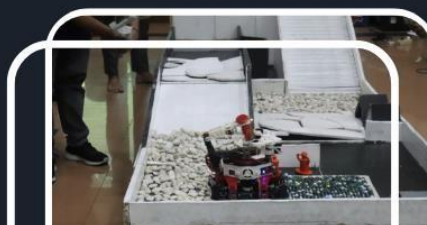


BUKU PANDUAN

**Merancang dan Membuat
Single/Double Layer PCB (Printed Circuit
Board) Secara Manual Dengan Metode
*Iron Transfer Artwork***



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Tujuan Umum.....	1
B. Tujuan Khusus.....	1
BAB II	2
MENYIAPKAN <i>SCHEMATIC CAPTURE</i> (MEMAHAMI GAMBAR RANGKAIAN ELEKTRONIKA) DAN PEKERJAAN	2
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Menyiapkan <i>Schematic Capture</i> (Memahami Gambar Rangkaian Elektronika) dan Pekerjaan	2
1. Simbol Elektronika yang Ada pada Rangkaian Elektronika.....	2
2. Dimensi Bentuk dan Spesifikasi dari Komponen	6
3. Kebenaran Skema Rangkaian Dikonfirmasi kepada Bagian yang Berwenang.....	8
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Menyiapkan <i>Schematic Capture</i> (Memahami Gambar Rangkaian Elektronika) dan Pekerjaan	8
C. Sikap yang Diperlukan dalam Menyiapkan <i>Schematic Capture</i> (Memahami Gambar Rangkaian Elektronika) dan Pekerjaan	9
BAB III.....	10
MEMBUAT PCB <i>BOARD DESIGN</i> – (<i>PHYSICAL LAYOUT PCB</i>)	10
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Membuat <i>PCB Board Design</i> – (<i>Physical</i> <i>Layout PCB</i>).....	10
1. Standard Imperial dan <i>Metric</i>	10
2. Jenis dan Skala Ukuran PCB	11
3. Menggambar <i>Layout PCB</i> dengan Menggunakan Bantuan Program Komputer	14
4. Menetapkan <i>Design Center Pin Layout PCB</i>	16
5. Memeriksa <i>Layout Artwork</i> Ulang untuk Menghindari Kelalaian dan Kesalahan.....	18
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Membuat <i>PCB Board Design</i> – (<i>Physical</i> <i>Layout PCB</i>).....	20
C. Sikap Kerja yang diperlukan dalam Membuat <i>PCB Board Design</i> – (<i>Physical</i> <i>Layout PCB</i>).....	20

BAB IV	21
MEMBUAT <i>PRINTING ARTWORK</i> (KERTAS).....	21
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Membuat <i>Printing Artwork</i> (kertas).....	21
1. Jenis Material untuk Printing PCB.....	21
2. Mencetak <i>Layout</i> PCB dalam Bentuk <i>Artwork</i> pada Media Kertas Transfer Material Printing PCB.....	22
3. Menetapkan Skala Perbandingan Printing PCB.....	24
4. Menetapkan Orientasi <i>Artwork</i> (positive atau negative)	24
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Membuat <i>Printing Artwork</i> (kertas)	24
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Membuat <i>Printing Artwork</i> (kertas).....	25
BAB V	26
MELAKUKAN <i>IRON TRANSFER ARTWORK</i>	26
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan <i>Iron Transfer Artwork</i>	26
1. Menerapkan Keselamatan Kerja terhadap Proses <i>Iron transfer Artwork</i> PCB.....	26
2. Menyiapkan Kebutuhan peralatan dan Bahan Kimia <i>Iron Transfer Artwork</i>	27
3. Printing Artwork disetting pada PCB dan Menjaga Posisi <i>Artwork</i> PCB sesuai <i>Center</i> <i>Pin Artwork</i>	28
4. Proses <i>Ironing</i> dijalankan	29
5. Mengantisipasi Masalah-masalah PCB pada proses <i>Ironing</i>	30
6. Melakukan Tindakan Pencegahan Kecelakaan Kerja Sesuai dengan Persyaratan K3L yang Berlaku	32
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melakukan <i>Iron Transfer Artwork</i>	32
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Melakukan <i>Iron Transfer Artwork</i>	33
BAB VI	34
<i>LAUNDRY SINK</i>	34
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam <i>Laundry Sink</i>	34
1. Menerapkan Keselamatan Kerja terhadap Bahaya Tersengat Panas PCB	34
2. Menyiapkan Kebutuhan <i>Laundry Sink</i>	34
3. Melakukan Proses Soak/ Perendaman dengan Air Mengalir	35
4. Membersihkan Kertas <i>Printing Artwork</i>	36
5. Mengantisipasi Masalah-masalah Proses <i>Laundry Sink</i>	37
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam <i>Laundry Sink</i>	38
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam <i>Laundry Sink</i>	38

BAB VII.....	39
<i>ETCHING</i>	39
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam <i>Etching</i>	39
1. Menerapkan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Terhadap Bahan Kimia Proses <i>Etching</i>	39
2. Menyiapkan Kebutuhan Peralatan dan Bahan Kimia <i>Etching</i>	40
3. Menyiapkan Jenis Bahan <i>Etching</i>	42
4. Menetapkan Komposisi Pencampuran <i>Etching</i> (<i>Etchant Mixture</i>).....	43
5. Melakukan <i>Etching</i> dengan Baik dan Benar	44
6. Menghilangkan <i>Photo-resist coating</i> setelah <i>etching</i>	45
7. Membersihkan <i>Etching</i>	46
8. Mengantisipasi Masalah-masalah Proses <i>Etching</i>	47
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam <i>Etching</i>	48
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam <i>Laundry Sink</i>	48
BAB VIII.....	49
<i>CUTTING and DRILLING</i>	49
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam <i>Cutting and Drilling</i>	49
1. Menerapkan Perlakuan Keselamatan Kerja dan Lingkungan terhadap Proses <i>Cutting & Drilling</i>	49
2. Menyiapkan Kebutuhan Peralatan Proses <i>Cutting & Drilling</i>	50
3. Menetapkan Diameter Lubang PCB dan Kesesuaian Diameter Drill terhadap Kaki Komponen	51
4. Melakukan Proses <i>Cutting dan Drilling</i> dengan Baik dan Benar	53
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam <i>Cutting and Drilling</i>	57
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam <i>Cutting and Drilling</i>	57
BAB IX	58
<i>MASKING</i>	58
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam <i>masking</i>	58
1. Penetapan Bagian Layout PCB yang Perlu di <i>Masking</i>	58
2. Persiapan Peralatan <i>Masking</i>	60
3. Melakukan Proses <i>Masking</i> dengan Baik dan Benar.....	60
4. Melapisi Jalur Tembaga (<i>Coating</i>)	62

5. Membuat Catatan Pelaksanaan Pekerjaan Merancang dan Membuat Single/ Double Layer PCB (Printed Circuit Board) dengan Menggunakan Format yang Ditetapkan dan Diadministrasikan Sesuai dengan SOP.....	69
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Masking	70
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Masking	70

BAB I

PENDAHULUAN

A. Tujuan Umum

Setelah mempelajari modul ini peserta diharapkan memiliki Kompetensi yang berkaitan dengan pengetahuan, keterampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan untuk Merancang dan Membuat *Single/ Double Layer PCB (Printed Circuit Board)* secara Manual dengan Metode *Iron Transfer Artwork* yang dilakukan di industri elektronika serta di *maintenance* dan *repair* Elektronika.

B. Tujuan Khusus

Adapun tujuan mempelajari unit kompetensi melalui Merancang dan Membuat *Single/ Double Layer PCB (Printed Circuit Board)* secara Manual dengan Metode *Iron Transfer Artwork* ini guna memfasilitasi peserta sehingga pada akhir diklat diharapkan memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Menyiapkan *Schematic Capture* (Memahami gambar rangkaian Elektronika) dan pekerjaan
2. Membuat *PCB Board Design – (Physical Layout PCB)*
3. Membuat *Printing Artwork* (kertas)
4. Melakukan *Iron Transfer Artwork*
5. *Laundry Sink*
6. *Etching*
7. *Cutting and Drilling*
8. *Masking* (Bila diperlukan)

BAB II

MENYIAPKAN *SCHEMATIC CAPTURE* (MEMAHAMI GAMBAR RANGKAIAN ELEKTRONIKA) DAN PEKERJAAN

A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Menyiapkan *Schematic Capture* (Memahami Gambar Rangkaian Elektronika) dan Pekerjaan



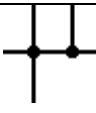



1. Simbol Elektronika yang Ada pada Rangkaian Elektronika

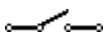


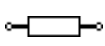
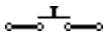

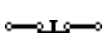
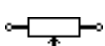



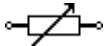

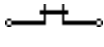
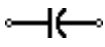
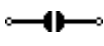
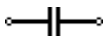
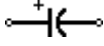

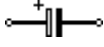

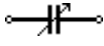

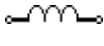



Gambar teknik dijadikan sarana untuk mengkomunikasikan desain teknik. Terkait dengan tujuan ini maka gambar teknik haruslah mempunyai metoda yang mudah dikenal, mudah dipelajari, dan haruslah dimengerti oleh semua orang, secara internasional.

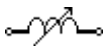








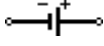
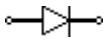
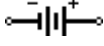
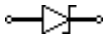
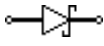

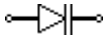

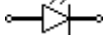
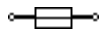
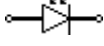


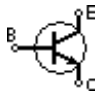

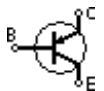





Simbol digunakan dalam gambar skema untuk menggambarkan komponen dan menghubungkannya dengan komponen lainnya. Simbol komponen secara bentuk maupun ukuran tidak memperlihatkan bentuk dan ukuran fisik komponen secara nyata.











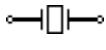








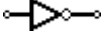




Gambar simbol digambarkan berdasarkan beberapa standar yang ada. Pada saat ini ada beberapa standar yang digunakan dalam industri seperti, ISO (*International Standard Organization*), IEC (*International Electrotechnic Commision*), DIN (*Deutsche Industrie Norm*), JIS (*Japan Industrial Standard*), SII (*Standar Industri Indonesia*), dan lainnya.

Tabel 2. 1 Simbol Gambar standart Internasional

SIMBOL	NAMA KOMPONEN		
	Simbol Sambungan		Simbol Ground
	Kabel/ Wire Listrik		<i>Earth Ground</i>
	Koneksi kabel		<i>Chassis Ground</i>
	Kabel tidak koneksi		<i>Common/ Digital Ground</i>

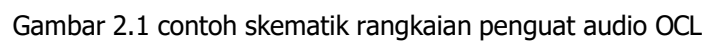
SIMBOL	NAMA KOMPONEN		
	Simbol Saklar (Switch) dan Simbol Relay		Simbol Resistor
	<i>Toggle Switch SPST</i>		Resistor
	<i>Toggle Switch SPDT</i>		Resistor
	Saklar <i>Push-Button (NO)</i>		Potensio Meter
	Saklar <i>Push-Button (NC)</i>		Potensio Meter
	<i>DIP Switch</i>		<i>Variable Resistor</i>
	<i>Relay SPST</i>		<i>Variable Resistor</i>
	<i>Relay SPDT</i>		Simbol <i>Condensator (Kapasitor)</i>
	<i>Jumper</i>		<i>Condensator Bipolar</i>
	<i>Solder Bridge</i>		<i>Condensator Nonpolar</i>
	<i>Condensator Bipolar</i>		Sumber tegangan yang dapat diatur
	Kapasitor berpolar		Sumber arus yang dapat diatur
	Kapasitor Variable		Simbol Meter (Alat Ukur)
	Simbol Kumparan (Induktor)		Volt Meter
	Induktor, lilitan, kumparan, spul, coil		Ampere Meter
	Induktor dengan inti besi		Ohm Meter

SIMBOL	NAMA KOMPONEN		
	Variable Induktor		Watt Metter
	Simbol <i>Power Supply</i>		Simbol Lampu
	Sumber tegangan DC		Lampu
	Sumber Arus		Lampu
	Sumber tegangan AC		Lampu
	Generator		Simbol Dioda
	Battery		Dioda
	Battery lebih dari satu Cell		Dioda Zener
	Dioda <i>Schottky</i>		Bel Listrik
	Dioda <i>Varactor</i>		Buzzer
	LED (<i>Light Emitting Diode</i>)		Fuse, Sikring
	Photo Dioda		Fuse, Sikring
	Simbol Transistor		Bus
	Transistor Bipolar NPN		Bus
	Transistor Bipolar PNP		Bus
	Transistor Darlington		Opto Coupler
	Transistor JFET-N		Speaker

SIMBOL	NAMA KOMPONEN		
	Transistor JFET-P		Mic, Microphone
	Transistor NMOS		Op-Amp, Operational Amplifier
	Transistor PMOS		Schmitt Trigger
	Simbol Komponen Lain		ADC, Analog to Digital
	Motor		DAC, Digital to Analog
	Trafo, Transformer, Transformator		Crystal, Ocsilator
	Simbol Antenna		OR Gate
	Antenna		NOR Gate
	Antenna		EX-OR Gate
	Dipole Antenna		D-Flip-Flop
	Simbol Gerbang Logika (Digital)		Multiplexer 2 to 1
	NOT Gate		Multiplexer 4 to 1
	AND Gate		D-Multiplexer 1 to 4
	NAND Gate		

Sebelum mendesain atau merancang dan membuat PCB single layer secara manual dengan metode *iron transfer artwork*, tentunya hal yang harus dipersiapkan terlebih dahulu adalah menyiapkan skema rangkaian yang akan digunakan. Selanjutnya identifikasi simbol-simbol elektronika yang terdapat



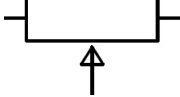

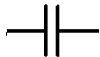
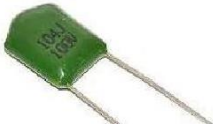
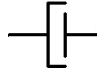

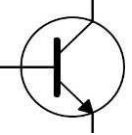
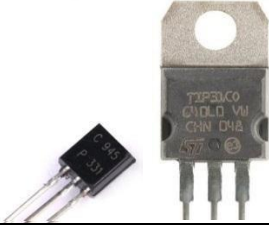
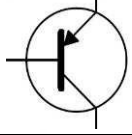



Selanjutnya yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi dan mengenali simbol-simbol yang ada pada sebuah skema rangkaian elektronika. Sebagai contoh skema speaker aktif berikut, pada gambar berikut ada beberapa simbol sebagai contoh.



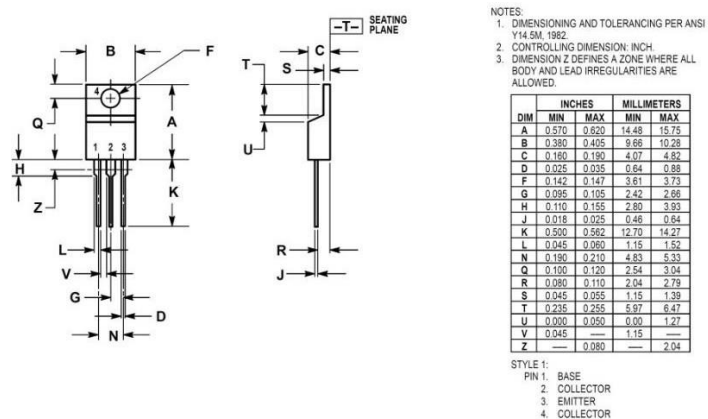
2. Dimensi Bentuk dan Spesifikasi dari Komponen

6

Tabel 2. 2 Simbol komponen dan bentuk fisiknya

No.	Simbol	Keterangan	Bentuk Fisik
1		Resistor 1/2 W	
2		Potensiometer	
3		Kondensator non polar	
4		Kondensator polar	
5		Transistor NPN	
6		Transistor PNP	
7		Dioda	

Berikut adalah contoh dimensi/ukuran dari transistor TIP 31, diambil dari datasheet pabrikan.



