FISIKA

Kelas XII SMA/Sederajat

MATERI

Listrik Arus Searah



POGIL

Nama : .....

Kelas : .....

Irfan Yusuf, M.Pd.
Prof. Dr. Punaji Setyosari, M.Ed.,M.Pd.
Prof. Dr. Dedi Kuswandi, M.Pd.
Saida Ulfa, M.Edu.,Ph.D.

LIVEWORKSHEETS

DAYA LISTRIK DAN INSTALASI LISTRIK

A. Identifikasi Kebutuhan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi daya listrik dan instalasi listrik, pebelajar diharapkan dapat dengan tepat:

- Menganalisis daya listrik pada rangkaian arus searah.
- Melakukan instalasi rangkaian listrik arus searah untuk menyelesaikan masalah.
- Menganalisis konsumsi daya listrik di rumah dan cara menghematnya.

Pengantar



Gambar 1. Daya Listrik pada Meteran

Pemahaman tentang daya listrik sangat penting karena berkaitan langsung dengan konsumsi energi suatu perangkat serta efisiensi penggunaannya. Agar listrik dapat digunakan dengan aman dan efisien, diperlukan instalasi listrik yang sesuai dengan denah rumah. Instalasi listrik rumah tangga harus dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan daya, distribusi beban, serta standar keselamatan untuk mencegah bahaya seperti korsleting dan kebakaran. Dalam sebuah rumah, denah instalasi listrik menggambarkan letak berbagai komponen listrik, seperti stopkontak, sakelar, lampu, panel listrik utama, dan jalur kabel yang menghubungkan semuanya. Listrik dapat didistribusikan secara merata sesuai kebutuhan di setiap ruangan, menghindari beban berlebih pada satu jalur, serta memastikan akses yang mudah untuk pemeliharaan dan perbaikan. Selain itu, setiap ruangan memiliki kebutuhan listrik yang berbeda, dapur membutuhkan daya lebih besar karena adanya peralatan seperti kulkas dan microwave, sementara kamar tidur mungkin hanya memerlukan lampu dan beberapa stopkontak untuk perangkat elektronik.

Pada pembahasan ini, kita akan memahami bagaimana memilih komponen listrik yang tepat, menentukan kapasitas

LIVEWORKSHEETS

daya yang sesuai, serta menerapkan sistem pengaman seperti pemutus arus atau MCB dan sistem pembumian. Dengan memahami konsep ini, kita dapat memastikan bahwa instalasi listrik di rumah tidak hanya berfungsi dengan baik tetapi juga aman bagi seluruh penghuni.

💡 Prediksi Awal



Sebelum kita mempelajari lebih dalam tentang Daya Listrik dan Instalasi Listrik, mari kita pikirkan beberapa pertanyaan terkait penggunaan listrik dalam kehidupan sehari-hari. Ketika kalian menggunakan berbagai perangkat listrik misalnya AC, apakah kalian pernah bertanya-tanya berapa besar penggunaan listrik oleh perangkat tersebut? Bagaimana cara menentukan apakah suatu alat listrik boros energi atau tidak serta bagaimana upaya menghemat penggunaan listrik tersebut? Bagaimana tanggapan Anda terkait hal tersebut?.

Tulis jawabanmu pada kolom berikut:

