

# PERAN DESAIN PCB DALAM OPTIMALISASI KUALITAS PADA ELEKTRONIKA KONSUMEN

Diajukan untuk memenuhi salah satu tugas Mata kuliah Pengenalan Teknik Elektro yang  
diampu oleh :



## Kelompok 1

1	Bustan Nabel Maulana	101022300013
2	Fahri Fahrezi	101022300021
3	Farelisa Gumaya	101022300053
4	Muhammad Raka Sugiarto	101022330047

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS TELKOM

BANDUNG

2023

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>4</b>
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	6
1.3 TUJUAN.....	6
1.4 SIGNIFIKANSI .....	6
<b>BAB II .....</b>	<b>7</b>
<b>TINJUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 LITERATUR REVIEW .....	7
2.1.1 SINGLE SIDE PCB .....	7
2.1.2 DOUBLE SIDE PCB .....	7
<b>BAB III.....</b>	<b>11</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>11</b>
3.1 METODE PENELITIAN.....	11
3.2 PENDEKATAN PENILITIAN.....	11
3.3 PERANCANGAN SISTEM .....	11
3.4 PENGUMPULAN DATA .....	13
3.5 ANALISIS .....	13
<b>BAB IV .....</b>	<b>17</b>
<b>PEMBAHASAN &amp; PEMBAHASAN .....</b>	<b>17</b>
4.1 HASIL PENELITIAN .....	17
<b>BAB V .....</b>	<b>18</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>18</b>
5.1 KESIMPULAN.....	18
5.2 SARAN .....	18
DAFTAR PUSTAKA .....	19

## **DAFTAR GAMBAR**

gambar 3. 1 Rangkaian lampu flip flop .....	12
gambar 3. 2 desain PCB 1-sided .....	14
gambar 3. 3 desain PCB multilayer .....	15
gambar 3. 4 PCB remote TV Tradisional .....	15
gambar 3. 5 PCB di dalam remote Amazon Fire TV .....	16

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 LATAR BELAKANG**

PCB (*Printed Circuit Board*) merupakan komponen yang sangat penting dalam alat-alat elektronik. Fungsi utamanya adalah menyediakan platform yang andal dan stabil untuk memasang dan menghubungkan komponen elektronik. Jejak tembaga pada permukaan PCB berfungsi sebagai jalur bagi sinyal listrik untuk bergerak di antara komponen, yang menghilangkan kebutuhan akan sambungan kabel yang disolder dengan tangan dan membantu mengurangi ukuran dan berat perangkat elektronik. Selain itu, PCB juga menyediakan isolasi listrik dan melindungi komponen dari kerusakan fisik. PCB digunakan dalam berbagai perangkat elektronik, termasuk komputer, ponsel pintar, televisi, dan peralatan medis. Selain itu, PCB juga digunakan dalam aplikasi industri dan militer, seperti sistem kontrol, catu daya, dan sistem komunikasi.

Proses produksi PCB melibatkan beberapa langkah, termasuk desain, etsa, pengeboran, pemasangan komponen, dan pengujian. Langkah awal dalam tahap pembuatan desain PCB adalah membuat rangkaian skematik dari PCB. Desain PCB harus dibuat sebagus mungkin supaya mampu menawan hati para konsumen (*user*) dan dapat dilakukan dengan bantuan komputer atau lebih dikenal dengan istilah *computer-aided design (CAD)* seperti *EAGLE CAD soft* PCB. Proses produksi PCB telah mengalami perkembangan dari waktu ke waktu, menghasilkan produk yang lebih berkualitas dan lebih andal. Dengan meningkatnya permintaan untuk perangkat elektronik yang lebih kecil dan lebih kompleks, perkembangan teknologi PCB akan terus memainkan peran penting dalam kemajuan industri elektronik.

Seiring dengan evolusi teknologi, kebutuhan akan PCB yang lebih canggih dan efisien terus meningkat. Dengan perkembangan dalam domain seperti Internet of Things (IoT), sensor-sensor miniatur, dan perangkat pintar yang semakin kompleks, desain PCB harus mampu menampung komponen-

komponen yang lebih padat dalam area yang lebih kecil. Inovasi dalam material PCB, seperti PCB fleksibel dan PCB berlapis, telah membuka peluang baru untuk integrasi dalam perangkat yang memiliki bentuk dan fungsi yang lebih kompleks.