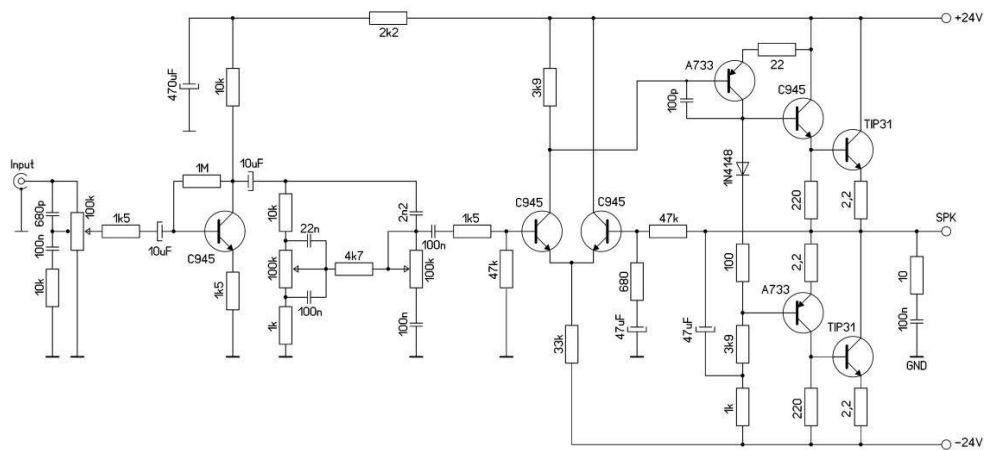
Gambar 2.2 dimensi transistor TIP31

Sumber: <http://www.dien-elcom.com/>

Anda dapat mencari informasi dimensi/ukuran komponen yang terpakai dengan melihat datasheet yang dikeluarkan oleh pabrik pembuatnya. Jika tidak punya datasheet dimaksud, Anda dapat mencarinya lewat mesin pencari.

3. Kebenaran Skema Rangkaian Dikonfirmasi kepada Bagian yang Berwenang

Sebelum memulai merancang PCB, sebaiknya konfirmasi terlebih dahulu kebenaran skema rangkaian yang akan dirancang PCB nya. Ini untuk menghindari kesalahan rangkaian nantinya setelah rancangan PCB jadi atau bahkan PCB sudah jadi dan sudah di *assembly*.



Gambar 2.3 gambar skema rangkaian yang perlu dikonfirmasi kebenarannya

Gambar 2.1. Gambar skema rangkaian yang perlu dikonfirmasi kebenarannya
Perhatikan gambar 2.3 di atas, rangkaian tersebut perlu dikonfirmasi kebenarannya. Apakah Anda menemukan kesalahan pada rangkaian tersebut? Bandingkan dengan gambar 2.1 di atas untuk menemukan kesalahan rangkaian di gambar 2.3.

B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Menyiapkan *Schematic Capture* (Memahami Gambar Rangkaian Elektronika) dan Pekerjaan

1. Mengidentifikasi Simbol elektronika yang ada pada rangkaian elektronika
2. Mengidentifikasi Dimensi bentuk dan spesifikasi dari komponen yang ada
3. Mengkonfirmasi kebenaran skema rangkaian kepada bagian yang berwenang
4. Mengidentifikasi komponen elektronika pasif

5. Mengidentifikasi komponen elektronika aktif

C. Sikap yang Diperlukan dalam Menyiapkan *Schematic Capture* (Memahami Gambar Rangkaian Elektronika) dan Pekerjaan

Harus bersikap secara:

1. Cermat dan teliti dalam mengidentifikasi komponen elektronika pasif dalam rangkaian.
2. Cermat dan teliti dalam mengidentifikasi komponen elektronika aktif dalam rangkaian.
3. Taat asas dalam mengaplikasikan langkah-langkah, panduan, dan pedoman yang dilakukan dalam menyiapkan schematic capture.
4. Berpikir analitis serta evaluatif waktu menyiapkan *schematic capture*.

BAB III

MEMBUAT PCB *BOARD DESIGN* – (*PHYSICAL LAYOUT PCB*)

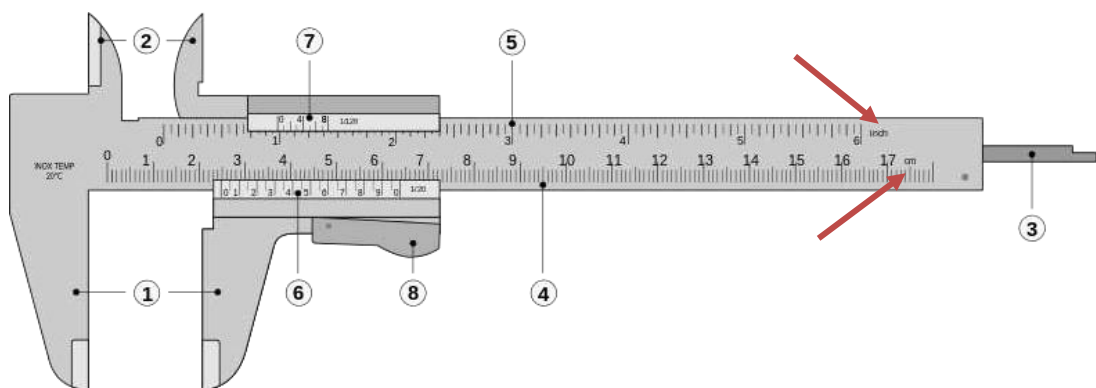
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Membuat *PCB Board Design* – (*Physical Layout PCB*)

1. *Standard Imperial* dan *Metric*

Satuan Metric dan satuan Imperial keduanya dipakai di dunia saat ini dan dipakai untuk standarisasi satuan jarak, massa, waktu, suhu, arus listrik, Intensitas cahaya dan yang lainnya disetiap negaranya masing-masing.

Satuan Metric adalah satuan ukuran yang dipakai di hampir semua negara dan dikenal dengan satuan SI (Standard Internasional) yaitu satuan ukuran mm, cm, gram, Kg dan lain sebagainya, sedangkan Imperial merupakan satuan yang masih dipakai hingga kini yaitu di Amerika Serikat, Liberia dan Myanmar. Adapun satuan yang digunakan Imperial meliputi ; Inch, Feet dan lainnya (Ukuran jarak).

Saat Anda membuat rancangan PCB dengan *software*, perhatikan ukuran dimensi komponen yang ada. Biasanya dimensi/ukuran komponen dan kaki-kakinya dapat dilihat di *datasheet* semisal terlihat pada gambar 2.2 di BAB II di atas. Atau Anda dapat mengukur sendiri berapa ukuran komponen dan kaki-kakinya dengan menggunakan mistar atau jangka sorong, pada jangka sorong terdapat pemilihan pengukuran menggunakan *system Metric* atau *Imperial* seperti gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Gambar jangka sorong dengan satuan *metric* dan *imperial*

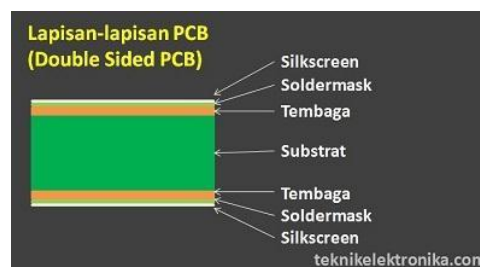
2. Jenis dan Skala Ukuran PCB

PCB adalah singkatan dari *Printed Circuit Board* yang dalam bahasa Indonesia sering diterjemahkan menjadi Papan Rangkaian Cetak atau Papan Sirkuit Cetak. Seperti namanya yaitu Papan Rangkaian Tercetak (*Printed Circuit Board*), PCB adalah Papan yang digunakan untuk menghubungkan komponen- komponen Elektronika dengan lapisan jalur konduktornya.

a. Lapisan PCB dan Bahan-bahannya

Secara struktur, PCB seperti kue lapis yang terdiri dari beberapa lapisan dan dilaminasi menjadi satu kesatuan yang disebut dengan PCB. Ada PCB yang berlapis satu lapisan tembaga (*Single Sided*), ada juga yang berlapis dua lapisan tembaga (*double sided*) dan ada juga PCB yang memiliki beberapa lapisan tembaga atau sering disebut dengan *Multilayer* PCB.

Berikut ini adalah struktur dan komposisi standar dari PCB (*Printed Circuit Board*).



Gambar 3. 2 Gambar jangka sorong dengan satuan *metric* dan *imperial*

Sumber: <http://teknikelektronika.com/pengertian-pcb-printed-circuit-board-jenis-jenis-pcb/>

b. Jenis-jenis PCB (Printed Circuit Board)

PCB atau *Printed Circuit Board* pada umumnya dapat dibagi menjadi dua kategori jenis yaitu jenis PCB yang berdasarkan jumlah lapisannya dan jenis PCB yang berdasarkan Fleksibilitasnya.

c. Jenis-jenis PCB berdasarkan Jumlah Lapisannya

Berdasarkan jumlah lapisannya, PCB dapat dibagi menjadi *Single Sided* PCB, *Double Sided* PCB dan *Multilayer* PCB. Berikut ini adalah jenis-jenis PCB berdasarkan jumlah lapisannya.

1) ***Single Sided PCB***

Single Sided PCB atau Papan Rangkaian Cetak satu sisi adalah jenis PCB yang hanya terdiri dari satu lapisan tembaga yang tertempel di satu sisi substrat PCB. PCB jenis ini biasanya digunakan pada rangkaian elektronik yang sederhana dan biaya produksinya juga relatif lebih murah.

2) ***Double Sided PCB***

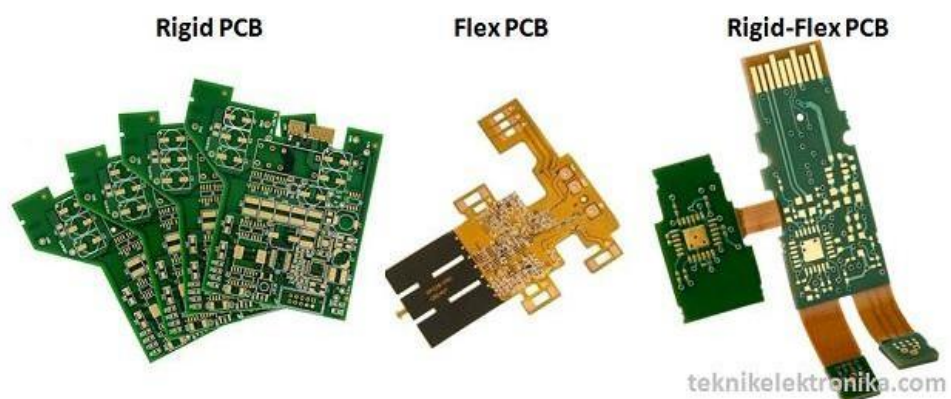
Double Sided PCB atau Papan Rangkaian Cetak dua sisi adalah jenis PCB yang terdiri dari dua lapisan tembaga. Lapisan Tembaga tersebut tertempel di kedua sisi substrat PCB. Lubang pada PCB *double sided PCB* juga berfungsi sebagai jalur penghubung antar satu lapisan tembaga di satu sisi dengan lapisan tembaga di sisi lainnya.

3) ***Multilayer PCB***

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.

d. Jenis-jenis PCB berdasarkan Fleksibilitasnya

Selain jumlah lapisan, PCB juga dapat dibedakan berdasarkan fleksibilitasnya. Berikut ini adalah jenis-jenis PCB berdasarkan fleksibilitasnya.



Gambar 3. 3 Gambar jenis PCB berdasar Fleksibilitasnya

Sumber: <http://teknikelektronika.com/pengertian-pcb-printed-circuit-board-jenis-jenis-pcb/>

1) *Rigid*PCB

Jika diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia, *Rigid* berarti Kaku. Jadi yang dimaksud dengan *Rigid* PCB adalah Papan Rangkaian Cetak yang Kaku dan tidak dapat dilipat atau tidak Fleksibel. *Rigid* PCB terbuat dari bahan substrat yang padat dan kaku seperti *fiberglass* sehingga memang sengaja dibuat untuk tidak dapat dilipat atau dibengkokkan.

2) *Flex*PCB

Flex PCB atau *Flexible* PCB adalah PCB yang substrat-nya terbuat dari bahan plastik yang fleksibel. Bahan dasar ini memungkinkan PCB dibengkokkan tanpa merusak rangkaian yang ada pada PCB tersebut.

3) *Rigid-Flex*PCB

Rigid-Flex PCB merupakan gabungan dari teknologi *Rigid* PCB dan *Flex* PCB yaitu terdiri dari *Rigid* PCB dan *Flex* PCB. Umumnya, *Rigid* PCB dihubungkan dengan *Flex* PCB.

e. Skala dan Ukuran PCB

Umumnya ukuran jarak kaki komponen dalam standar imperial yaitu inchi. Misalnya jarak kaki IC umumnya adalah 2,54mm atau 1/10 inchi (0,1 inchi). Untuk software gambar PCB yang ada biasanya menggunakan standar imperial (inchi) walaupun dapat juga di konversi ke standar metrik (cm). Anda harus betul-betul cermat sebelum menggambar PCB dengan *software* gambar, agar besarnya ukuran yang dipakai sesuai dengan standar yang seharusnya. Anda harus menetapkan terlebih dahulu skala PCB yang akan digunakan. Akan lebih baik jika Anda menggunakan skala berdasar standar imperial (inchi), sebab banyak komponen elektronika yang masih menggunakan standar dalam satuan inchi.

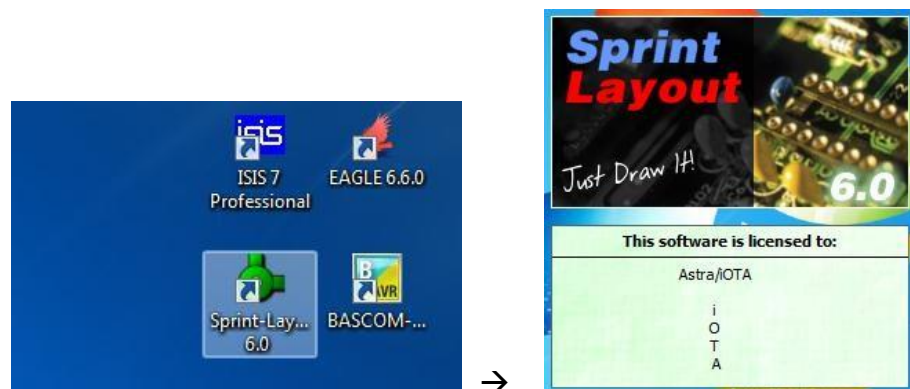
3. Menggambar *Layout* PCB dengan Menggunakan Bantuan Program Komputer

Menggambar *Layout* PCB Berbantuan Komputer merupakan langkah demi langkah yang membahas bagaimana memanfaatkan *software computer* dalam mendesign untuk merancang/menggambar rangkaian elektronika kedalam bentuk *Layout* PCB.

