegangan dapur sebesar 219,13 V dan tegangan ruang tengah sebesar 218,62 V, dengan arus total 11,57 A. Pemeriksaan terhadap seluruh 1.024 perhitungan (512 kombinasi pada dua model) menunjukkan bahwa selisih terbesar pada persamaan KCL dan KVL kurang dari 10^{-12}, sehingga hasil perhitungan dapat dinyatakan konsisten.

Hasil enumerasi 512 kombinasi pada empat golongan daya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proporsi kombinasi peralatan yang aman pada setiap golongan daya

Perbedaan antara kedua model paling terlihat pada golongan 1300 VA. Tanpa memperhitungkan faktor daya, terdapat 352 kombinasi (68,8%) yang tergolong aman. Namun, setelah faktor daya diperhitungkan, kombinasi yang aman hanya berjumlah 252 (49,2%), atau berselisih 19,6 poin persen. Pada golongan 2200 VA pun terdapat 19 kombinasi yang arusnya melebihi 10 A apabila faktor daya ikut diperhitungkan. Sementara itu, pengaruh hambatan kabel sangat kecil, karena pada Model R selisih arus antara model graf lengkap dan rumus sederhana $\Sigma P/V$ paling besar hanya 0,63%.

Pada Model PF, rata-rata arus dari 512 kombinasi adalah 5,91 A dengan median 6,05 A, simpangan baku 2,35 A, dan nilai maksimum 11,57 A. Adapun pada Model R, rata-rata arusnya adalah 4,88 A dengan median 4,88 A, simpangan baku 2,01 A, dan nilai maksimum 9,75 A. Banyaknya kombinasi yang aman pada golongan 1300 VA berdasarkan jumlah peralatan yang menyala disajikan pada Tabel 3.

e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

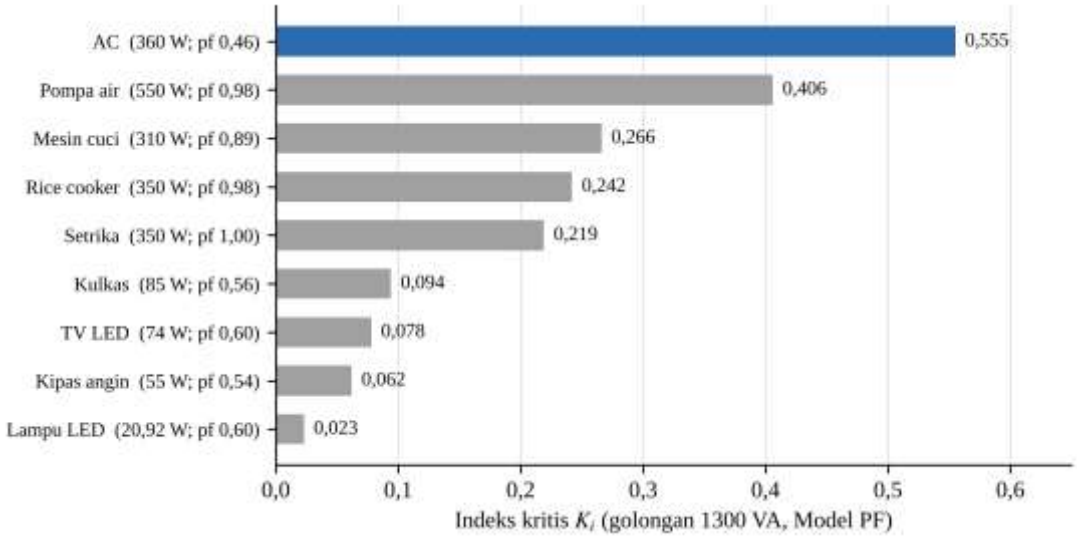
Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

Tabel 3. Kombinasi aman pada golongan 1300 VA berdasarkan jumlah peralatan yang menyala

Jumlah peralatan menyala	Banyak kombinasi	Aman (Model R)	Aman (Model PF)
0–2	46	46 (100%)	46 (100%)
3	84	84 (100%)	77 (91,7%)
4	126	115 (91,3%)	81 (64,3%)
5	126	77 (61,1%)	39 (31,0%)
6	84	26 (31,0%)	9 (10,7%)
7–9	46	4 (8,7%)	0 (0%)

Berdasarkan Tabel 3, penggunaan dua peralatan apa pun secara bersamaan selalu aman. Risiko mulai meningkat tajam ketika empat peralatan atau lebih dinyalakan bersamaan, dan penggunaan tujuh peralatan atau lebih selalu menyebabkan MCB putus pada Model PF.

Nilai indeks kritis setiap peralatan pada golongan 1300 VA ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Indeks kritis peralatan pada golongan 1300 VA (Model PF)

Urutan pada Gambar 4 tidak sama dengan urutan besarnya daya. Pompa air memiliki daya terbesar, yaitu 550 W, tetapi AC dengan daya 360 W justru lebih kritis karena faktor dayanya hanya 0,46. Arus yang ditarik AC setara dengan arus pada peralatan resistif berdaya sekitar 783 W. Pada Model R, pompa air menjadi peralatan paling kritis (K = 0,500), sedangkan nilai K untuk AC hanya 0,273.