Selain itu, tantangan utama dalam produksi PCB adalah memastikan integritas sinyal, efisiensi termal, dan keandalan keseluruhan dari perangkat elektronik. Dengan frekuensi operasi perangkat semakin tinggi, pengendalian impedansi dan peredaman sinyal menjadi lebih kritis. Oleh karena itu, pemilihan material, seperti jenis tembaga dan substrat, serta teknik fabrikasi yang tepat menjadi faktor penting dalam memastikan kinerja optimal dari PCB.

Tidak hanya itu, isu lingkungan juga menjadi pertimbangan penting dalam produksi PCB. Seiring meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan dan dampak lingkungan dari industri elektronik, ada tuntutan untuk mengembangkan metode produksi PCB yang lebih ramah lingkungan, menggunakan bahan yang dapat didaur ulang dan proses produksi yang lebih efisien dari sisi energi. Organisasi dan pabrikan di seluruh dunia sedang berusaha untuk mengurangi jejak karbon mereka dan meminimalkan limbah yang dihasilkan selama proses produksi PCB.

Selain aspek teknis dan lingkungan, aspek ekonomi juga mempengaruhi industri PCB. Dengan adanya persaingan global, pabrikan PCB harus terus menerus meningkatkan efisiensi, menekan biaya produksi, dan menawarkan solusi yang inovatif kepada klien mereka. Peningkatan efisiensi produksi, pemilihan material yang tepat, dan penerapan teknologi otomatisasi adalah beberapa strategi yang diadopsi oleh produsen untuk tetap kompetitif di pasar yang semakin ketat ini.

Dalam pandangan keseluruhan, PCB bukan hanya merupakan komponen kritis dalam perangkat elektronik, tetapi juga simbol dari kemajuan teknologi dan inovasi dalam industri elektronik. Dengan terus berkembangnya teknologi dan kebutuhan akan perangkat yang lebih canggih, pentingnya PCB

sebagai fondasi dalam elektronika akan terus meningkat. Ini menunjukkan bahwa industri PCB akan terus menjadi bidang yang dinamis, dengan inovasi dan perkembangan teknologi yang terus menerus mendorong batas-batas kemungkinan dalam desain dan produksi.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah peran yang dimainkan oleh desain PCB dalam meningkatkan kualitas produk elektronika konsumen dan pengembangan strategi untuk mengoptimalkan proses desain PCB guna memastikan kualitas yang lebih tinggi pada produk elektronika konsumen

## 1.3 TUJUAN

Maksud pada pembuatan laporan ini:

1. Merumuskan strategi pengembangan desain PCB untuk meningkatkan kualitas produk elektronika konsumen.
2. Mengidentifikasi peran desain PCB dalam meningkatkan kualitas produk elektronika konsumen.

## 1.4 SIGNIFIKANSI

PCB menyediakan platform yang andal dan stabil untuk memasang dan menghubungkan komponen elektronik. Dengan adanya jejak tembaga pada permukaan PCB, sinyal listrik dapat bergerak di antara komponen tanpa perlu sambungan kabel yang disolder dengan tangan, sehingga membantu mengurangi ukuran dan berat perangkat elektronik.

## BAB II

### TINJUAN PUSTAKA

#### 2.1 LITERATUR REVIEW

##### 2.1.1 SINGLE SIDE PCB

Seperti namanya, jenis single side PCB hanya akan memiliki satu lapisan tembaga saja. Dimana lapisan yang terpasang akan ada pada satu sisi substrat. PCB Jenis ini biasanya dipakai untuk membuat rangkaian elektronik sederhana. Dilihat dari sisi biaya, harganya pun terbilang paling murah di antara jenis PCB lainnya.