Ada banyak *software* untuk menggambar layout PCB misalnya *Visio*, *PCB Design*, *Dip Trace*, *Circuit Wizard*, *Sprint Layout*, dan masih banyak lagi. Pilihlah satu *software* yang anda kuasai untuk menggambar *layout* PCB agar tidak banyak kesulitan nantinya. Bagi pemula pada kesempatan kali ini akan diulas tentang bagaimana menggunakan *Sprint Layout* 6 yang mudah penggunaanya dan dengan tingkat kesulitan yang rendah pula namun hasilnya sudah cukup memadai.

Langkah langkah Membuat Desain *Layout* PCB Menggunakan *Sprint Layout*.

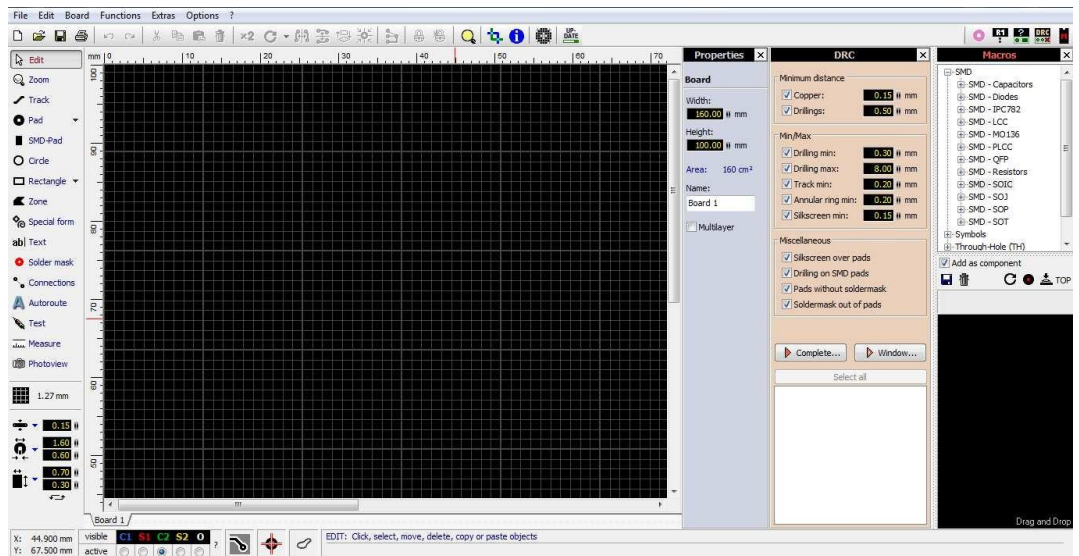
- a. Buka atau jalankan terlebih dahulu ***Sprint Layout*** dengan icon sebelah (kiri) dan akan muncul jendela *Sprint Layout* (kanan)



Gambar 3. 4 Icon *Sprint Layout* 6.0 kiri , jendela awal kanan

Sumber: <http://majalaelektro.blogspot.co.id/2016/12/cara-membuat-desain-layout-pcb.html>

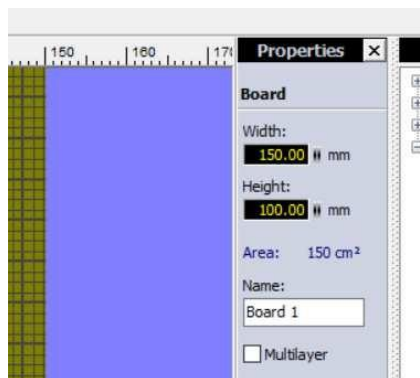
- b. Maka akan muncul *splash* berikut, dan secara langsung lembar kerja akan muncul



Gambar 3. 5 Halaman kerja Sprint Layout 6.0

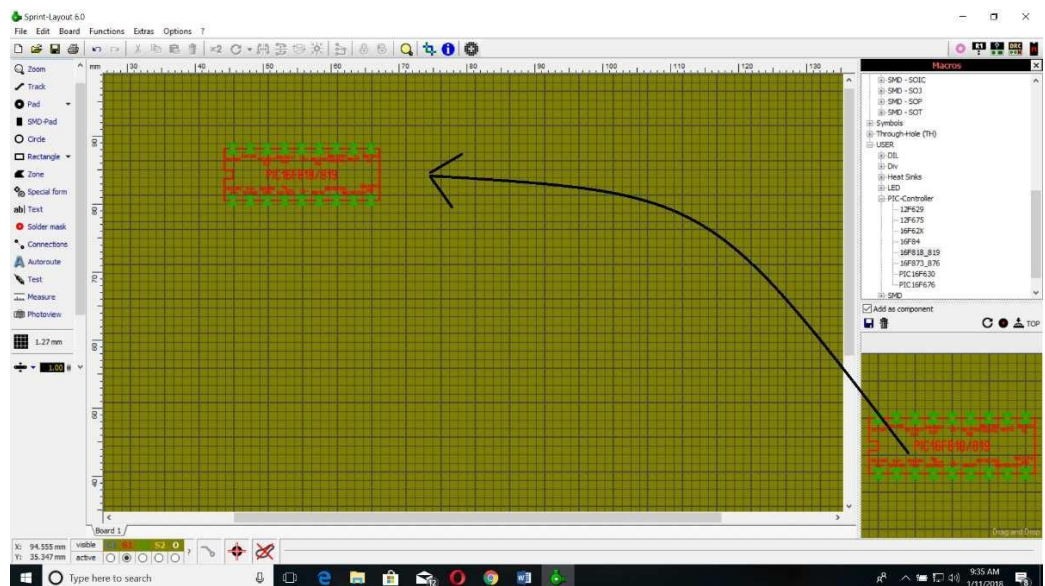
Sumber: <http://majalaelektro.blogspot.co.id/2016/12/cara-membuat-desain-layout-pcb.html>

- c. Tentukan ukuran PCB yang akan dibuat, misalnya 150mm(horisontal)x 100mm(vertical) atau ukuran yang lain dengan memilih menu *properties* dan lanjutkan memasukkan ukuran PCB dalam mm



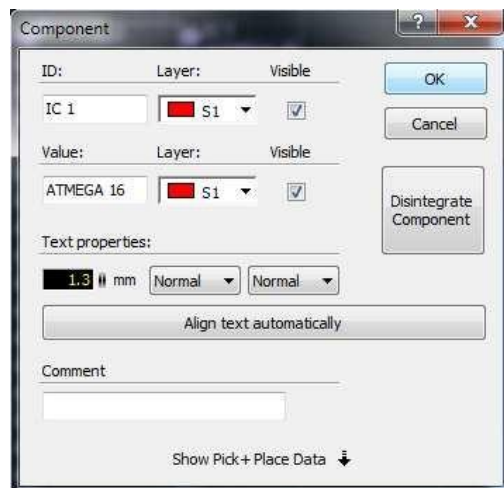
Gambar 3. 6. Menentukan ukuran PCB

- d. Pilih komponen pada bagian "Makros", kemudian tekan dan tahan komponen pada bagian preview lalu geser menuju lembar kerja.



Gambar 3. 7 Menentukan ukuran PCB

- e. Setelah macros di klik maka akan muncul form seperti berikut, tulis nama komponen pada bagian "ID" dan nilai komponen pada bagian "value", abaikan dropdown pada bagian "layer", karena secara otomatis itu akan membuat symbol komponen berada pada bagian atas PCB, kemudian centang pada bagian "visible" agar nama dan nilai komponen muncul. Lalu klik "OK".

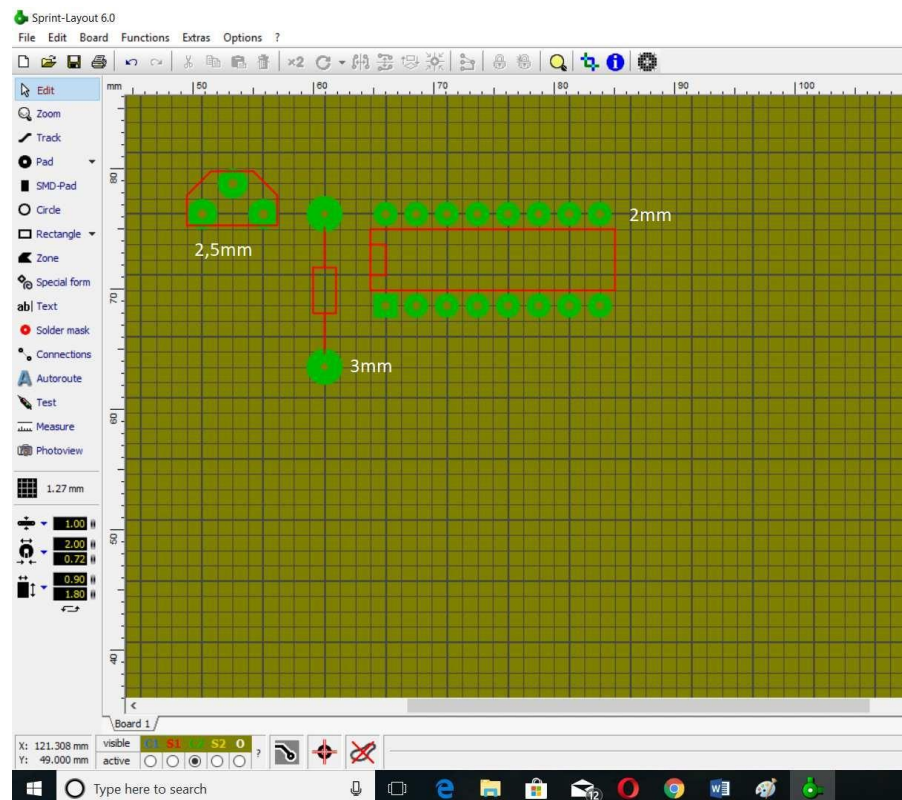


Gambar 3. 8 Jendela pengaturan tampilan

4. Menetapkan *Design Center Pin Layout* PCB

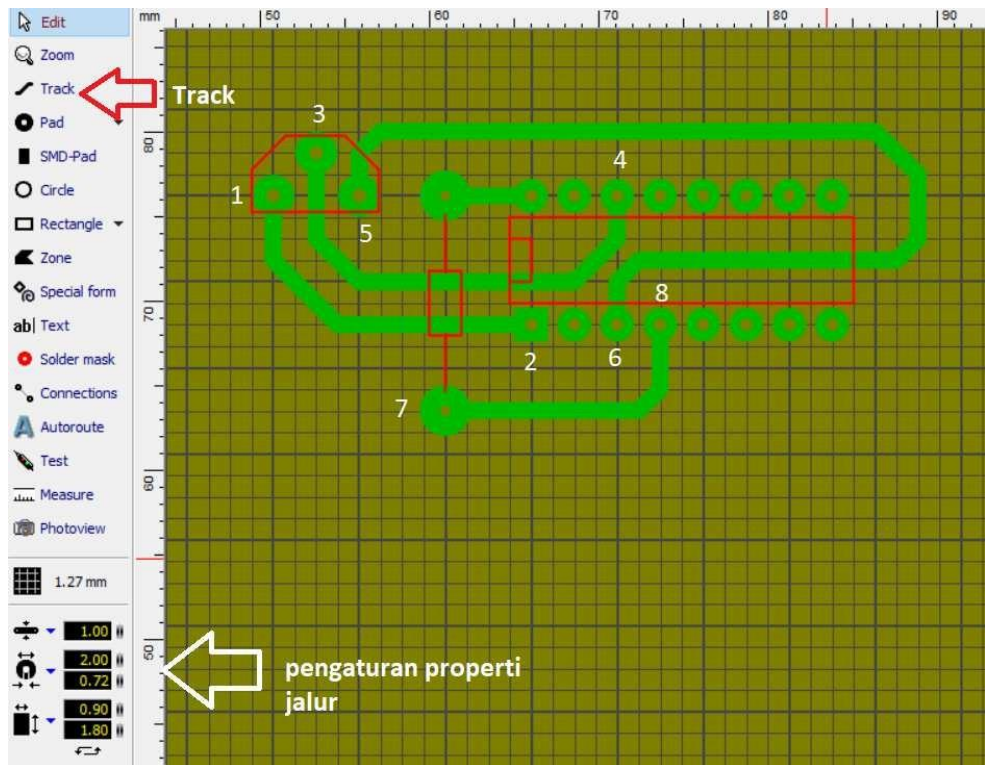
Sebelum Anda menggambar *layout* PCB dari sebuah rangkaian, tetapkanlah terlebih dahulu perkiraan ukuran PCB dan letak pin-pin dari komponen yang akan digambar. Pastikan juga ukuran titik pin dan lubangnya, jangan sampai

terlalu besar atau terlalu kecil. Biasanya ukuran titik pin sekitar 3mm dengan titik lubang berukuran 0,8 – 1 mm.