LIVEWORKSHEETS

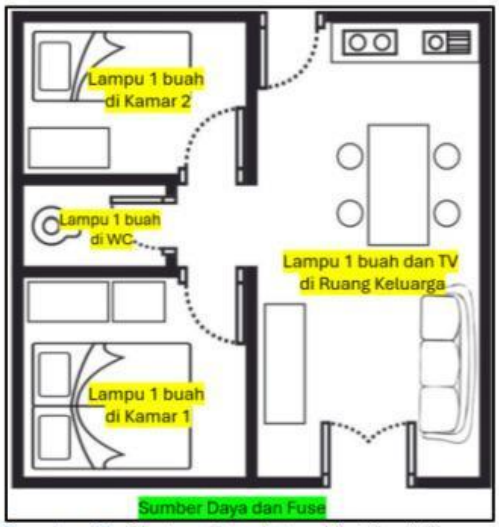
B. Menghubungkan Pengetahuan Sebelumnya

Sebelum kita membahas tentang Daya Listrik dan Instalasi Listrik, mari kita hubungkan dengan pengetahuan yang telah kalian pelajari sebelumnya. Kalian sudah memahami konsep Hukum Ohm, yang menjelaskan hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan dalam suatu rangkaian listrik. Bagaimana menurut kalian, konsep ini dapat diterapkan dalam menghitung daya yang digunakan oleh perangkat listrik di rumah? Jika suatu alat listrik memiliki hambatan tertentu, bagaimana pengaruhnya terhadap arus dan daya yang dibutuhkan? Selain itu, kalian juga telah mempelajari tentang Hukum Kirchhoff, khususnya Hukum Kirchhoff tentang Arus (KCL) dan Tegangan (KVL). Bagaimana kedua hukum tersebut bisa membantu kita dalam merancang instalasi listrik rumah, khususnya untuk memastikan bahwa setiap jalur listrik terhubung dengan benar tanpa menyebabkan penurunan tegangan atau distribusi arus yang tidak merata? Kalian juga sudah tahu pentingnya pengaman dalam sistem listrik, seperti sekering dan pemutus arus (MCB). Menurut kalian, mengapa perangkat-perangkat ini sangat penting dalam instalasi listrik rumah dan bagaimana cara kerjanya dalam melindungi sistem kelistrikan dari risiko bahaya?.

Tulis jawabanmu pada kolom berikut:

LIVEWORKSHEETS

C. Eksplorasi Materi



Gambar 2. Sketsa Peralatan Listrik di Rumah

Berbagai peralatan listrik di rumah seperti lampu, TV, *rice cooker*, dan setrika, digunakan untuk mendukung aktivitas harian. Masing-masing alat ini membutuhkan daya listrik tertentu agar dapat berfungsi dengan baik.

Pemahaman daya listrik, serta bagaimana menentukan biaya listrik yang harus dibayar setiap bulan, sangat penting agar penggunaan listrik dapat lebih bijak dan menghindari pemborosan.

Setiap produk elektronik yang ada pada umumnya diberi spesifikasi watt untuk membedakan satu dengan yang lainnya. Misalnya pada lampu, ada yang 5 watt, 10 watt, dan seterusnya. Demikian juga pada setrika, mesin cuci dan televisi. Satuan watt (W) merupakan satuan dari daya listrik. Sama halnya dengan ketika belajar tentang energi dan daya pada bab mekanika, dalam hal kelistrikan, daya listrik juga merupakan energi tiap satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam volt ampere. Sebuah komponen jika dihubungkan dengan sumber tegangan, maka muatan pada komponen akan bergerak dari potensial tinggi menuju potensial yang lebih rendah. Energi potensial yang dimiliki muatan yang berada dalam beda potensial:

$$E = qV$$

Daya listrik dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$P = \frac{\text{Energi}}{\text{Waktu}} = \frac{E}{t} = \frac{qV}{t} \text{ atau } \text{Energi} = P \times \text{Waktu}$$

LIVEWORKSHEETS

Daya listrik terjadi karena adanya perpindahan energi dari baterai ke perangkat yang lain, jika perangkat tersebut adalah motor yang terhubung ke beban mekanis, maka terjadi pentransferan energi ketika dilakukan suatu usaha. Jika perangkat adalah baterai, maka energi ditransfer ke energi kimia yang tersimpan dalam baterai. Jika perangkat adalah resistor, energi akan ditransfer ke energi internal, sehingga akan meningkatkan suhu resistor. Ketika elektron bergerak dalam sebuah resistor pada kecepatan yang konstan dan energi kinetik yang konstan maka energi potensial listriknya akan hilang dan muncul sebagai energi termal dalam resistor dan sekitarnya. Dengan demikian energi mekanik ditransfer ke energi termal, sementara transfer tersebut tidak dapat berbalik. Untuk resistor atau resistansi kita dapat menulisnya resistansi R dan dapat digabungkan ke dalam suatu persamaan yang disebut daya listrik. Daya listrik P pada rangkaian dengan besar arus listrik I dan tegangan V sebesar:

$$P = VI \text{ atau } I = \frac{P}{V}$$

Substitusikan persamaan hambatan, sehingga daya listrik juga dapat dinyatakan dengan:

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ atau } P = I^2 R \text{ atau } R = \frac{V^2}{P}$$

Pemasangan peralatan listrik dapat dilakukan dengan melihat hambatan setiap peralatan tersebut. Besar daya listrik yang digunakan di rumah dinyatakan dalam kWh (*kilo watt hour*). Setiap kWh dibebankan biaya tertentu sehingga semakin besar konsumsi daya listrik, biaya yang harus dikeluarkan semakin besar.

Penentuan besar biaya yang harus dibayar dapat dilakukan dengan menentukan energi listrik yang digunakan dikali dengan jumlah waktu penggunaan dan biaya per kWh. Adapun tarif tenaga listrik (*Adjustment*) per kWh yang ditetapkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) Indonesia sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 34.

LIVEWORKSHEETS

PLN

PENETAPAN
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK *(TARIFF ADJUSTMENT)*

JANUARI - MARET 2025

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*)	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.444,70	1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.444,70	1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.699,53	1.699,53
5.	R-3/TR, TM	6.600 VA ke atas	*)	1.699,53	1.699,53
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.444,70	1.444,70
7.	B-3/TM, TT	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.699,53	1.699,53
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.415,01 Blok LWBP = 1.415,01 kVArh = 1.522,88 ****)	-
12.	P-3/TR		*)	1.699,53	1.699,53
13.	L/TR, TM, TT	-	-	Blok WBP dan Blok LWBP = N x 1.644,52 kVArh = N x 1.644,52 ****)	1.644,52

Catatan :
*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian.
**) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian LWBP.
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).
K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat (1,4 ≤ K ≤ 2), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.
LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Gambar 3. Tarif *Adjustment* PLN
Sumber: https://web.pln.co.id/pelanggan/tarif-tenaga-listrik/tariff-adjustment

Pemasangan peralatan listrik di rumah harus dilakukan sesuai dengan ketentuan. Adapun prinsip-prinsip instalasi listrik di rumah sebagai berikut:

1. Semua instalasi dirangkai secara paralel.
2. Perlu pemasangan *Miniature Circuit Breaker* (MCB)/sekring/Fuse.
3. Jumlah total daya beban (jika bersamaan berfungsi) harus lebih kecil dari daya pada sumber.

LIVEWORKSHEETS

Prinsip pertama adalah bahwa instalasi listrik di rumah dirangkai secara paralel. Pada rangkaian paralel, setiap peralatan listrik terhubung langsung ke sumber tegangan sehingga dapat beroperasi secara independen. Menyalakan atau mematikan satu alat tidak akan memengaruhi alat lainnya. Rangkaian paralel juga memastikan setiap alat menerima tegangan yang sama dengan sumber, yang penting agar alat bekerja secara optimal sesuai spesifikasinya. Hal ini juga memudahkan dalam hal pemeliharaan dan penggantian alat tanpa harus mematikan seluruh jaringan listrik di rumah.

Prinsip kedua adalah pemasangan *Miniature Circuit Breaker* (MCB), sekring, atau fuse pada instalasi rumah. Komponen ini berfungsi sebagai alat pengaman dari gangguan arus lebih atau korsleting. Ketika arus listrik yang mengalir melebihi kapasitas aman, MCB akan secara otomatis memutus aliran listrik, mencegah kerusakan alat elektronik dan risiko kebakaran. MCB harus dipilih sesuai dengan kapasitas daya rumah dan ditempatkan pada posisi strategis, biasanya di dekat sumber distribusi utama. MCB juga memudahkan pengguna untuk mengaktifkan ulang aliran listrik setelah gangguan tanpa harus mengganti sekring secara manual.