PCB 1 *Layer (Single-Sided)* hanya memiliki lapisan tembaga konduktif di satu sisi papan, cocok untuk desain rangkaian dasar dan berdensitas rendah. Biaya manufaktur lebih rendah dan kecepatan pembuatan papan tinggi, sehingga cocok untuk produksi dalam jumlah besar. Namun, PCB ini membutuhkan lebih banyak ruang dan memiliki fleksibilitas routing rangkaian yang kurang. Tidak ada persimpangan atau tumpang tindih jejak, sehingga mudah untuk melakukan *troubleshooting*, *debug*, dan perbaikan.

Sementara itu, PCB 2 *Layer (Double-Sided)* memiliki lapisan tembaga konduktif di kedua sisi papan, cocok untuk desain rangkaian yang kompleks dan berdensitas tinggi. Meskipun biaya manufaktur lebih tinggi dan kecepatan pembuatan papan lebih lambat, PCB ini memenuhi batasan ruang dalam desain rangkaian dan sangat baik untuk teknologi dan aplikasi yang menuntut. PCB ini memiliki fleksibilitas routing rangkaian yang lebih dan ada persimpangan dan tumpang tindih jejak, namun lebih sulit untuk melakukan *troubleshooting* dan perbaikan.

##### 2.1.2 DOUBLE SIDE PCB

Disebut *double side* PCB karena di dalamnya memang terdapat lapisan tembaga yang menempel pada kedua sisi substrat. Dimana kedua lapisan yang ada pada bagian sisi substrat tersebut akan dihubungkan dengan

sebuah lubang. Jika dilihat dari sisi biaya, harga *double side* PCB ini tentu saja lebih mahal dibandingkan *single side*.

### 2.1.3 PERBANDINGAN ANTARA PCB 1 LAYER DAN PCB 2 LAYER

#### *PCB 1 Layer (Single-Sided):*

- Lapisan tembaga konduktif hanya ada di satu sisi papan.
- Cocok untuk desain rangkaian dasar.
- Terutama mengembangkan desain rangkaian berdensitas rendah.
- Biaya manufaktur lebih rendah.
- Kecepatan pembuatan papan tinggi, menghasilkan volume PCB yang besar.
- Membutuhkan lebih banyak ruang.
- Rangkaian dasar bebas dari teknologi canggih.
- Fleksibilitas routing rangkaian kurang.
- Tidak ada persimpangan atau tumpang tindih jejak.
- Mudah untuk melakukan troubleshooting, debug, dan perbaikan.

#### *PCB 2 Layer (Double-Sided):*

- Lapisan tembaga konduktif ada di kedua sisi papan.
- Cocok untuk desain rangkaian yang kompleks.
- Baik untuk mengembangkan desain rangkaian berdensitas tinggi.
- Biaya manufaktur lebih tinggi.
- Kecepatan pembuatan papan lebih lambat, sehingga volume produksi lebih rendah.
- Memenuhi batasan ruang dalam desain rangkaian.
- Sangat baik untuk teknologi dan aplikasi yang menuntut.
- Lebih fleksibel dalam routing rangkaian.
- Ada persimpangan dan tumpang tindih jejak.
- Sulit untuk melakukan *troubleshooting* dan perbaikan.



Jadi kesimpulan yang didapat adalah dalam perbandingan antara *Single-Sided* PCB (1 Layer) dan *Double-Sided* PCB (2 Layer), keduanya memiliki kelebihan dan kelemahan yang harus dipertimbangkan.

- *Single-Sided* PCB lebih ekonomis dengan biaya produksi rendah, cocok untuk desain sederhana dan produksi dalam jumlah besar. Meski kurang fleksibel dalam kompleksitas dan routing, mudah untuk *troubleshooting*.

- *Double-Sided* PCB menawarkan fleksibilitas lebih besar untuk desain kompleks dan berdensitas tinggi. Meskipun biaya produksi lebih tinggi, memberikan keleluasaan dalam routing dan desain yang lebih canggih.

Dalam memilih antara keduanya, perlu mempertimbangkan anggaran, kompleksitas desain, dan kebutuhan proyek untuk mencapai keseimbangan yang sesuai.