Gambar 3. 9. Penetapan pin layout

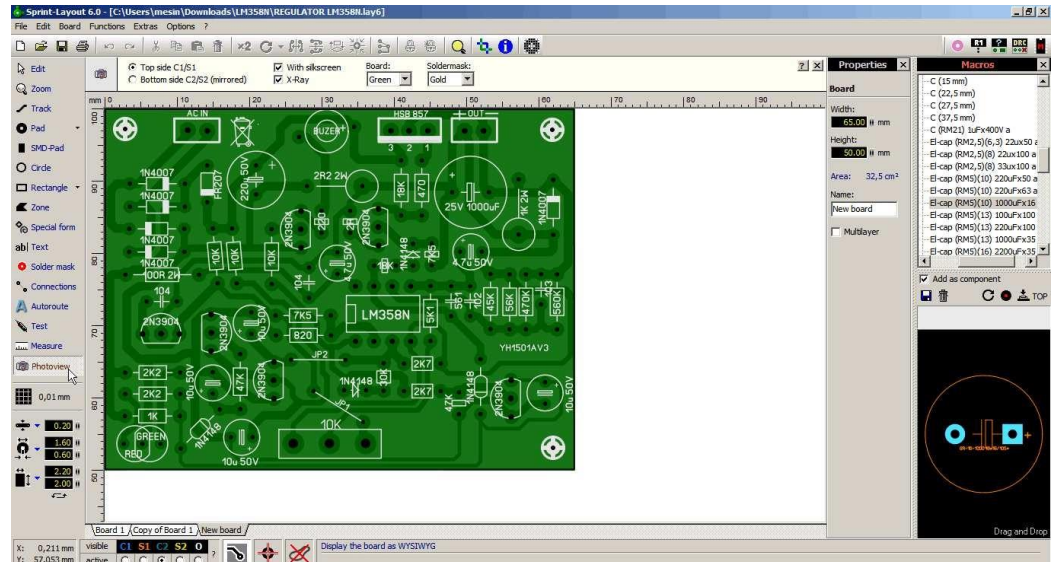
Gambar 3.9 di atas memperlihatkan gambar penetapan ukuran PCB yaitu 150mm x 100 mm dan besar *pin layout* antara ukuran 2,5mm dan 3mm. Setelah semua pin ditetapkan letak dan besarnya sesuai dimensi komponennya, langkah berikutnya adalah menggambar jalur-jalur PCB. Berhati-hatilah dalam menggambar jalur PCB, jangan sampai salah sambung. Untuk menghubungkan antar pin dimulai dengan meng "klik" *Track* lalu arahkan dimana *track* dimulai, misalnya dari angka 1 dan diakhiri ke 2, dan dimulai dari 3 ke 4, 5 ke 6 dan seterusnya. *Track* yang dibuat akan diset secara otomatis oleh *system* berbelok 45 derajat seperti pada gambar 3.10, untuk memperbesar dan mengecilkan track diatur melalui *track properties* di kiri bawah



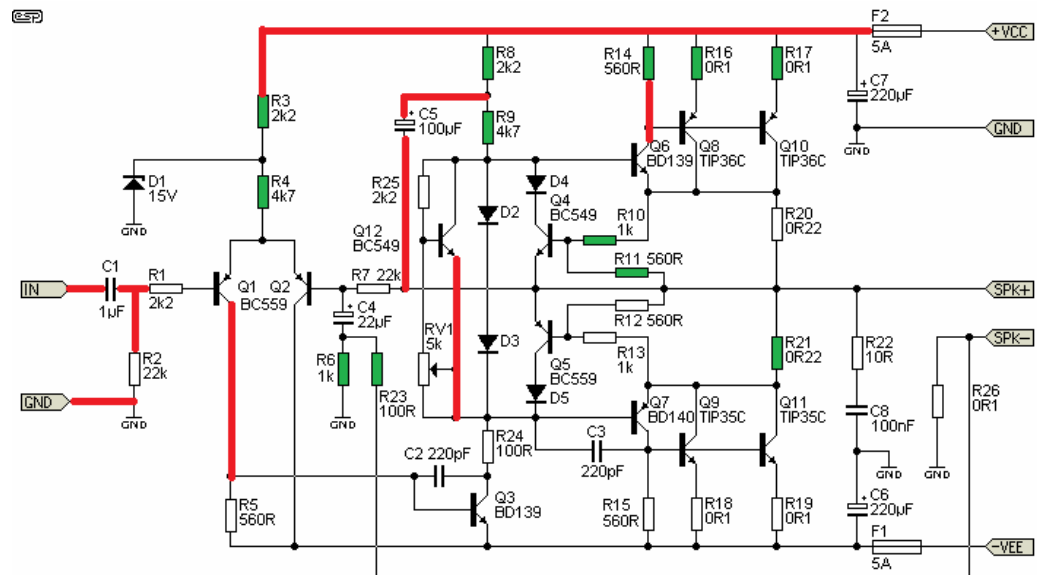
Gambar 3. 10. Penetapan *pin layout*

5. Memeriksa *Layout Artwork* Ulang untuk Menghindari Kelalaian dan Kesalahan.

Hasil kerja menggambar *layout* PCB sebelum dicetak/print disarankan untuk diperiksa ulang untuk menghindari kelalaian dan kesalahan. Teliti dan cermati agar gambar *layout* sama dengan gambar skemanya. Titik mana yang harus sambung dan mana yang tidak sambung harus dipastikan kebenarannya. Untuk mempermudah pekerjaan ini, siapkan stabilo untuk menandai komponen maupun jalur yang ada di skematik apakah komponen sudah terpasang semua, apakah jalur sudah tersambung semua?



Gambar 3. 11 Contoh layout PCB yang sudah jadi



Gambar 3. 12 Contoh layout PCB yang sudah jadi

Berikan tanda dengan stabilo, misalnya warna hijau untuk komponen yang sudah ada di layout, dan jalur dengan memberikan garis merah untuk yang sudah terhubung dari satu pin ke pin yang lain, sehingga akan Nampak seperti pada gambar 3.12 diatas

**B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Membuat *PCB Board Design* –
(*Physical Layout PCB*)**

1. Memahami dan menetapkan Jenis dan skala ukuran PCB
2. Menggambar *Layout* PCB dengan menggunakan bantuan Komputer dengan program sederhana (contoh: Visio, PCB design software dll)
3. Menetapkan *Design center pin layout* PCB
4. Memeriksa *Layout artwork* ulang untuk menghindari kelalaian dan kesalahan.

**C. Sikap Kerja yang diperlukan dalam Membuat *PCB Board Design* –
(*Physical Layout PCB*)**

Harus bersikap secara:

1. Cermat dan teliti dalam membuat *PCB Board Design* – (*Physical Layout PCB*);
2. Taat asas dalam mengaplikasikan langkah-langkah, panduan, dan pedoman yang dilakukan dalam membuat *PCB Board Design* – (*Physical Layout PCB*);
3. Berpikir analitis serta evaluatif waktu membuat *PCB Board Design* – (*Physical Layout PCB*)

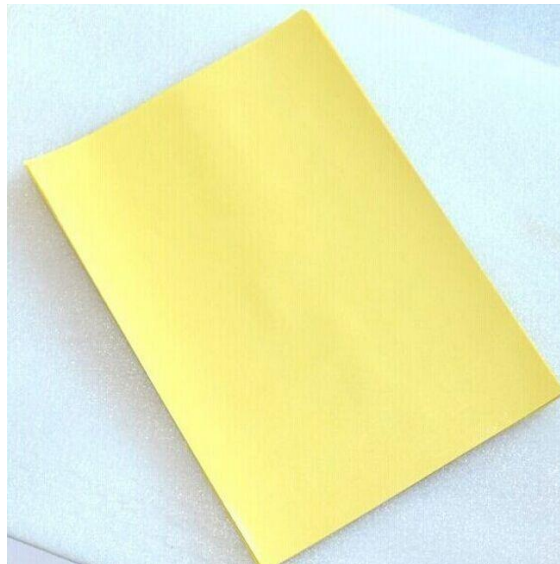
BAB IV

MEMBUAT *PRINTING ARTWORK* (KERTAS)

A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Membuat *Printing Artwork* (kertas)

1. Jenis Material untuk *Printing PCB*

Banyak jenis kertas *artwork* paper yang bisa digunakan untuk pekerjaan ini. Tentukan satu jenis kertas *artwork* yang mudah dicari dan Anda kuasai penggunaannya. Ada jenis *art paper*, *transfer paper*, *artwork paper*, *glossy paper* dan lain sebagainya. Kertas *artwork* bercirikan bertekstur halus, putih, licin, serta mengkilap dengan ketebalan sedikit tipis yaitu 120 gsm dan 150 gsm. Kertas ini sering digunakan untuk brosur, poster, bagian isi majalah, bagian isi *company profile*, dan bagian isi buku yang membutuhkan gambar lebih detail. Kertas ini memang terkesan lebih *lux* apalagi ditambah *lamendasi glossy* ataupun *dov*. Biasanya permukaan kertas *artwork* ini agak licin di satu sisi dan sisi lainnya agak kasar.



Gambar 4. 1 Contoh kertas artwork untuk PCB

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

Selain kertas *artwork*, harus disediakan juga printer laser untuk mencetaknya. Usahakan printer laser yang toner/tintanya masih original bukan refil. Sebab kualitas tinta toner akan berpengaruh pada hasil akhirnya nanti.

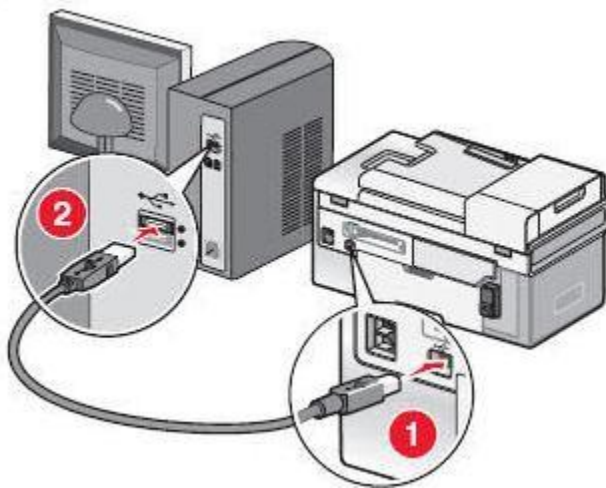


Gambar 4. 2 Contoh printer laser

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

2. Mencetak *Layout PCB* dalam Bentuk *Artwork* pada Media Kertas *Transfer Material Printing PCB*

Langkah berikutnya adalah mencetak *layout* PCB dalam bentuk *artwork* pada media kertas transfer material *printing* PCB. Pastikan komputer/laptop Anda terinstal driver printer yang dimaksud, dan pastikan kabel printer sudah terhubung.

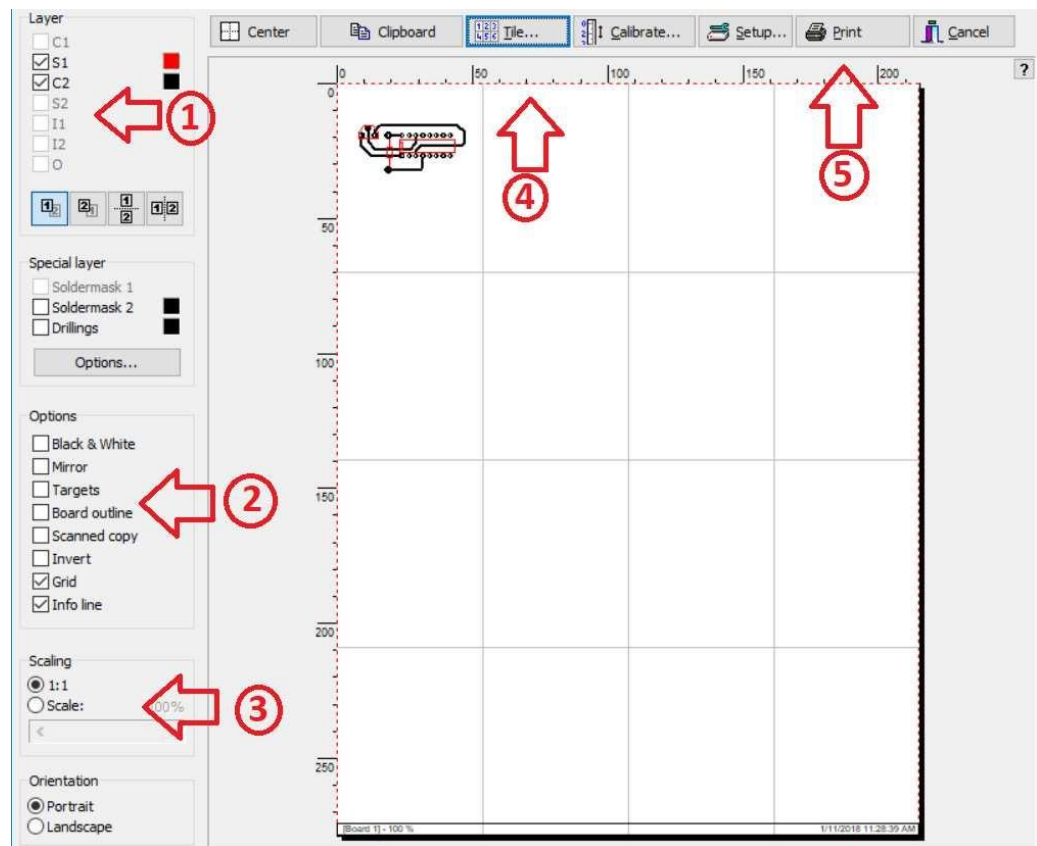


Gambar 4. 3 hubungan printer laser dan komputer

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

Jika belum yakin, Anda dapat mencoba printernya dulu dengan mencetak file document misalnya, hal ini untuk memastikan bahwa sistem sudah bekerja dengan baik.

Selanjutnya kembali ke halaman *Sprint layout*, masuk ke menu *File*, pilih *print*, maka akan keluar jendela baru seperti gambar 4.4 dibawah ini



Gambar 4. 4 hubungan printer laser dan komputer

Keterangan:

- 1) Menu untuk memilih lapisan mana yang akan ditampilkan atau akan dicetak
- 2) Menu untuk memilih model pencetakan, apakah dicetak normal atau gambar dibalik (morrer) dan yang lainnya
- 3) Menu untuk memilih model pencetakan, apakah dicetak normal atau gambar diperbesar atau diperkecil dari ukuran normalnya.
- 4) Menu untuk memilih model pencetakan tunggal (satu gambar saja) atau gambar tile, dimana dalam satu lembar kertas untuk dicetak gambar yang sama (ini berlaku kalo besarnya gambar kecil)
- 5) Menu untuk memerintah printer setelah semua seting selesai dilakukan

3. Menetapkan Skala Perbandingan *Printing* PCB

Pahami dan tetapkan bahwa skala perbandingan *printing* PCB sudah sesuai dengan rancangan *layout* yaitu 1:1. Ini penting agar *layout* hasil cetak nanti ukurannya tidak kebesaran atau malah kekecilan. Sehingga akan menjadikan masalah terutama jika ada komponen IC yang jarak kaki-kakinya sudah pasti 2,54 mm, sehingga jika PCB hasil *printing* terlalu besar ataupun terlalu kecil, kaki-kaki IC tersebut akan sulit masuk karena ukurannya berbeda.

Pastikan juga sebelum mencetak *layout* PCB apakah orientasi cetakan akan dibuat positif atau negatif. Seharusnya orientasi saat mencetak haruslah negatif (terbalik), sehingga saat di transfer ke PCB akan menjadi positif. Perhatikan pemilihan menu nomor 2 dari gambar 4.4 diatas.

4. Menetapkan Orientasi *Artwork* (positive atau negative)

Secara *default*, *Sprint layout* hasil akhir didesain dengan orientasi *Artwork negative*, sehingga tidak diperlukan lagi untuk merubah atau membalik (invers) gambar yang sudah jadi tersebut. Hal yang mungkin perlu dilakukan adalah mensortir lapisan mana yang akan dicetak dari gambar keseluruhan, misalnya waktu menggambar ke 5 lapisan dipergunakan semuanya yaitu lapisan 0, S1, S2, C1 dan C2 dimana S = Silk (sisi komponen) dan C = Copper (sisi tembaga / jalur), maka disaat hendak mencetak, dipilih lapisan mana saja yang akan dipakai

B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Membuat *Printing Artwork* (kertas)

1. Memahami Jenis material untuk *printing* PCB
2. Mencetak *Layout* PCB dalam bentuk *Artwork* pada media kertas *transfer material printing* PCB
3. Memahami dan menetapkan Skala perbandingan *printing* PCB
4. Memahami dan menetapkan *Orientasi Artwork* (positive atau negative)

C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Membuat *Printing Artwork* (kertas)

Harus bersikap secara:

1. Cermat dan teliti dalam Membuat *Printing Artwork* (kertas);
2. Taat asas dalam Membuat *Printing Artwork* (kertas);
3. Berpikir analitis serta evaluatif waktu Membuat *Printing Artwork* (kertas);.