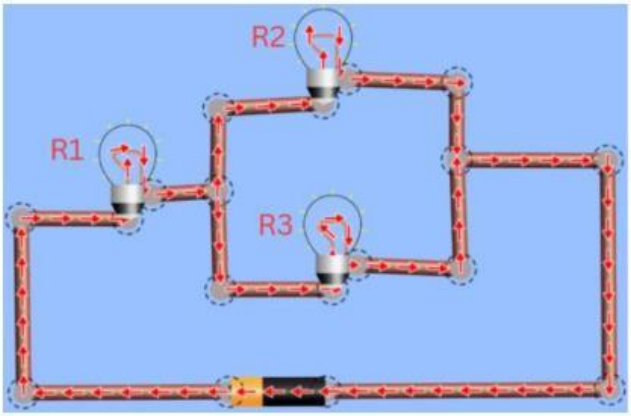
Prinsip ketiga adalah memperhatikan jumlah total daya beban, yaitu total daya dari semua peralatan listrik yang digunakan secara bersamaan. Total ini harus lebih kecil dari daya yang tersedia dari sumber listrik (misalnya PLN). Jika beban melebihi kapasitas, maka akan terjadi *overload*, yang bisa menyebabkan pemutusan aliran listrik oleh MCB atau bahkan merusak peralatan. Oleh karena itu, penting untuk menghitung kebutuhan daya setiap alat dan memastikan penggunaan listrik dilakukan secara efisien. Memahami dan menerapkan prinsip ini dapat membantu penghuni rumah menghindari pemborosan energi dan menjaga sistem instalasi tetap aman.

LIVEWORKSHEETS

D. Contoh Soal

Menganalisis 1

Niko melakukan percobaan virtual yaitu merangkai tiga buah lampu dengan sumber tegangan seperti gambar.



Ternyata daya yang ada pada masing-masing lampu adalah sama besar dan besar kuat arus pada ketiga lampu tersebut berturut-turut adalah I, (1/2)I dan (1/2)I.

Pertanyaan:

Analisis perbandingan hambatan ketiga lampu tersebut!.

Jawaban:

- Menuliskan yang diketahui:
  $P_1=P_2=P_3=P$
  $I_1=I_2=\frac{1}{2}I$
  $I_3=I$

- Menuliskan yang ditanyakan:
  $R_1 : R_2 : R_3$

- Mencari jawaban:
  Daya pada lampu 1
  $P_1 = I_1^2 x\, R_1$
  $P_1 = (I)^2 x\, R_1$
  $P_1 = I^2 x\ R_1$
  Daya pada lampu 2
  $P_1 = I_1^2 x\, R_1$

LIVEWORKSHEETS

$P_1 = \left(\frac{1}{2}I\right)^2 \text{ x } R_1$

$P_1 = \frac{1}{4}I^2 \text{ x } R_1$

Daya pada lampu 3

$P_2 = {I_2}^2 \text{x } R_2$

$P_2 = \left(\frac{1}{2}I\right)^2 \text{ x } R_2$

$P_2 = \frac{1}{4}I^2 \text{ x } R_2$

Karena daya setiap hambatan sama, maka:

$R_1 : R_2 : R_3$

$\frac{P}{I^2} : \frac{P}{1/4I^2} : \frac{P}{1/4I^2}$

$\frac{1}{1} : \frac{1}{1/4} : \frac{1}{1/4} :$

$1 : \frac{4}{1} : \frac{4}{1}$

$1 : 4 : 4$

- Menuliskan kesimpulan akhir:
  Perbandingan nilai resistansi $R_1 : R_2 : R_3$ adalah 1 : 4 : 4. Ini menunjukkan bahwa resistor R_1 memiliki nilai resistansi yang lebih kecil dibandingkan R_2 dan R_3, yang memiliki resistansi yang sama besar.