#### 2.1.4 PCB Multilayer

Multilayer PCB adalah jenis PCB yang terdiri dari beberapa lapisan substrat dan lapisan tembaga yang dipisahkan oleh lapisan insulator. Multilayer PCB ini biasanya digunakan pada rangkaian elektronik yang kompleks. Umumnya terdiri dari 4 lapisan, 6 lapisan, 8 lapisan, 10 lapisan hingga 16 lapisan. Multilayer PCB terdiri dari dua atau lebih lapisan isolasi yang fleksibel, tahan lama, ringan, kompak, dan melakukan banyak fungsi. PCB ini adalah papan listrik yang digunakan di berbagai industri, misalnya telekomunikasi, militer, dan Pertahanan.

PCB multilayer memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan:

Kelebihan:

- PCB multilayer tahan oksidasi.
- Struktur yang beragam, kepadatan tinggi.
- Peningkatan keandalan, termasuk peningkatan ketahanan terhadap ekspansi sumbu z.

Kekurangan:

- Biaya lebih tinggi: sulit untuk membuat PCB multilayer, yang selalu membutuhkan lebih banyak biaya untuk pembuatan daripada PCB satu lapis.
- Pertahanan kesulitan: Karena proses pembuatan PCB multi-layer rumit, jika ada masalah, sulit untuk mencapai lapisan dalam PCB multi-layer untuk diperbaiki.
- Kesulitan pengerjaan: Karena proses pembuatan PCB multi-lapis yang rumit, keluaran rendah.
- Kesalahan dalam proses manufaktur atau perakitan sangat sulit untuk diperbaiki, menghasilkan biaya tenaga kerja tambahan atau biaya limbah.
- Peralatan yang digunakan untuk memproduksi PCB multilayer sangat mahal karena masih merupakan teknologi yang relatif baru.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan pada laporan ini adalah penelitian kualitatif. Menurut David Williams (1995), penelitian kualitatif adalah upaya peneliti mengumpulkan data yang didasarkan pada latar alamiah.

#### **3.2 PENDEKATAN PENELITIAN**

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan komparatif. penelitian komparatif merupakan penelitian yang membandingkan antara produk variabel satu dengan variabel lainnya . Hasil penelitian berupa deskriptif, yakni pemaparan yang menunjukkan kesamaan atau perbedaan dari dua produk atau lebih yang dibandingkan.

#### **3.3 PERANCANGAN SISTEM**

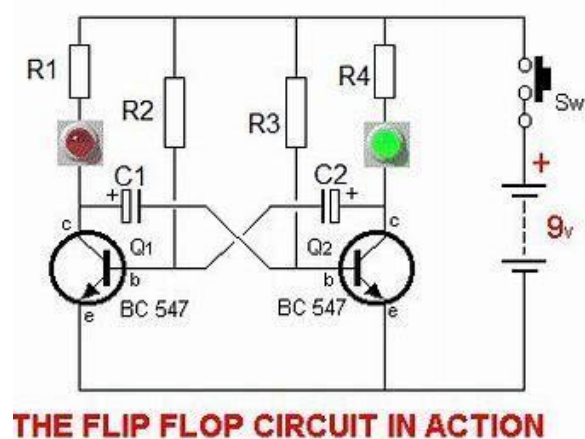
Konsep dasar yang digunakan dalam rangkaian lampu flip-flop ini adalah fungsi transistor sebagai saklar dan charging kapasitor. Secara awam, transistor akan mengalirkan arus dari kolektor ke emitter ketika tegangan basis lebih besar dari 0,7 volt (kondisi saturasi). Jika kurang dari 0,7 volt maka transistor akan memutuskan arus listrik (kondisi cut off).

Saat pertama rangkaian ini dinyalakan, arus listrik mulai mengisi kapasitor C1 (*charging*). Tegangan kapasitor ini akan naik perlahan berbanding lurus dengan nilai kapasitansi dan hambatan resistor R3. ketika tegangan kapasitor C1 sudah melampaui tegangan ambang yaitu 0,7 volt. Maka transistor Q1 akan mengalirkan arus listrik dari kolektor ke *emitter* yang melalui LED warna merah. Proses selanjutnya adalah pengosongan muatan kapasitor C1 karena mengalirnya arus pada transistor Q1. Sementara itu, pada saat bersamaan kapasitor C2 sedang melakukan proses *charging*.