BAB V

MELAKUKAN *IRON TRANSFER ARTWORK*

A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan *Iron Transfer Artwork*

1. Menerapkan Keselamatan Kerja terhadap Proses *Iron transfer Artwork* PCB

Apa *Iron Transfer Artwork* itu? yaitu cara untuk mencetak gambar layout ke PCB dengan tekanan panas untuk mentransfer toner dari kertas ke board PCB. Kunci dari cara ini adalah pada jenis kertasnya, ada juga yang menyebutnya dengan kertas *press n peel sheet* (PNP), Boleh juga menggunakan Kertas Photo, Kertas Kalender, Kertas minyak atau jenis kertas lainnya yang sudah disebutkan bab sebelumnya. Disaat dilakukan proses setrika proses ini termasuk yang mempunyai resiko kecelakaan yang tinggi, karena melibatkan sumber tegangan listrik dan juga sumber panas dengan temperature yang tinggi, dengan begitu hal terpenting yang harus diperhatikan adalah tentang keselamatan kerjanya.

Apa saja yang harus dilakukan ketika proses ini berlangsung, berikut penjelasannya:

- a) Pastikan setrika yang dipakai tidak ada kebocoran (kegagalan) isolasi yang dapat menyebabkan pengguna tersengat listrik.
- b) Pastikan setrika yang dipakai ada pembatas temperature, hal ini untuk menghindari terjadinya *over heater*
- c) Pastikan Setrika dilengkapi dengan Holdernya, sehingga aman terhadap kebakaran alas setrika
- d) Gunakan sarung tangan yang terbuat dari kulit atau kain yang tahan panas untuk melindungi tangan dari tersengat panas setrika



Gambar 5. 1 Setrika dengan pengatur temperatur

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

Proses pemanasan ini butuh eksperimen. Silahkan dicoba, juga kombinasikan dengan metode-metode yang dipraktikkan selama ini, sehingga hasilnya optimal.

2. Menyiapkan Kebutuhan peralatan dan Bahan Kimia *Iron Transfer*

Artwork

Agar proses *Iron transfer Artwork* dapat dijalankan dengan baik, dibutuhkan kesiapan bahan yang akan dipergunakan, bahan tersebut saling mendukung satu dengan yang lain, secara rinci bahan yang dimaksudkan diatas adalah :

- Printer Laser Jet (Tinta Toner) untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, jika tidak ada bisa memakai hasil Foto Copy-an
- Kertas glosy atau kertas Kalender (bekas) dinding yang tidak kusut, atau kertas kado yang tebal dan mengkilap permukaan bawahnya
- Papan PCB
- Amplas kertas halus (abrasive paper)
- Setrika listrik dengan pengatur temperatur
- Pisau (Cutter)
- Penggaris (stainless steel)
- Spidol permanent (jika diperlukan)



Gambar 5. 2 Kebutuhan peralatan Iron transfer artwork

3. Printing Artwork disetting pada PCB dan Menjaga Posisi *Artwork* PCB sesuai *Center Pin Artwork*

Setelah PCB dibersihkan dengan ampelas, dan dicuci sampai bersih, selanjutnya dikeringkan. Setelah kering selanjutnya tempelkan desain PCB yang melekat pada kertas glossy di atas permukaan PCB polos yang tadi telah dipersiapkan. Atur posisi kertas tersebut, pastikan posisinya tidak miring atau melebihi luasan permukaan PCB polos, dan untuk menjaga agar posisi Artwork sesuai center pin artwork, pasangkan kertas foto pada PCB dengan selotip sehingga tidak akan bergerak selama proses menyetrirka



Gambar 5. 3. Pemasangan selotip pada bagian tepi PCB

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

4. Proses *Ironing* dijalankan

Langkah langkah pada saat proses ironing

- a) Gambar dari Program PCB diprint ke kertas Glosy atau kertas bekas Kalender atau kertas kado (tentunya disisi yang masih kosong, usahakan kertas kalender dipilih yang masih bersih).
- b) Jika printer Toner tidak ada, maka bisa di print ke kertas biasa lalu di Foto Copy, tapi hasil Foto Copynya (Target) harus diatas kertas Kalender atau kertas kado.
- c) Setelah ter-print ke kertas kalender atau kertas kado dan memastikan tidak ada jalur yang putus, guntinglah gambar PCB tersebut kira-kira 2-3mm diluar garis gambar.
- d) Potong PCB dengan pisau Cutter seukuran gambar PCB yang baru saja di-print, ratakan pinggiran PCB sampai rata dan tidak tajam.
- e) Ampelas seluruh permukaan PCB sambil dibasahi dengan air, lakukan proses pengampelasan dengan cara memutar searah jarum jam sampai bersih, lalu keringkan.
- f) Panaskan Setrika, set pengatur panas kira-kira 1/4.
- g) Posisikan gambar PCB diatas papan PCB, jalur PCB (tinta Toner) menghadap ke papan PCB (tembaga).
- h) Diatas kertas kalender atau kertas kado lapisi dengan kertas biasa, agar Text yg ada di kalender tidak menempel ke permukaan Setrika.
- i) Tekan Setrika agak kuat diatas kertas kalender atau kertas kado yang sudah dilapisi dgn kertas biasa tadi sampai kira-kira 30 detik sampai gambar menempel ke papan PCB dan lakukan penggosokan secara merata ke permukaan yg lain.
- j) Waktu yang diperlukan selama proses setrika +/- 3 menit, jangan sampai lebih dari 4 menit karena jika terlalu lama biasanya gambar akan melebar/pudar.
- k) Setelah kertas kalender / kertas kado menempel ke PCB lalu dinginkan papan PCB dengan cara di angin-anginkan, jangan sekali-kali langsung direndam ke air atau diblown dengan udara dingin / AC, gambar (toner) bisa terkelupas sewaktu masuk pada proses selanjutnya.

- l) Jika sudah benar-benar dingin, rendam papan PCB ke dalam air selama +/- 15 s/d 30 menit, tergantung dari tebal/tipisnya kertas kalender, hingga kertas kalender / kertas kado nampak basah pada permukaan bagian dalam, biasanya jika menggunakan kertas kalender yang tipis, kertas akan terkelupas (mengapung) dengan sendirinya.
- m) Lepaskan kertas kalender /kertas kado pelan-pelan dengan tangan sampai gambar/jalur nampak, lalu sedikit-demi sedikit bersihkan sisa-sisa kertas yang masih nempel dengan bantuan sikat gigi bekas, terutama kertas yang nempel pada bagian lubang/pads komponen dan diantara jalur-jalur sampai bersih.
- n) Jika terdapat jalur yang putus, baru gunakan Spidol permanent untuk membantu menyambunginya.



Gambar 5. 4 Proses ironing

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

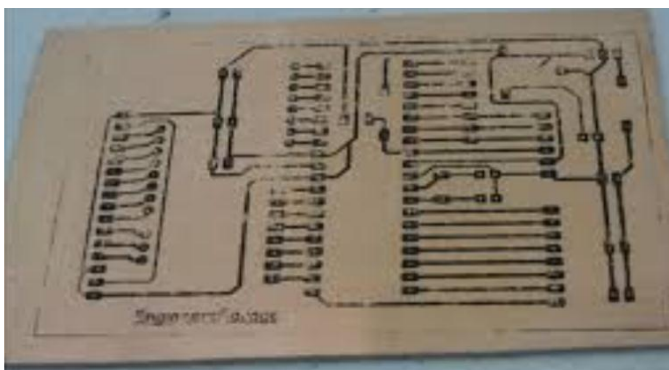
5. Mengantisipasi Masalah-masalah PCB pada proses *Ironing*

Kegagalan yang terjadi pada saat ironing adalah wajar bagi yang baru belajar membuat PCB dengan metoda setrika ini, buku petunjuk hanya bisa membantu melakukan urutan proses dan petunjuk secara umum saja sedangkan hasil yang baik bisa didapatkan dengan melakukan uji coba beberapa kali (atau mengulangi) hingga mendapatkan hasil yang sempurna.

Untuk mendapatkan hasil yang sempurna tiada kata lain kecuali harus dengan mencoba dan berlatih, karena ini adalah skill. Untuk itu disini akan disampaikan masalah masalah apa sajakah yang bisa timbul dalam proses ironing? Berikut penjelasannya beserta antisipasinya dan penanganannya.

Tabel 5. 1 Masalah dan antisipasi pada proses ironing

No	Masalah	Penyebab	Antisipasi/solusi
1	Gambar pada kertas Artwork tidak bisa menempel ke PCB	<ul style="list-style-type: none"> • Gambar kurang bagus • Pemanasan kurang lama • Setrika kurang panas 	<ul style="list-style-type: none"> • Print gambar dg toner baru • Waktu setrika ditambah durasinya • Pengaturan panas ditambah
2	Bagian tepi dari gambar tidak bisa menempel ke PCB	<ul style="list-style-type: none"> • Setrika kurang merata 	<ul style="list-style-type: none"> • Penekanan bagian tepi ditambah
3	Bagian tengah dari gambar tidak bisa menempel ke PCB	<ul style="list-style-type: none"> • Setrika kurang merata 	<ul style="list-style-type: none"> • Penekanan bagian tengah ditambah
4	PCB melengkung	<ul style="list-style-type: none"> • Pengaturan Setrika terlalu panas 	<ul style="list-style-type: none"> • Kurangi Pengaturan panas Setrika
5	Jalur yang menempel ke PCB banyak yang putus	<ul style="list-style-type: none"> • Jalur terlalu kecil • Pemanasan kurang lama • Setrika kurang panas 	<ul style="list-style-type: none"> • Perbesar jalur PCB • Waktu setrika ditambah durasinya • Pengaturan panas ditambah
6	Kertas artwork menempel di permukaan setrika	<ul style="list-style-type: none"> • Landasan kurang bagus 	<ul style="list-style-type: none"> • Beri landasan diatas kertas artwork



Gambar 5. 5 Contoh masalah pada ironing

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

6. Melakukan Tindakan Pencegahan Kecelakaan Kerja Sesuai dengan Persyaratan K3L yang Berlaku

Disaat dilakukan proses setrika proses ini termasuk yang mempunyai resiko kecelakaan yang tinggi, karena melibatkan sumber tegangan listrik dan juga sumber panas dengan temperature yang tinggi, dengan begitu hal terpenting yang harus diperhatikan adalah tentang keselamatan kerjanya. Apa saja yang harus dilakukan ketika proses ini berlangsung, berikut penjelasannya:

- a) Pastikan setrika yang dipakai tidak ada kebocoran (kegagalan) isolasi yang dapat menyebabkan pengguna tersengat listrik.
- b) Pastikan setrika yang dipakai ada pembatas temperature, hal ini untuk menghindari terjadinya over heater
- c) Pastikan Setrika dilengkapi dengan Holdernya, sehingga aman terhadap kebakaran alas setrika
- d) Gunakan sarung tangan yang terbuat dari kulit atau kain yang tahan panas untuk melindungi tangan dari tersengat panas setrika
- e) Gunakan alas setrika dengan bahan yang lunak dan tahan panas



Gambar 5. 6 Iron holder

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melakukan *Iron Transfer Artwork*

1. Memahami dan menerapkan Keselamatan kerja terhadap proses transfer artwork PCB
2. Menyiapkan kebutuhan peralatan dan bahan kimia Iron Transfer Artwork
3. Menjaga posisi Printing Artwork disetting pada PCB dan Artwork PCB sesuai Center Pin Artwork
4. Menjalankan Proses Ironing
5. Memahami dan antisipasi masalah-masalah PCB pada proses Ironing

6. Melakukan tindakan pencegahan kecelakaan kerja sesuai dengan persyaratan K3L yang berlaku.

C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Melakukan *Iron Transfer Artwork*

Harus bersikap secara:

1. Cermat dan teliti dalam melakukan proses transfer artwork PCB;
2. Taat asas dalam mengaplikasikan langkah-langkah, panduan, dan pedoman yang dilakukan dalam proses transfer artwork PCB;
3. Berpikir analitis serta evaluatif waktu proses transfer artwork PCB.

BAB VI

LAUNDRY SINK

A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam *Laundry Sink*

1. Menerapkan Keselamatan Kerja terhadap Bahaya Tersengat Panas PCB

Jika proses penyetricaan dirasa sudah merata (menggunakan perasaan) letakkan setrika pada tempatnya (Iron holder) dan cabut steker dari stop kontaknya, posisi iron holder tempatkan pada sisi meja yang tidak mengganggu aktivitas dalam laundry sink. Gunakan sarung tangan yang tahan panas untuk memegang bagian luar dari PCB yang telah disetrika tersebut dan angin anginkan, tunggulah sampai PCB benar benar telah menjadi dingin. Jangan melepaskan kertas gloosy dari PCB polos ketika keadaannya masih panas, karena hal ini akan menyebabkan kegagalan perekatan tinta pada PCB polos.



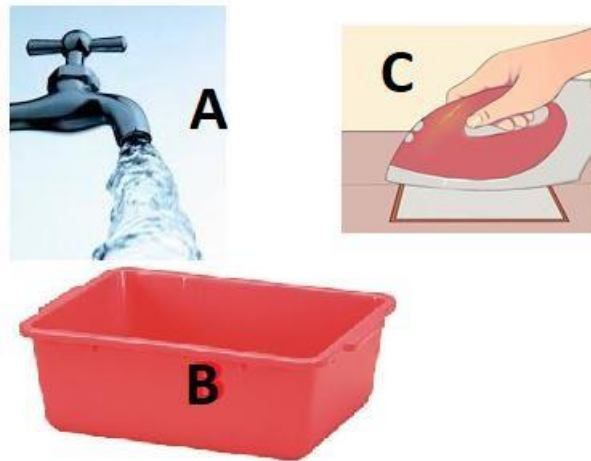
Gambar 6. 1 Sarung tangan tahan panas

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

2. Menyiapkan Kebutuhan *Laundry Sink*

Berikut ini adalah kebutuhan bahan yang dipakai pada proses *laundry sink*

- a) Kran air untuk membersihkan lapisan kertas usai proses setrika
- b) Nampan Plastik ukuran sesuai dengan kebutuhan sebagai wadah menampung air
- c) PCB yang sudah disetrika dengan kertas artwork sebagai objek yang akan dikerjakan

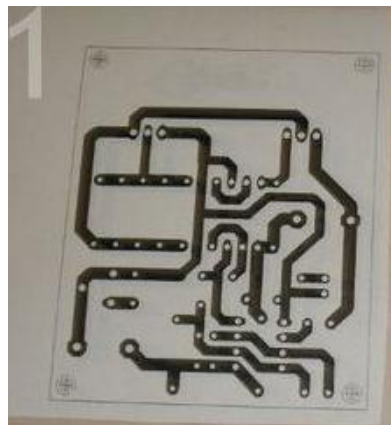


Gambar 6. 2 Bahan yang dipakai laundry sink

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

3. Melakukan Proses Soak/ Perendaman dengan Air Mengalir

Siapkan nampan yang berukuran yang lebih besar dengan ukuran PCB yang kita buat. Tidak terlalu besar dan juga tidak terlalu kecil. Isilah nampan tersebut dengan air dingin secukupnya. Selanjutnya, masukkan PCB yang tertempel padanya kertas glosy kedalam nampan berisi air dingin yang telah kita siapkan. Diamkan sejenak, kira-kira 10 sampai dengan 15 menit.