Menganalisis 2

Andrianus menggunakan daya listrik di rumahnya dengan rincian sebagai berikut:

No.	Jenis Produk	Daya Listrik (W)	Lama Pemakaian (jam)/Hari	Jumlah (buah)
1	Lampu	20	6	3
2	Mesin cuci	300	1	1
3	Kulkas	150	24	1

Pertanyaan:

Jika PLN menetapkan tarif Rp 500,00/kWh, maka analisislah biaya yang harus dibayar setiap bulan (30 hari)!. Jika ingin menghemat pengeluaran listrik bulanan tanpa mengurangi jumlah alat, alat mana yang paling efektif dikurangi waktu penggunaannya?

LIVEWORKSHEETS

Jawaban:

- Menuliskan yang diketahui:

No.	Jenis Produk	Daya Listrik (W)	Lama Pemakaian (jam)/Hari	Jumlah (buah)
1	Lampu	20	6	3
2	Mesin cuci	300	1	1
3	Kulkas	150	24	1

Tarif listrik: Rp 500/kWh.
Waktu total: 30 hari

- Menuliskan yang ditanyakan:
Biaya yang harus dibayar setiap bulan (30 hari)?

- Mencari jawaban:
Perhitungan daya yang digunakan dapat diuraikan berdasarkan tabel sebagai berikut:

Alat	Jumlah	Daya (W)	Waktu	Daya dalam 1 bulan (30 hari)
Lampu	3	40	6	3 x 20 x 6 x 30 = 10.800 Wh = 10,8 kWh
Mesin cuci	1	300	1	1 x 300 x 1 x 30 = 9.000 Wh = 0,9 kWh
Kulkas	1	150	24	1 x 150 x 24 x 30 = 108.000 Wh = 108 kWh
Jumlah				**119,7 kWh**

Biaya dalam 1 bulan = 119,7 kWh x Rp 500 = Rp 59.850

- Menuliskan kesimpulan akhir:
Penggunaan alat-alat listrik dalam 1 bulan menghabiskan total daya sebesar 119,7 kWh dan menimbulkan biaya listrik sebesar Rp 59.850. Kulkas merupakan alat dengan kontribusi konsumsi daya harian tertinggi yaitu 108 Wh/hari. Perlu mempertimbangkan kulkas yang hemat daya atau jika memungkinkan mengurangi waktu penggunaannya, akan secara signifikan menurunkan total konsumsi daya dan biaya listrik bulanan.

LIVEWORKSHEETS

Metakognitif

1. Rinto sedang mendesain sistem penerangan otomatis yang menggunakan rangkaian arus searah (DC). Setelah menghubungkan beberapa lampu dan komponen lainnya, dia ingin mengetahui daya listrik yang digunakan oleh seluruh sistem agar dapat memilih sumber daya yang tepat. Rinto tahu bahwa daya listrik adalah ukuran penting dalam mengetahui seberapa efisien sistem tersebut. Apa sebenarnya daya listrik itu? Apa rumus yang tepat untuk mengetahui seberapa banyak daya yang digunakan?

   Jawaban:

   Daya listrik adalah jumlah energi listrik yang dikonsumsi atau digunakan oleh suatu komponen dalam rangkaian per satuan waktu. Dalam rangkaian arus searah (DC Circuit), daya listrik dihitung dengan menggunakan rumus:

   $$P=V\times I$$

   di mana:
   P = daya listrik (watt, W)
   V = tegangan listrik (volt, V)
   I = arus listrik (ampere, A)
   Selain itu, jika diketahui resistansi (R), daya listrik juga dapat dihitung dengan rumus alternatif berdasarkan Hukum Ohm:

   $$P=I^2\times R$$

   atau

   $$P=V^2/R$$

   Rumus ini digunakan dalam berbagai kondisi untuk menentukan daya yang dikonsumsi oleh suatu perangkat dalam rangkaian listrik searah.

2. Bagaimana cara merancang sistem kelistrikan sederhana menggunakan sumber daya arus searah agar efisien dalam penggunaannya? Berikan contoh penerapan dalam kehidupan sehari-hari!