Sesaat setelah muatan kapasitor C1 kurang dari tegangan ambang, tegangan kapasitor C2 tepat melampaui tegangan ambang. Sehingga yang tampak adalah LED merah padam sementara LED hijau menyala. Proses kembali terulang dari awal. Adapun resistor R1 dan R4 pada rangkaian flip-flop ini berfungsi sebagai pembatas arus yang mengalir melalui LED. Sehingga LED bisa terhindar dari arus listrik berlebih yang bisa menyebabkan kerusakan.

Sedangkan baterai yang dianjurkan sebesar 9 volt DC. Anda bisa menggunakan tegangan yang lebih rendah namun dengan nyala LED yang kurang maksimal. Sedangkan jika tegangan lebih dari itu dikhawatirkan akan terjadi kerusakan pada LED karena arus berlebih. Berikut spesifikasi komponen yang digunakan dalam rangkaian lampu kelap kelip:

Baterai	9 Volt
Switch	(opsional)
R1 dan R4	470
R2 dan R3	10K
Q1 dan Q2	BC 547
C1 dan C2	100 $\mu$



*gambar 3. 1 Rangkaian lampu flip flop*

### 3.4 PENGUMPULAN DATA

Pada laporan ini kami melakukan penelitian data dengan metode studi literatur. Sumber data yang Kami melakukan riset terhadap jurnal dan blog yang berkaitan dengan Peran desain PCB dan mengolah data yang berkaitan dengan pokok yang dibahas.

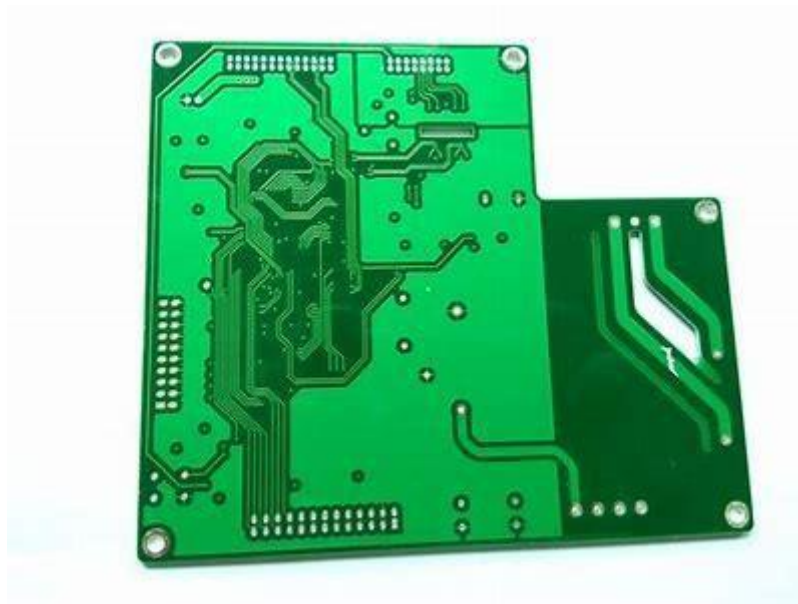
### 3.5 ANALISIS

Banyak gadget listrik penting menggunakan PCB satu lapis. PCB satu lapis hanya terdiri dari satu lapis. Mereka memiliki desain konduktor di satu sisi dan komponen di sisi lain. Satu lapisan bahan konduktif disertakan pada PCB ini. Substrat, lapisan solder pelindung, lapisan logam konduktif, dan layar sutra membentuk papan satu lapis.

PCB satu lapis hanya memiliki satu lapisan bahan konduktor, dan sisi lainnya digunakan untuk memasang berbagai komponen elektronik ke papan. PCB satu lapis adalah bagian penting dari elektronik tetapi masih digunakan di banyak peralatan listrik. PCB dua sisi atau dua lapis juga tersedia, dengan kedua sisi dibuat dengan tembaga di kedua sisi atas dan bawah. PCB lapis ganda lebih kompleks dan lebih baik daripada PCB lapis tunggal.

PCB satu lapis masih menjadi yang teratas di banyak perangkat, tetapi terutama digunakan pada perangkat sederhana untuk mengoperasikan satu fungsi. Seperti dibahas di bawah, PCB satu lapis telah banyak digunakan di banyak mesin yang lebih dangkal dan kompleks.