Gambar 6. 3 Bentuk fisik PCB yang baru saja selesai proses ironing dengan kertas glosy

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>



Gambar 6. 4 Bentuk fisik PCB yang baru saja selesai proses ironing dengan kertas bekas tanggalan

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>



Gambar 6. 5 Pencelupan PCB usai proses ironing kedalam ember dengan air dingin

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

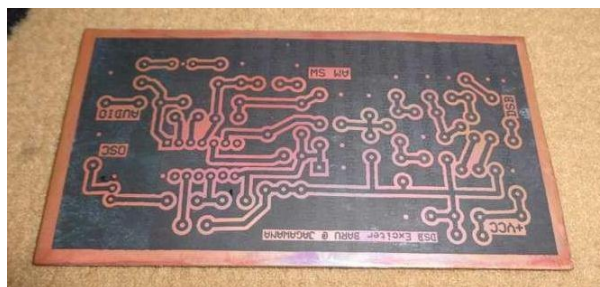
4. Membersihkan Kertas *Printing Artwork*

Setelah proses perendaman dengan air dingin yang mengalir dirasa cukup sesuai dengan waktu yang ditentukan diatas , kemudian lakukan pengelupasan kertas glosy secara perlahan-lahan dengan menggunakan jari tangan dan pada air pancuran misalnya dengan kran air. Dalam proses pengelupasan ini, ada kemungkinan kegagalan (tinta tidak melekat sempurna). Apabila tidak terlalu banyak jalur yang rusak, maka bagian-bagian yang rusak dapat ditutupi atau diperbaiki dengan menggunakan pena waterproof atau juga spidol permanen. Namun bila jalur yang rusak lebih dari 40%, maka mau tidak mau kita harus mengulang proses setrika tersebut dari awal.



Gambar 6. 6 Pembersihan kertas artwork dilakukan dengan air kran

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>



Gambar 6. 7 Gambar PCB setelah dibersihkan

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

5. Mengantisipasi Masalah-masalah Proses *Laundry Sink*

Masalah masalah apa sajakah yang bisa timbul dalam proses *Laundry Sink*? Berikut penjelasannya beserta antisipasinya dan penanganannya.

Tabel 6. 1. Masalah dan antisipasi pada proses *Laundry Sink*

No	Masalah	Penyebab	Antisipasi/solusi
1	Gambar pada kertas Artwork tidak bisa menempel ke PCB	<ul style="list-style-type: none"> Gambar kurang bagus Pemanasan kurang lama Setrika kurang panas 	<ul style="list-style-type: none"> Print gambar dg toner baru Waktu setrika ditambah durasinya Pengaturan panas ditambah
2	Bagian tepi dari gambar tidak bisa menempel ke PCB	<ul style="list-style-type: none"> Setrika kurang merata 	<ul style="list-style-type: none"> Penekanan bagian tepi ditambah
3	Bagian tengah dari gambar tidak bisa menempel ke PCB	<ul style="list-style-type: none"> Setrika kurang merata 	<ul style="list-style-type: none"> Penekanan bagian tengah ditambah

No	Masalah	Penyebab	Antisipasi/solusi
4	PCB melengkung	<ul style="list-style-type: none"> • Pengaturan Setrika terlalu panas 	<ul style="list-style-type: none"> • Kurangi Pengaturan panas Setrika
5	Jalur yang menempel ke PCB banyak yang putus	<ul style="list-style-type: none"> • Jalur terlalu kecil • Pemanasan kurang lama • Setrika kurang panas 	<ul style="list-style-type: none"> • Perbesar jalur PCB • Waktu setrika ditambah durasinya • Pengaturan panas ditambah
6	Kertas artwork menempel di permukaan setrika	<ul style="list-style-type: none"> • Landasan kurang bagus 	<ul style="list-style-type: none"> • Beri landasan diatas kertas artwork

B. Keterampilan yang Diperlukan dalam *Laundry Sink*

1. Memahami dan menerapkan keselamatan kerja terhadap bahaya tersengat panas PCB
2. Menyiapkan Kebutuhan laundry sink
3. Melakukan Proses soak/ perendaman dengan air mengalir
4. Membersihkan Kertas printing Artwork
5. Memahami dan antisipasi Masalah-masalah proses Laundry Sink

C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam *Laundry Sink*

Harus bersikap secara:

1. Cermat dan teliti dalam melakukan laundry sink;
2. Taat asas dalam mengaplikasikan langkah-langkah, panduan, dan pedoman yang dilakukan dalam melakukan laundry sink;
3. Berpikir analitis serta evaluatif waktu melakukan laundry sink.

BAB VII

ETCHING

A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam *Etching*

1. Menerapkan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Terhadap Bahan Kimia Proses *Etching*

a. Kesehatan & Keselamatan Kerja Pada Proses Pelarutan PCB Menggunakan Ferri Clorida :

- ✓ Gunakan APD (alat pelindung diri) berupa sarung tangan dari bahan karet dan masker saat bekerja dengan bahan kimia & usahakan cepat cuci anggota badan bila terkena cairan kimia.
- ✓ Setelah selesai, masukan sisa larutan dalam botol & simpan pada almari khusus.
- ✓ Sebelum sisa larutan di buang / di timbun, sisa larutan Ferri Clorida perlu dinetralkan terlebih dahulu.
- ✓ Jangan membuang sisa larutan pada sembarang tempat.
- ✓ Lakukan pekerjaan tersebut sehati-hati mungkin baik terhadap alat, benda kerja & diri kita masing – masing.
- ✓ Laporkan pada yang berwenang bila terjadi masalah.



Gambar 7. 1 Larutan Ferri Clorid

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

b. Menetralkan Limbah / Sisa Larutan *Etching* (Feri Clorida):

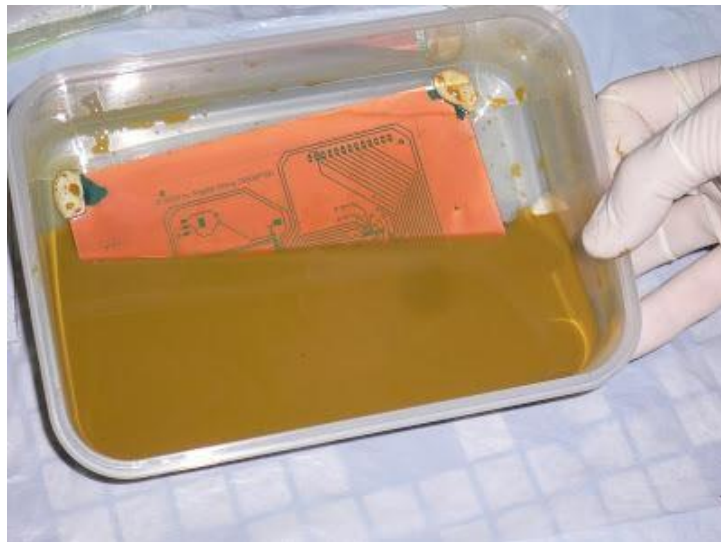
- ✓ Tambahkan Soda Api (NaOH) Pada Limbah / Sisa Larutan *Etching* Sedikit Demi Sedikit.
- ✓ Periksa PH (Derajat Keasaman) Limbah / Sisa Larutan *Etching* Dengan Menggunakan Kertas Lakmus Setiap Penambahan Soda Api (NaOH).
- ✓ Bila Hasil Pencelupan Kertas Lakmus Kedalam Limbah / Sisa Larutan *Etching* Mengakibatkan Perubahan Warna Kertas Lakmus Sepadan Dengan PH7, Hentikan Penambahan Soda Api.
- ✓ Bila Perubahan Warna Kertas Lakmus Sepadan Dengan PH7, Berarti Limbah / Sisa Larutan *Etching* Telah Netral & Dapat Di Buang Ke Dalam Tanah / Di Timbun.

2. Menyiapkan Kebutuhan Peralatan dan Bahan Kimia *Etching*

Untuk membuang bagian logam yang tidak dibutuhkan dari Papan PCB kosong dibutuhkan bahan kimia dan bahan bahan lain sebagai berikut dibawah ini:

a. Wadah Plastik sebagai Tempat Larutan Ferric Chloride (FeCl_3)

Larutan ini sangat korosif terhadap logam, sehingga yang cocok adalah wadah dari bahan plastik seperti yang nampak pada gambar dibawah ini



Gambar 7. 2 Wadah plastic tempat larutan FeCl_3

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

b. Ferric Chloride (FeCl_3)

Besi(III) klorida, atau feri klorida, adalah suatu senyawa kimia yang merupakan komoditas skala industri, dengan rumus kimia FeCl_3 . Senyawa ini umum digunakan dalam pengolahan limbah, baik di industri maupun di laboratorium, Larutan ini juga digunakan sebagai pengetsas untuk logam berbasis-tembaga pada pelarutan papan sirkuit cetak (PCB)

Larutan FeCl_3 makin banyak digunakan, makin lama prosesnya, karena FeCl_3 nya berkurang, kondisi larutan etching-bowlyang dingin juga memperlambat proses, oleh karena itu sebaiknya pembuatan PCB sebaiknya sesedikit mungkin tembaga yang larut, apabila ada bagian yang kosong, bukan jalur, sebaiknya diblok, diarsir, atau dalam istilah software pembuat PCB adalah melakukan 'pouring'. Larutan yang sudah sering digunakan dan sudah memakan waktu lama untuk etching, perlu diganti dengan larutan yang baru.



Gambar 7. 3 FeCl_3 dalam kemasan plastik

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

c. Pengaduk dari Kayu atau Plastik



Gambar 7. 4 pengaduk dari bahan kayu

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

Dikarenakan proses etching menggunakan bahan kimia yang sangat korosif (larutan FeCl_3), maka material bantu yang digunakan untuk proses ini harus tahan terhadap bahan kimia tersebut, pengaduk yang digunakan

untuk mengaduk larutan atau membolak balik objek yang dilarutkan juga harus menggunakan bahan yang tahan terhadap larutan korosif tersebut yang terbuat dari kayu atau plastic

d. Air Hangat

Lama proses etching sangat dipengaruhi oleh banyak factor, diantaranya adalah ukuran PCB yang akan dilarutkan, luas permukaan yang dilarutkan dan temperature dari larutan FeCl_3 yang digunakan, serta pengadukan. Untuk dapat mempercepat jika dilihat dari sisi airnya, maka air yang digunakan dengan menggunakan air yang hangat atau panas akan lebih mempercepat proses etching itu sendiri

3. Menyiapkan Jenis Bahan *Etching*

Jenis bahan yang dipakai etching PCB yaitu:

a. Ferric Chloride (FeCl_3).

Uraian sebelumnya sudah dijelaskan panjang lebar tentang larutan FeCl_3 sebagai bahan etching Selain menggunakan larutan FeCl_3 sebagai bahan pelarut, dapat juga digunakan pelarut yang lain yang lebih ramah terhadap lingkungan.

b. HCL

HCL disebut juga dengan nama asam clorida, tergolong asam yang kuat, untuk dijadikan sebagai pelarut PCB, HCL harus dicampur dengan H_2O_2



Gambar 7. 5 larutan air keras (HCL)

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

4. Menetapkan Komposisi Pencampuran *Etching* (*Etchant Mixture*)

a. Perbandingan FeCl_3 dengan Air (H_2O)

Campuran yang tepat untuk etching menjadi bagian yang sangat penting untuk keberhasilan proses *etching* untuk mendapatkan hasil yang baik dan waktu yang relative singkat.

Komposisi Antara FeCl_3 dan air dengan perbandingan 1 Ons untuk FeCl_3 dan 1 liter untuk air Bahan bahan ini biasanya dapat dibeli di toko toko kimia.

Adapun langkah kerja untuk membuat campuran adalah sebagai berikut:

- 1) Siapkan terlebih dahulu tempat/wadah yang mencukupi untuk pencampuran bahan (wadah sebaiknya terbuat dari plastik).
- 2) Pasang APD (alat pelindung diri) berupa sarung tangan karet dan masker.
- 3) Tuangkan air (H_2O) sesuai takaran kedalam wadah.
- 4) Secara perlahan dan hati hati tuangkan FeCl_3 sambil diaduk (pengaduk sebaiknya terbuat dari bahan Non Logam) s merata

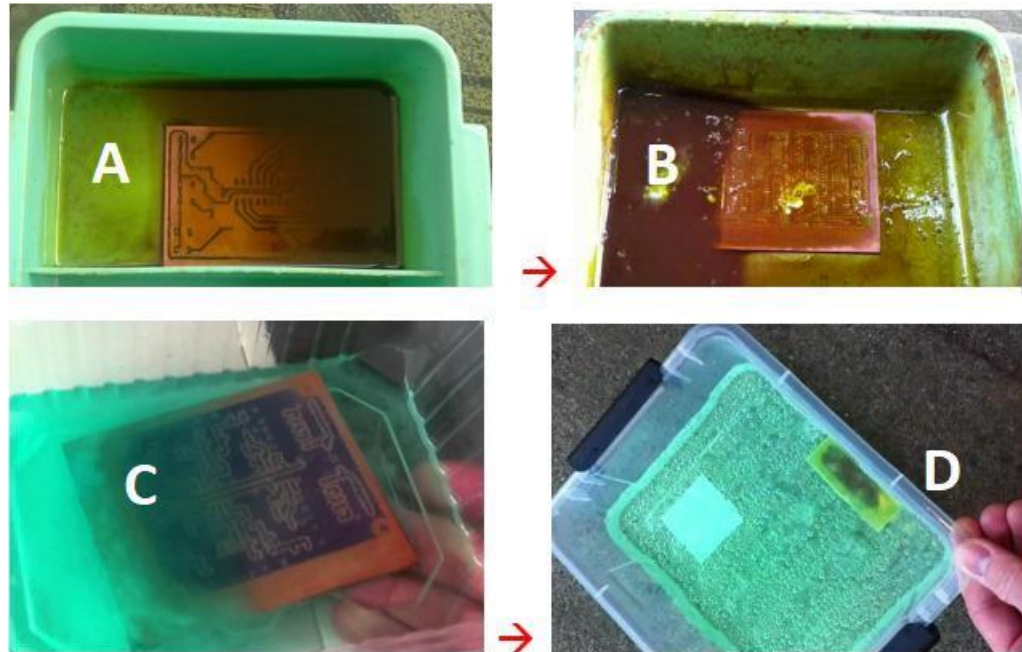
b. Hydrochloride Acid (HCL) + Hydrogen Peroxide (H_2O_2) + Air (H_2O) dengan perbandingan:

" $\text{HCL}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ adalah 1:2:3" : artinya jika kita menggunakan HCL 100 ml maka dicampur dengan H_2O_2 200 ml ditambah 300 ml air. Bahan bahan ini biasanya dapat dibeli di toko toko kimia.

Adapun langkah kerja untuk membuat campuran adalah sebagai berikut:

- 1) Siapkan terlebih dahulu tempat/wadah yang mencukupi untuk pencampuran bahan (wadah sebaiknya terbuat dari plastik).
- 2) Pasang APD (alat pelindung diri) berupa sarung tangan karet dan masker.
- 3) Tuangkan air (H_2O) sesuai takaran kedalam wadah.

- 4) Secara perlahan dan hati hati tuangkan HCL sambil diaduk (pengaduk sebaiknya terbuat dari bahan Non Logam)
- 5) Kemudian masukkan H_2O_2 sambil diaduk merata



Gambar 7. 6 Kedua larutan setelah dipakai beberapa kali, A) $FeCl_3$ menjadi B) dan HCl C) menjadi D)

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

5. Melakukan *Etching* dengan Baik dan Benar

a. Proses Pelarutan PCB dengan Larutan Ferric Chloride ($FeCl_3$).