Pada Model PF untuk golongan 1300 VA diperoleh 30 himpunan *overload* minimal dan 28 himpunan aman maksimal. Himpunan *overload* minimal yang paling kecil terdiri atas tiga peralatan. Terdapat tujuh himpunan dengan ukuran tersebut, dan seluruhnya memuat AC, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik
Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

Tabel 4. Himpunan overload minimal yang terdiri atas tiga peralatan

No	Kombinasi tiga peralatan	Arus (A)
1	Mesin cuci + AC + setrika	6,02
2	Pompa air + AC + TV LED	6,07
3	Pompa air + kulkas + AC	6,19
4	*Rice cooker* + mesin cuci + AC	6,25
5	Pompa air + AC + setrika	6,78
6	*Rice cooker* + pompa air + AC	6,97
7	Pompa air + mesin cuci + AC	7,06

Himpunan lainnya terdiri atas 16 himpunan dengan empat peralatan, enam himpunan dengan lima peralatan, dan satu himpunan dengan enam peralatan. Selama tidak ada satu pun dari 30 himpunan tersebut yang menyala secara bersamaan, MCB tidak akan putus.

2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hambatan kabel bukan faktor yang menentukan terjadinya *overload*. Ketika seluruh peralatan menyala, tegangan di ruang tengah hanya turun sekitar 1,4 V. Meskipun demikian, model graf tetap diperlukan untuk memastikan bahwa persamaan Kirchhoff tersusun secara lengkap, sebagaimana dijelaskan oleh Deo (1974). Untuk keperluan pengecekan sehari-hari, hambatan kabel dapat diabaikan, asalkan faktor daya peralatan tetap diperhitungkan.

Faktor daya ternyata memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kesimpulan. Tanpa memperhitungkan faktor daya, proporsi kombinasi yang aman pada golongan 1300 VA mencapai 68,8%, tetapi setelah faktor daya diperhitungkan angka tersebut turun menjadi 49,2%. Urutan peralatan yang paling kritis juga berubah, yaitu AC yang semula berada di peringkat kedua menjadi peringkat pertama. Temuan ini sejalan dengan Silalahi (2024) yang menunjukkan bahwa peralatan bermotor memiliki faktor daya rendah, serta dengan Arifi, Yuliana and Sujatmiko (2026) yang menemukan bahwa karakteristik kualitas daya rumah tangga berbeda sesuai pola pembebanannya. Penelitian ini melengkapi temuan tersebut dengan memperlihatkan dampaknya secara kuantitatif terhadap batas MCB.

Struktur himpunan juga membuat hasil penelitian dapat disajikan secara ringkas. Dari 512 kombinasi, terdapat 260 kombinasi yang mengalami *overload* pada Model PF. Karena sifat *overload* bersifat monoton, ke-260 kombinasi tersebut cukup diwakili oleh 30 himpunan *overload* minimal, atau sekitar sembilan kali lebih ringkas. Daftar ini dapat digunakan sebagai panduan pemakaian peralatan maupun sebagai aturan prioritas pada sistem pelepasan beban otomatis seperti yang dikembangkan oleh Zhafrana and Rosyadi (2026). Perbedaannya, sistem tersebut bekerja setelah *overload* terjadi, sedangkan hasil pemetaan dalam penelitian ini sudah dapat menunjukkan kombinasi yang berbahaya sebelum peralatan dinyalakan. Hasil ini juga melengkapi penelitian Hartono *et al.* (2025) yang berfokus pada konsumsi energi dan biaya, karena pemetaan kombinasi aman membantu pengaturan waktu pemakaian peralatan berdaya besar tanpa harus menambah daya tersambung.

Berdasarkan hasil tersebut, beberapa aturan praktis dapat dirumuskan untuk rumah dengan daya 1300 VA. Dua peralatan apa pun dari daftar ini selalu aman digunakan secara bersamaan. Apabila AC dan pompa air menyala bersamaan, penambahan peralatan apa pun selain lampu atau kipas angin akan menyebabkan MCB putus. Apabila AC dan mesin cuci menyala bersamaan, *rice cooker*, setrika, atau pompa air sebaiknya tidak ikut dinyalakan. Penggunaan tujuh peralatan atau lebih secara bersamaan selalu menyebabkan MCB putus.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Faktor daya lampu LED dan TV yang rendah sebagian besar disebabkan oleh harmonisa, tetapi dalam model ini diperlakukan sama seperti beban induktif. Arus awal pada peralatan bermotor yang dapat mencapai beberapa kali arus normal juga belum dimodelkan, sehingga kondisi sebenarnya dapat sedikit berbeda dari hasil perhitungan. Selain itu, seluruh kombinasi diberi

e-ISSN: 2964-0849
Vol.5 No.1 November 2026
DOI :https://doi.org/10.59585/bajik

Barongko
Jurnal Ilmu Kesehatan

bobot yang sama, padahal dalam kehidupan sehari-hari ada kombinasi yang lebih sering terjadi dibandingkan kombinasi lainnya.