PCB satu lapis digunakan dalam perangkat listrik dan manual sederhana sehari-hari, misalnya radio, ponsel, kalkulator, mesin kopi, kamera, dan printer. PCB satu lapis adalah standar untuk perangkat penyimpanan, misalnya solid-state drive dengan sensor dan catu daya lainnya.



*gambar 3. 2 desain PCB 1-sided*

Papan sirkuit tercetak multi-lapisan (PCB) berisi lebih dari dua lapisan dan setidaknya tiga lapisan tembaga konduktif atau bahan konduktif. Lapisan atas dan bawah dari PCB multi-lapisan menyerupai PCB dua sisi, tetapi ada lapisan ekstra di kedua sisi inti. Lapisan-lapisan ini disatukan oleh lubang berlapis tembaga. Lapisan atas dan bawah dari PCB multi-lapisan digunakan untuk memasang komponen aktif dan pasif, dan lapisan tumpukan interior terutama digunakan untuk perutean.

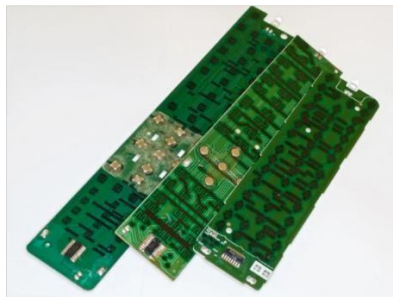
Multilayer PCB menggunakan perangkat sehari-hari untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi elektronik. Multilayer PCB banyak digunakan saat ini di berbagai peralatan listrik, dengan beberapa lapisan mulai dari empat hingga dua belas. Beberapa aplikasi utama PCB multi-layer dibahas di sini. Karena ukurannya yang ringkas dan multifungsi dari PCB multi-lapisan, PCB ini paling sering digunakan di jam tangan pintar dan gadget kecil. Multilayer PCB digunakan dalam industri telekomunikasi karena daya tahan dan fleksibilitasnya.

Multilayer PCB juga banyak digunakan dalam perangkat medis untuk perawatan dan diagnosis penyakit karena ringan dan multifungsi. Pertahanan dan militer juga menggunakan PCB berlapis-lapis karena bobotnya yang ringan dan ukurannya yang ringkas karena tahan terhadap kondisi ekstrem, PCB multi-lapisan juga digunakan dalam sistem kedirgantaraan dan otomotif.



*gambar 3. 3 desain PCB multilayer*

Pada contoh kasus kami akan melakukan antara perbandingan desain PCB 1 sided dan PCB multilayer didapati bahwa:



*gambar 3. 4 PCB remote TV Tradisional*

Papan sirkuit di dalam remote TV tradisional cukup mendasar. Mereka adalah papan satu sisi dengan topeng solder hijau. Ketiga PCB memiliki silkscreen putih di sisi non-tembaga. Remote control LG asli juga memiliki silkscreen putih di sisi tembaga. Jejak pada papan sirkuit ini relatif lebar sekitar 25 mil (0,635mm).



*gambar 3. 5 PCB di dalam remote Amazon Fire TV*

PCB di remote Amazon sedikit lebih kompleks. PCB adalah PCB dua lapis dengan topeng solder biru dan silkscreen putih di kedua sisi. Hampir semua komponen dipasang di permukaan dan terletak di satu sisi PCB. Papan ini berisi banyak komponen pemasangan permukaan kecil, jejak kecil, dan vias keberangkatan besar dari remote lainnya.