- 1) Masukkan Ferric Chloride ($FeCl_3$) secukupnya ke dalam wadah plastic (paling tidak 1 bungkus kemasan), dan masukkan air panas/hangat secukupnya +/- 100ml (1/2 gelas), sampai seluruhnya lebur dengan air.
- 2) Masukkan papan PCB kedalam larutan Ferri Chloride ($FeCl_3$) tadi, dan agar prosesnya lebih cepat, bantu dengan cara menggoyang-goyang wadahnya.
- 3) Sambil diamati jika papan PCB sudah seluruhnya lebur, maksudnya tembaga yang tidak tertutup oleh gambar/toner, maka angkat papan PCB dan bersihkan dengan air yang mengalir (air kran).
- 4) $FeCl_3$ yang sudah dipakai jangan dibuang sembarangan, itu akan mengakibatkan tumbuhan disekitar kita akan mati dan air disekitar $FeCl_3$ akan beracun kita bisa menyimpannya lagi ditempat minum agar tidak tumpah

- 5) Untuk membersihkan gambar/toner, gosokan amplas pelan-pelan sambil disiram air kran sampai benar-benar bersih.
- 6) Periksa kembali apakah terdapat jalur yang putus.
- 7) Untuk lebih jelasnya lihatlah tutorial yang ada di youtube dengan link : <https://www.youtube.com/watch?v=Oc16FKdlgmY>

b. Proses Pelarutan PCB dengan Larutan Asam Clorida (HCl).

- 1) Siapkan terlebih dahulu tempat/wadah yang mencukupi untuk pencampuran bahan (wadah sebaiknya terbuat dari plastik).
- 2) Pasang APD (alat pelindung diri) berupa sarung tangan karet dan masker.
- 3) Tuangkan air (H_2O) sesuai takaran kedalam wadah
- 4) Secara perlahan dan hati hati tuangkan HCl sambil diaduk (pengaduk sebaiknya terbuat dari bahan Non Logam)
- 5) Kemudian masukkan H_2O_2 sambil diaduk merata
- 6) Masukkan PCB yang akan di etching, lihat reaksi akan terjadi gelembung pertanda ada reaksi antara cairan dan tembaga permukaan PCB
- 7) Jika Buih sudah mulai hilang (pertanda tembaga sudah larut) angkat PCB kemudian bilas menggunakan air mengalir sampai bersih.
- 8) Proses etching selesai.

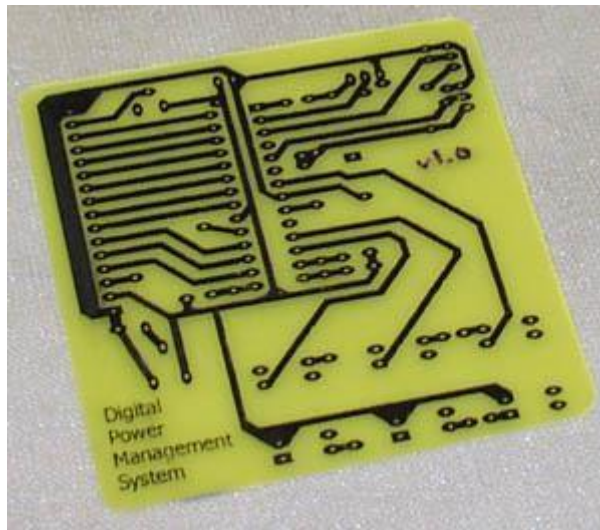
Sisi kelebihan H_3 ini dibanding $FeCl_3$ adalah:

- a) Lebih cepat larut
- b) Tidak perlu digoyang-goyang saat etching
- c) Tidak meninggalkan bekas kotor di lantai / ditanah bekas etchingan
- d) Dari sisi harga dan perhitungan ekonomis cairan ini lebih murah.

6. Menghilangkan *Photo-resist coating* setelah *etching*

Tujuan utama menghilangkan photo resist coating setelah etching adalah untuk memastikan lapisan tembaga yang ada pada PCB masih utuh dan besarnya sesuai dengan bahan *photo resist coating* yang menutupinya tersebut dan betul betul bersih dari bahan *photo resist coating*, cara paling mudah menghilangkan

photo resist coating setelah *etching* adalah mencuci dengan air kran sambil menggosok dengan menggunakan sabun detergen sampai bersih.

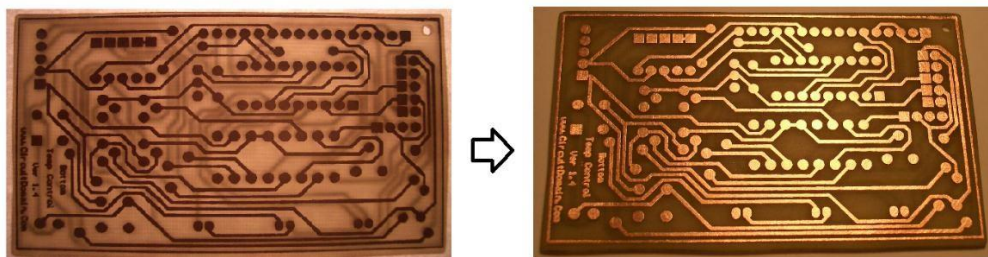


Gambar 7. 7 gambar PCB sebelum dibersihkan dari photo resist

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

7. Membersihkan *Etching*

Tujuan utama membersihkan PCB setelah *etching* adalah untuk memastikan PCB betul betul bersih dari bahan tersebut korosif saat etching yang berupa larutan FeCl_3 atau HCL , PCB akan mampu bertahan lama atau awet jika bahan kimia yang digunakan saat melarutkan sudah tidak ada lagi yang tersisa yang menempel pada PCB, untuk itu cara paling mudah adalah mencuci dengan air kran sambil menggosok menggunakan kain lunak (kaos) atau stell wool dengan menggunakan sabun detergen sampai bersih, untuk menandai bisa dilihat dengan permukaan lapisan tembaga mengkilat.



Gambar 7. 8 Gambar sebelum dan sesudah PCB dibersihkan

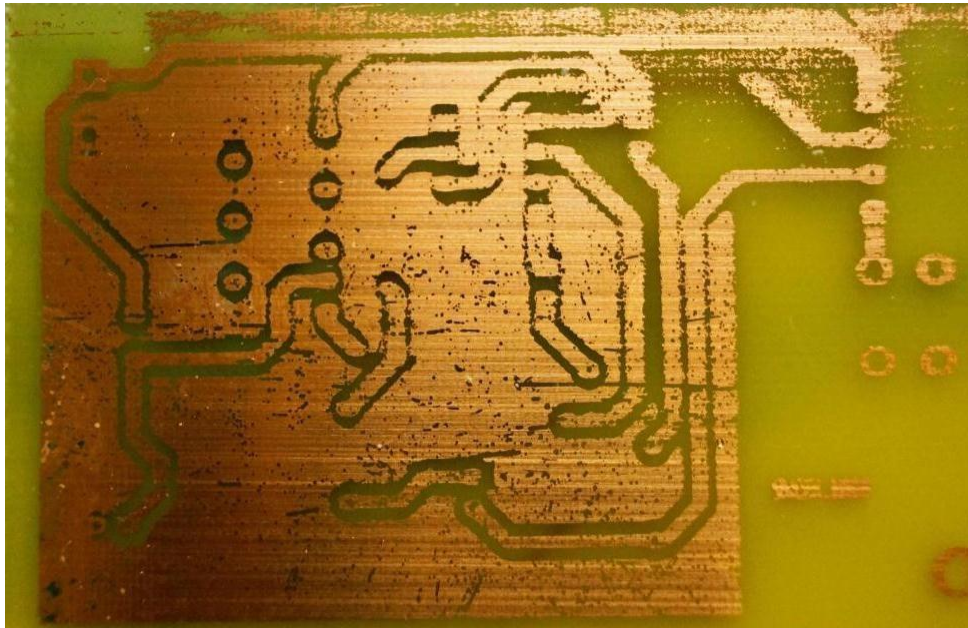
Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

8. Mengantisipasi Masalah-masalah Proses *Etching*

Pada saat melakukan proses etching tidak selamanya akan berhasil dengan baik dan sempurna, ada kalanya proses tidak berjalan sesuai harapan, dibawah ini informasi permasalahan yang mungkin terjadi saat proses etching.

Tabel 7. 1 Masalah dan antisipasi pada proses Etching

No	Masalah	Penyebab	Antisipasi/solusi
1	Lapisan tembaga tidak bisa larut	<ul style="list-style-type: none">• Perbandingan Antara FeCl_3 tidak sesuai atau terlalu encer• Perbandingan Antara HCl, H_2O_2 dan Air tidak sesuai atau terlalu encer• Larutan yang dipakai sudah terlalu lama dipakai	<ul style="list-style-type: none">• Tambahkan FeCl_3 sesuai dengan perbandingan seperti petunjuk• Tambahkan komposisi HCl, H_2O_2 sesuai dengan perbandingan seperti petunjuk• Ganti larutan dengan yang baru (membuat larutan baru)
2	Jalur pada Lapisan tembaga banyak yang ikut larut, terutama jalur dengan ukuran kecil	<ul style="list-style-type: none">• Larutan terlalu pekat• Proses pelarutan terlalu lama• Temperature larutan terlalu panas	<ul style="list-style-type: none">• Menambahkan air untuk mengencerkan sesuai perbandingan• Kurangi waktu pelarutan PCB• Dinginkan dahulu larutan sebelum digunakan untuk kebutuhan etching



Gambar 7. 9 Hasil etching PCB yang tidak bagus

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

B. Keterampilan yang Diperlukan dalam *Etching*

1. Menerapkan Keselamatan kerja dan lingkungan terhadap bahan kimia proses Etching
2. Menyipkan Kebutuhan peralatan dan bahan kimia Etching
3. Menyipkan Jenis bahan Etching
4. Menetapkan Komposisi pencampuran Etching (etchant Mixture)
5. Melakukan Etching dengan baik dan benar
6. Menghilangkan Photo-resist coating setelah etching
7. Membersihkan Etching
8. Mengantisipasi Masalah-masalah proses Etching

C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam *Laundry Sink*

Harus bersikap secara:

1. Cermat dan teliti dalam melakukan proses Etching;
2. Taat asas dalam mengaplikasikan langkah-langkah, panduan, dan pedoman yang dilakukan dalam melakukan proses Etching;
3. Berpikir analitis serta evaluatif waktu melakukan proses Etching.

BAB VIII

CUTTING and DRILLING

A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam *Cutting and Drilling*

1. Menerapkan Perlakuan Keselamatan Kerja dan Lingkungan terhadap Proses *Cutting & Drilling*

a. Keselamatan Pada Si Pekerja

Dalam praktek bengkel si pekerja harus memakai pakaian praktek dan APD seperti sepatu kulit, kaca mata, sarung tangan dan lain sebagainya. Pakaian praktikan harus rapi dan tidak ada bagian yang terbuka pada waktu mengebor, terutama baju. Baju harus dikancingkan dari atas sampai bawah, sebab bram yang panas bisa masuk kedalam baju. Kancing lengan baju (untuk baju lengan panjang) harus terkancing, sebab hal ini akan mengganggu pada waktu melakukan pengeboran.

Sepatu Kulit ; Dalam praktek untuk menghindari benda-benda kerja yang tertumpuk. Dan kemungkinan benda jatuh, jepitan benda lain.

Kaca Mata ; Pada waktu melakukan pengeboran diharuskan memakai kaca mata untuk melindungi mata kita sendiri, sebab pada waktu pengeboran banyak bram yang bisa melesat ke mata.

Sarung Tangan ; Pada waktu melakukan pengeboran, si pekerja tidak boleh memakai sarung tangan, untuk menjaga tangan dari belitan mesin bor. Sarung tangan perlu dipakai apabila mesin bor dalam keadaan berhenti dan untuk memegang benda kerja yang panas.

Lain-lain ; Rambut tidak boleh panjang dalam pekerjaan mengebor. Apabila berambut panjang harus memakai topi pengaman dan rambut dijalin.

b. Keselamatan Pada Mesin

Dalam proses pengerjaan megebor, khususnya si pekerja harus ingat akan perlengkapan mesin bor tersebut.

Misalnya, akan mengebor : Perlengkapannya ; pelumas, putaran mesin dan kondisi mesin.

c. Keselamatan Pada Benda Kerja

Pada waktu pengeboran, benda kerja kecil harus dicekam dengan ragum atau alat lainnya, agar supaya tidak lari apabila di bor. Benda kerja harus di titik dulu sebelum di bor, sebab akan mengakibatkan tidak tepat pada ukuran yang diinginkan, akhirnya benda kerja afkir.



Gambar 8. 1 Alat pelindung diri untuk kepala

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

2. Menyiapkan Kebutuhan Peralatan Proses *Cutting & Drilling*

a. Peralatan yang dipakai pada proses cutting adalah:

- ✓ PCB
- ✓ Pensil / Spidol
- ✓ Penggaris besi
- ✓ Mesin pemotong PCB atau
- ✓ Cutter
- ✓ Ampelas halus



Gambar 8. 2 Mesin potong PCB ukuran kecil

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>



Gambar 8. 3 Cara memotong PCB secara manual

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

b. Peralatan yang dipakai pada proses Drilling adalah:

- ✓ Mesin bor portable atau stand
- ✓ Pembuka/ pengunci mata bor
- ✓ Mata bor set
- ✓ PCB
- ✓ Ampelas halus

3. Menetapkan Diameter Lubang PCB dan Kesesuaian Diameter Drill terhadap Kaki Komponen

Ukuran lubang pada PCB sangat ditentukan oleh objek yang akan dipasang (disolder) pada PCB, objek yang dimaksud bisa berupa kaki komponen, kaki

sakelar, *Fuse holder*, atau terminal. Untuk itu besar lubang pada PCB harus disesuaikan dengan objek yang akan dipasang tersebut.

Beberapa objek membutuhkan lubang PCB yang lebih besar sedikit dari ukuran objeknya, misalnya untuk resistor, kapasitor dan lain lain, ada juga ukuran lubang harus sama persis dengan besarnya objek yang akan dipasang pada PCB misalnya PIN PCB, hal ini dilakukan agar sewaktu memasang pin sebelum disolder, posisi PIN bisa tegak lurus terhadap PCB dan langsung mengunci, dan tidak lagi bisa goyang goyang karena posisi yang telah terkunci. Secara umum ukuran mata bor yang akan digunakan untuk melobangi PCB sesuai dengan table berikut ini:

Tabel 8. 1 ukuran mata bor untuk komponen

Komponen	Ukuran Mata Bor		
	No	Inch	Mm
- Transistor ukuran kecil, Dioda ukuran kecil, IC, Kapasitor ukuran kecil	70	0,028	0,7
- Resistor ¼ Watt, Elco ukuran kecil	65	0,035	0,9
- Resistor ½ - 1 Watt, Capasitor milar besar, Elco, Trimpot, Socket IC	60	0,040	1,1
- Trimpot, Relay, Trimmers	55	0,052	1,3

Gambar 8.4 dibawah ini memberikan contoh mata bor yang dipakai jenis stand bukan portable



Gambar 8. 4 Mata bor untuk PCB

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

4. Melakukan Proses *Cutting dan Drilling* dengan Baik dan Benar

Setelah selesai etching PCB, dan yakin betul bahwa tidak ada kendala pada jalur PCB baik yang putus maupun jalur yang menyatu satu sama lain yang tidak diharapkan, proses selanjutnya adalah melakukan pengeboran PCB tersebut. Pengeboran yang paling sederhana adalah dengan menggunakan Bor tangan.