   Jawaban:

   Merancang sistem kelistrikan yang efisien dalam arus searah dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

   a. Menentukan kebutuhan daya listrik
      - Hitung jumlah daya yang diperlukan oleh perangkat dalam watt (W).

LIVEWORKSHEETS

- Pilih sumber daya (baterai atau adaptor) yang sesuai dengan kebutuhan perangkat.

b. Menyesuaikan tegangan dan arus
   - Gunakan regulator tegangan atau konverter DC-DC jika tegangan sumber tidak sesuai dengan perangkat.
   - Gunakan rangkaian seri atau paralel untuk membagi tegangan atau arus sesuai kebutuhan.

c. Memilih kabel dengan hambatan rendah
   - Kabel dengan hambatan tinggi akan menyebabkan kerugian daya. Gunakan kabel dengan ukuran dan bahan sesuai untuk mengurangi kehilangan daya.

d. Menggunakan komponen hemat energi
   - Contoh: Menggunakan lampu LED dibandingkan lampu pijar karena lebih hemat energi dan memiliki efisiensi tinggi.

Contoh penerapan dalam kehidupan sehari-hari:

- Sistem tenaga surya (solar panel): Menggunakan panel surya untuk mengisi daya baterai yang kemudian digunakan untuk penerangan LED.
- Sirkuit pengisian daya ponsel: Menggunakan power bank dengan regulator tegangan menjaga daya tetap stabil.
- Motor listrik DC dalam kendaraan listrik: Menggunakan rangkaian kontroler daya untuk menyesuaikan penggunaan daya agar lebih efisien.

3. Mengapa penting untuk menghemat konsumsi daya listrik di rumah? Jelaskan dampak penggunaan daya listrik yang berlebihan terhadap lingkungan dan ekonomi!

Jawaban:

Menghemat konsumsi daya listrik sangat penting karena dapat memberikan dampak positif dalam berbagai aspek, termasuk lingkungan dan ekonomi.

a. Dampak terhadap lingkungan:
   - Mengurangi emisi gas rumah kaca. Sebagian besar listrik masih dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil (batubara dan gas), yang menyebabkan polusi udara dan perubahan iklim.
   - Mengurangi eksploitasi sumber daya alam. Penggunaan listrik yang berlebihan meningkatkan permintaan energi, dapat menyebabkan eksploitasi sumber daya seperti batu bara dan minyak bumi.

LIVEWORKSHEETS

- Mengurangi limbah elektronik. Perangkat elektronik yang sering digunakan tanpa efisiensi cenderung lebih cepat rusak, meningkatkan limbah elektronik.

b. Dampak terhadap ekonomi:
   - Menghemat biaya listrik rumah tangga yaitu dengan mengurangi konsumsi daya, tagihan listrik bulanan dapat lebih rendah.
   - Meningkatkan efisiensi peralatan listrik yaitu penggunaan yang lebih hemat membuat perangkat elektronik awet dan mengurangi biaya perawatan.
   - Membantu ketersediaan energi yaitu jika konsumsi listrik berlebihan, terjadi peningkatan beban pada jaringan listrik bisa menyebabkan pemadaman listrik.

c. Cara menghemat daya listrik di rumah:
   - Menggunakan peralatan hemat energi yaitu memilih perangkat elektronik dengan label Energy Star atau yang memiliki konsumsi daya rendah.
   - Mematikan perangkat saat tidak digunakan yaitu mencabut charger, matikan lampu, dan kurangi penggunaan perangkat yang tidak diperlukan.
   - Mengoptimalkan pencahayaan alami yaitu menggunakan jendela dan ventilasi agar tidak perlu menyalakan lampu di siang hari.
   - Menggunakan sumber energi alternatif, seperti panel surya atau lampu LED hemat energi untuk mengurangi ketergantungan pada listrik dari PLN.

Tulis tanggapanmu terhadap eksplorasi materi di atas pada kolom berikut:

LIVEWORKSHEETS