## **BAB IV**

### **PEMBAHASAN & PEMBAHASAN**

#### **4.1 HASIL PENELITIAN**

Dari hasil pembahasan pada penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kita perlu memilih desain PCB yang sesuai dengan kebutuhan atau spesifikasi yang diperlukan. Anda dapat menggunakan PCB satu lapis jika Anda menginginkan PCB yang murah dan cepat diproduksi yang cocok untuk perangkat sederhana. Ini akan membantu jika mengingat pro dan kontra dari PCB satu lapis misalnya, biaya, waktu, volume tinggi, dan desain sederhana akan memberi Anda keuntungan tetapi ini tidak cocok untuk perangkat yang lebih kompleks dan kuat karena memiliki daya yang lebih rendah. dan kecepatan dibandingkan dengan PCB multi-layer. Misalkan perlu mengoperasikan proyek yang lebih kompleks dan lebih luas. Dalam hal ini perlu menggunakan PCB multi-layer karena lebih kuat, tahan lama, fleksibel, multifungsi, memiliki satu titik koneksi, dan ringan. Namun, PCB multi-lapisan akan mahal, memerlukan desain dan perbaikan yang lebih rumit, dan membutuhkan lebih banyak waktu produksi. Itu sebabnya mereka terbatas.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 KESIMPULAN

Desain PCB (*Printed Circuit Board*) sangat penting dalam meningkatkan kualitas produk elektronika konsumen. PCB menyediakan platform andal untuk komponen elektronik, memfasilitasi aliran sinyal listrik, dan membantu mengurangi ukuran dan berat perangkat. Pilihan jenis PCB, seperti *Single-Sided* atau *Double-Sided*, mempengaruhi kompleksitas desain dan biaya produksi.

PCB juga penting dalam aplikasi seperti *remote TV* tradisional dan *remote Amazon Fire TV*, mencerminkan evolusi desain PCB seiring dengan perkembangan teknologi. Oleh karena itu, pemahaman dan pengoptimalan desain PCB adalah kunci untuk mencapai kualitas yang lebih tinggi pada produk elektronika konsumen.

#### 5.2 SARAN

Pada laporan penelitian penulis menyadari masi terdapat kesalahan mulai dari pengumpulan data yang kurang mendalam, tidak banyaknya contoh studi kasus peran desain PCB pada produk elektronik konsumen, dan lebih meningkatkan kemampuan dalam membuat Laporan ini agar menjadi lebih baik kedepannya dalam membuat laporan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alex Udanis (2016, Juli 05). Teardown Tuesday: TV Remotes!  
*Allaboutcircuit*. Diakses pada 11 Desember 2023 melalui  
<https://www.allaboutcircuits.com/news/teardown-tuesday-tv-remotes/>
- Riski Abadi (2023, Oktober 22). PC (Personal Computer) Fungsi, Cara Kerja, Jenis, Komponen. Thecityfoundry. Diakses pada 19 Desember 2023 melalui PC (Personal Computer) Fungsi, Cara Kerja, Jenis, Komponen (thecityfoundry.com)*  
<http://www.selckomponen.co.id/index.php?route=information/i>
- Dickson Kho (2023, Desember 12). Pengertian PCB dan Jenis Jenis PCB.  
*Teknikelektronika*. Diakses pada 19 Desember 2023 melalui  
<https://teknikelektronika.com/pengertian-pcb-printed-circuit-board-jenis-jenis-pcb/>
- Salma (2023, April 28). Metode Penelitian Kualitatif: Definisi, Jenis, Karakteristiknya. Diakses pada 26 Desember 2023 melalui  
<https://penerbitdeepublish.com/metode-penelitian-kualitatif/>  
Salma (2022, Agustus 8). Penelitian Komparatif: Pengertian, Cara Menyusun dan Contoh Lengkap. Diakses pada 26 Desember 2023 melalui  
<https://penerbitdeepublish.com/penelitian-komparatif/>
- Nur Fauzan (2022, Desember 31). Rangkaian Lampu Flip-flop Berjalan Beserta Skematik PCB Sederhana. Diakses pada 26 Desember 2023  
Melalui <https://erudisi.com/rangkaian-lampu-flip-flop-dan-skematik-pcb/>

Zfp (2022, Desember 21). PCB satu lapis vs PCB multi lapis. Diakses pada 26 Desember 2023 melalui PCB satu lapis vs PCB multi lapis (uetpcb.com)

Main pcb (2023, April 19). Apa yang dimaksud dengan PCB multilayer? - Definisi, manufaktur & aplikasi. Diakses pada 29 Desember melalui <https://www.mainpcba.com/id/what-is-multilayer-pcb-definition-manufacturing-applications/>