IV. KESIMPULAN

Instalasi listrik rumah tangga dapat dimodelkan sebagai graf berarah dengan empat simpul, dengan setiap peralatan yang menyala menambah satu sisi dan satu sirkuit fundamental, sehingga persamaan Kirchhoff dapat disusun secara lengkap melalui matriks insidensi. Hasil enumerasi 512 kombinasi sembilan peralatan menunjukkan bahwa dengan memperhitungkan faktor daya, proporsi kombinasi yang aman adalah 5,3% pada 450 VA, 21,1% pada 900 VA, 49,2% pada 1300 VA, dan 96,3% pada 2200 VA, sedangkan pengabaian faktor daya membuat proporsi aman pada golongan 1300 VA terlihat 19,6 poin persen lebih tinggi. AC merupakan peralatan paling kritis (K = 0,555) karena faktor dayanya rendah, dan 260 kombinasi *overload* dapat diringkas menjadi 30 himpunan *overload* minimal, dengan tujuh himpunan terkecil yang hanya terdiri atas tiga peralatan dan seluruhnya memuat AC. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memberikan bobot pada setiap kombinasi berdasarkan pola pemakaian harian, memodelkan arus awal peralatan bermotor dan karakteristik waktu trip MCB, serta menerapkan himpunan *overload* minimal sebagai aturan prioritas pada sistem pelepasan beban berbasis IoT.

DAFTAR PUSTAKA

Alexander, C. K. and Sadiku, M. N. O. (2017) *Fundamentals of Electric Circuits*. 6th edn. New York: McGraw-Hill Education.

Anugrah, D. (2023) 'Penerapan Hukum Kirchhoff dan Hukum Ohm pada Metode Analisis Rangkaian Listrik Menggunakan Simulasi Software Electronics Workbench', *JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, 8(1), pp. 47–57.

Arifi, M. N., Yuliana, D. E. and Sujatmiko, B. M. (2026) 'Studi Karakteristik Kelistrikan Rumah Tangga Daya 450 VA – 2200 VA melalui Simulasi MATLAB Simulink', *Magnetika*, 10(1), pp. 19–32.

Bollobás, B. (1998) *Modern Graph Theory*. New York: Springer.

Deo, N. (1974) *Graph Theory with Applications to Engineering and Computer Science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Firdaus, F. (2012) *Pengaplikasian Graf Planar pada Analisis Mesh*. Makalah IF2091 Struktur Diskrit. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Hartono, Nugraha, F. C. T. S., Ramadhan, M. D. J. and Heryadi, R. M. (2025) 'Analisis Konsumsi dan Estimasi Biaya Energi Listrik pada Rumah Tangga Daya 1300 VA', *JuTEkS (Jurnal Teknik Elektro dan Sains)*, 12(2), pp. 297–304. doi: 10.32832/juteks.v12i2.21656.

International Electrotechnical Commission (2004) *IEC 60228: Conductors of Insulated Cables*. 3rd edn. Geneva: IEC.

Kirchhoff, G. (1847) 'Ueber die Auflösung der Gleichungen, auf welche man bei der Untersuchung der linearen Vertheilung galvanischer Ströme geführt wird', *Annalen der Physik und Chemie*, 72(12), pp. 497–508.

Munir, R. (2016) *Matematika Diskrit*. Edisi Revisi. Bandung: Informatika.

Pratiwi, B. A., Dharmawan, D., Ilham, M., Firdaus, R. A., Putra, T. P. and Yuniar, R. J. (2024) 'Analisis Jaringan Listrik di Perumahan Cardjo KM 15 Balikpapan Menggunakan Minimum Spanning Tree', *Jurnal Elektrosista*, 11(2), pp. 148–156.

Rahman, A. and Juliani, F. (2024) 'Analisis Rangkaian Listrik dengan Sistem Persamaan Linear Menggunakan Dekomposisi LU', *Jurnal Infotronik*, 9(2), pp. 90–94. doi: 10.32897/infotronik.2024.9.2.3877.

Rosen, K. H. (2019) *Discrete Mathematics and Its Applications*. 8th edn. New York: McGraw-Hill Education.

Saproni, S. and Hendrawati, E. (2026) 'Pemantauan Konsumsi Energi Listrik berbasis Internet of Things (IoT)', *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 5(9), pp. 4583–4594. doi: 10.55681/sentri.v5i9.7156.

Silalahi, E. M. (2024) 'Analisa Harmonisa dan Faktor Daya Peralatan Listrik Rumah Tangga pada Sistem Tegangan Rendah 220 V', *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(4), pp. 2545–2556. doi: 10.70609/gtech.v8i4.5352.

Zhafrana, M. R. and Rosyadi, S. (2026) 'Rancang Bangun Sistem Monitoring Energi Berbasis IoT', *Journal of Applied Electrical Engineering Innovation*, 2(2), pp. 22–31.