Pengertian bor tangan adalah suatu mesin yang digunakan untuk melubangi kayu, papan PCB, tembok dan lain sebagainya. Mesin bor tangan ini pengoperasiannya menggunakan tangan kita sendiri. Cara menggunakan bor tangan dengan benar disini mengarah pada pengeboran pada papan PCB. Printed Circuit Board atau biasa disingkat PCB adalah sebuah papan yang digunakan untuk komponen-komponen elektronika yang akan digunakan di atasnya.

a. Jenis-jenis Mata Bor Tangan

Berikut ini adalah jenis-jenis mata bor tangan ukuran mini :

- 1) ukuran 1 mm : mata bor ini biasanya digunakan untuk melubangi, papan PCB namun ukuran mata bor ini akan menghasilkan lubang yang lumayan besar untuk sebuah kaki komponen elektronika.
- 2) Ukuran 0,8 mm : ukuran ini biasa digunakan untuk melubangi papan PCB yang paling sering dipakai, karena ukuran mata bor ini sangat cocok sekali untuk komponen elektronika yang berukuran kecil seperti resistor, kapasitor, LED dan lain sebagainya.
- 3) ukuran 2 mm : ukuran ini akan menghasilkan lubang yang besar untuk papan PCB, biasanya jenis mata bor ini digunakan untuk komponen yang berukuran besar seperti relay dan lain-lain.

b. Cara Memasang Mata Bor Tangan Ukuran Mini

Berikut adalah cara memasang mata bor tangan ukuran mini:

- 1) Buka kepala dari mata bor tangan tersebut menggunakan tang dan baut yang sudah tersedia ketika membeli bor tangan ukuran mini.



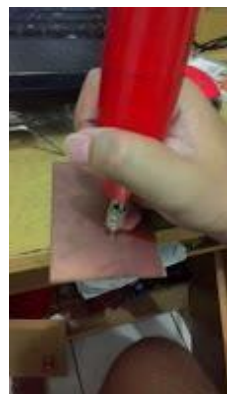
Gambar 8. 5 Memasang mata bor

- 2) setelah kepala mata bor terbuka kemudian kita lepas mata bor yang lama dan gantilah dengan yang baru sesuai dengan kebutuhan kita, jangan lupa dipasang kembali seperti cara membuka mata bor tadi.
- 3) cobalah anda coba menghidupkan bor untuk mengetahui apakah mata bor tersebut berfungsi dengan baik.

c. Cara Mengebor PCB dengan Bor Tangan Mini

Berikut adalah tutorial cara mengebor PCB :

- 1) ambil PCB yang akan kita bor dengan bor tangan mini, kemudian bersihkan terlebih dahulu PCB tersebut dari debu atau kotoran lainnya.
- 2) nyalakan bor tangan mini, kemudian arahkan mata bor tangan mini yang telah hidup ke lubang PCB yang akan kita bor, lakukan penekanan ketika sedang mengebor PCB.
- 3) seperti terlihat pada gambar 8.5, lakukan pengeboran melalui atas dari PCB tersebut.
- 4) Untuk mendapatkan hasil pengeboran yang lebih baik dapat digunakan mesin bor seperti yang Nampak pada gambar 8.6.



Gambar 8. 6 mengebor dengan bor tangan mini



Gambar 8. 7 Bentuk fisik mesin bor PCB

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

d. Cara Memotong Papan PCB dengan Alat Buatan Sendiri

Bagaimana cara memotong papan PCB yang benar? Papan PCB biasanya tersedia dalam bentuk yang cukup besar dengan ukuran penampang sekitar 100 x 150 cm. Terbayang kan betapa jumbonya ukuran [perangkat elektronik](#) jika harus menggunakan papan PCB yang utuh. Untungnya, Anda bisa memotong papan tersebut menjadi potongan-potongan yang berukuran lebih kecil sesuai dengan kebutuhan. Pada gambar 8.3 ditunjukkan mesin potong PCB ukuran kecil, ini adalah cara yang maling mudah dan aman untuk memotong PCB, namun jika tidak tersedia mesin pemotong tersebut, dapat juga digunakan alat potong sederhana dengan cara manual seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.4.

Agar tidak terjadi kesalahan, Anda sebaiknya mempelajari cara pemotongan PCB yang tepat. Beberapa peralatan yang bisa digunakan untuk membantu pekerjaan Anda di antaranya cutter, penggaris, dan ampelas bila perlu. Sedangkan untuk panduannya silakan ikuti langkah-langkah berikut ini :

- 1) Siapkan cutter yang dengan ukuran mata pisau yang cukup besar dan tajam. Dengan begini cutter tersebut mampu menahan beban/tekanan yang kuat saat kita menggoreskannya ke PCB. Perlu diingat, setiap cutter hanya boleh digunakan untuk 20 kali pemotongan PCB.
- 2) Siapkan juga penggaris yang terbuat dari bahan besi yang kokoh. Selain digunakan untuk membentuk garis pola, penggaris ini juga nantinya akan dipakai untuk menahan alur pergerakan mata pisau cutter. Jadi bahan besi dipilih agar penggaris tidak mudah rusak dan tergores akibat terkena tekanan dari cutter.
- 3) Sediakan tempat yang memiliki permukaan rata namun kondisinya tidak terlalu licin. Tempat ini nantinya akan digunakan sebagai landasan dalam proses pemotongan PCB. Jika Anda bingung mencari tempat yang tepat, manfaatkan saja papan kayu yang cukup tebal sebagai landasannya.
- 4) Setelah semua persiapan di atas beres, Anda bisa mulai memotong PCB. Pertama-tama letakkan papan PCB di atas landasan. Pastikan posisinya sudah cukup nyaman bagi Anda untuk menjangkanya.
- 5) Kemudian buatlah garis pola menggunakan pensil sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Usahakan garis tersebut memiliki arah yang lurus. Bila terjadi kesalahan, Anda bisa menghapus garis tadi memakai penghapus dan mengulangi pembuatan garis sekali lagi.
- 6) Setelah itu, Anda bisa memulai tahap pemotongannya dengan meletakkan penggaris besi tepat di pinggir garis serta menggoreskan cutter pada garis tersebut. Untuk permulaannya, goreslah bagian tembaga terlebih dahulu dan tidak perlu sampai tembus.
- 7) Langkah berikutnya, balikkan posisi papan PCB lalu goreskan cutter sekali lagi persis di garis pola tadi. Kini Anda pun sudah membuat dua goresan garis pada PCB di posisi yang sama tetapi bagian permukaan yang berlawanan. Jadi dengan begini Anda dapat mematahkannya dengan sangat mudah.
- 8) Tahap yang terakhir adalah pematahan. Anda bisa mematahkan papan PCB tersebut tepat pada posisi goresan, baik menggunakan tangan kosong atau alat bantu berupa penjepit. Kunci utama supaya hasil patahannya rapi yaitu Anda harus menggunakan tenaga yang penuh saat

mematahkan PCB. Jangan ragu-ragu karena justru akan menimbulkan retakan.

- 9) Sekarang Anda bisa menghaluskan bagian pinggiran papan PCB tersebut memakai ampelas yang halus supaya lebih rapi. Gosokkan ampelas dengan gerakan yang searah dan agak diangkat. Dijamin deh, dengan menerapkan langkah-langkah di atas, Anda pun sudah bisa memotong papan PCB sendiri.

B. Keterampilan yang Diperlukan dalam *Cutting and Drilling*

Menerapkan Perlakuan keselamatan kerja dan lingkungan terhadap proses Cutting & Drilling

1. Menyiapkan Kebutuhan peralatan proses *Cutting & Drilling*
2. Mengkonfirmasi dan menetapkan diameter lubang PCB dan kesesuaian diameter drill terhadap kaki komponen
3. Melakukan Cutting dan Drilling dengan baik dan benar.

C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam *Cutting and Drilling*

Harus bersikap secara:

1. Cermat dan teliti dalam melakukan proses *Cutting & Drilling*;
2. Taat asas dalam mengaplikasikan langkah-langkah, panduan, dan pedoman yang dilakukan dalam melakukan proses *Cutting & Drilling*;
3. Berpikir analitis serta evaluatif waktu melakukan proses *Cutting & Drilling*.

BAB IX

MASKING

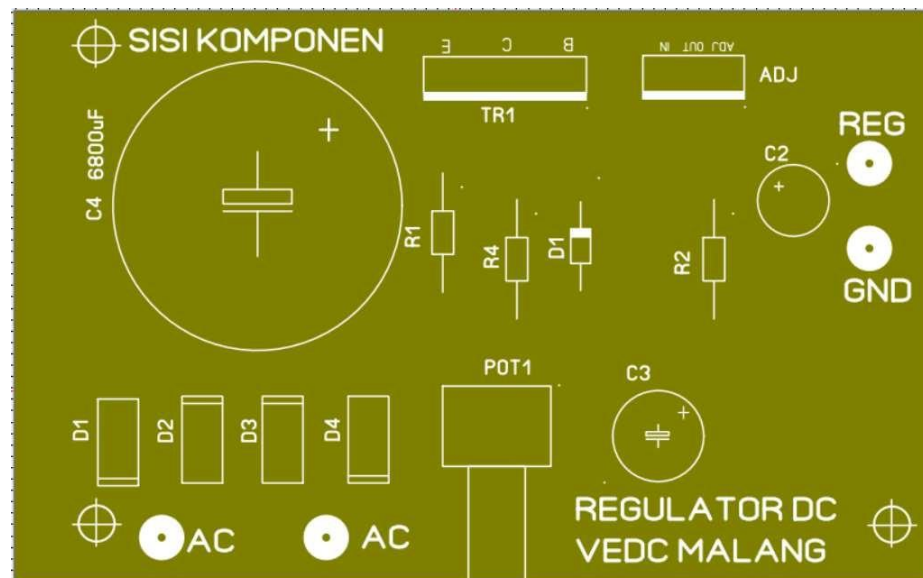
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam *masking*

1. Penetapan Bagian Layout PCB yang Perlu di *Masking*

Permasalahan yang dihadapi setelah membuat PCB dengan metoda setrika adalah membuat tata letak komponen pada sisi sebalik jalur PCB, ini sangat penting karena dengan adanya gambar tata letak komponen akan sangat memudahkan proses selanjutnya (penempatan komponen dan penyolderan) proses ini cara melakukan hamper sama ketika akan membuat layout PCB, hanya saja proses ini tidak sampai ke etching kebelakang.

Hal yang harus dilakukan untuk membuat tata letak komponen pada sisi sebalik layout adalah:

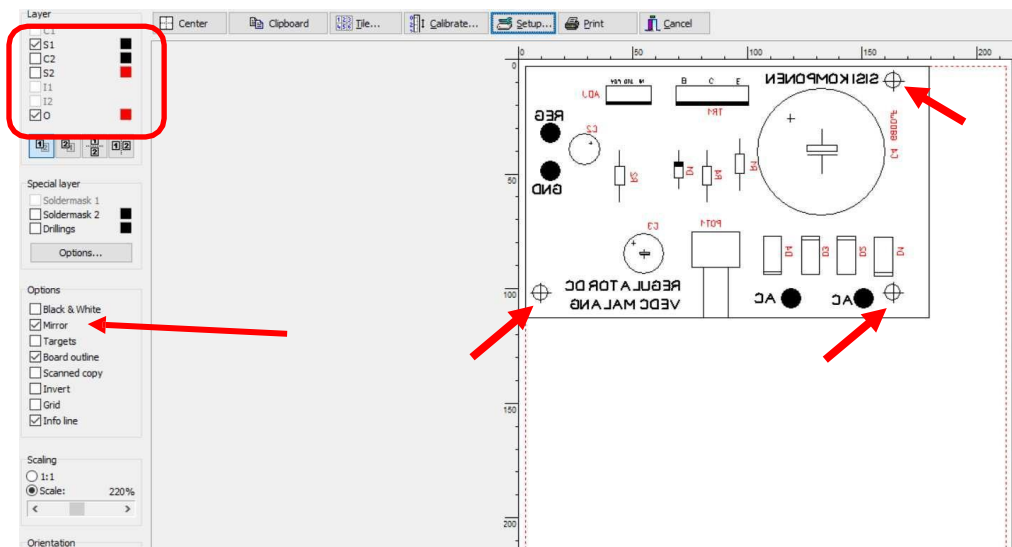
- Membuat gambar artwork di software sprint layout tata letak komponen (tidak disertai jalur PCB) untuk itu tampilkan layer komponen dan informasi komponen seperti pada gambar 9.1



Gambar 9. 1 PCB sisi tata letak komponen

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

- b) Cetak gambar tata letak komponen diatas dengan mode mirror, maka gambar 9.1 akan dibalik seperti yang terlihat pada gambar 9.2, posisi komponen dan teks akan menjadi terbalik.

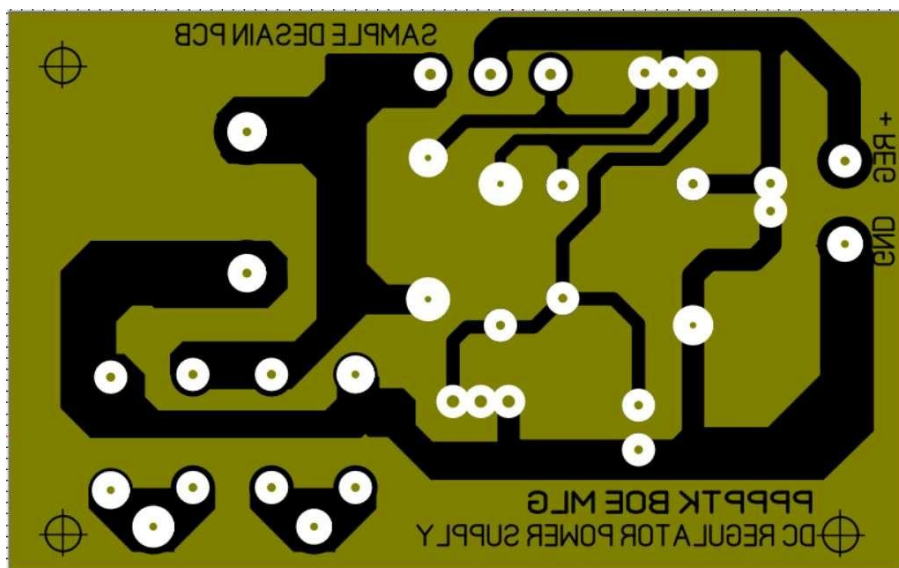


Gambar 9. 2 PCB sisi tata letak komponen di miror

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

Dengan cara ini penetapan anatar gambar dan PCB tidak diperlukan lagi, artinya posisi dari kedua sudah pasti tepat sama.

- c) Membuat gambar artwork di software sprint layout pada jalur PCB, cara membuat masking pada jalur PCB adalah cukup menampilkan jalur PCB (tidak disertai komponen) dan berikan warna PIN dengan warna putih, perhatikan gambar dibawah ini



Gambar 9. 3 PCB sisi layout untuk kebutuhan masking

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

2. Persiapan Peralatan *Masking*

Agar proses masking dapat dijalankan dengan baik, dibutuhkan kesiapan bahan yang akan dipergunakan, bahan tersebut saling mendukung satu dengan yang lain, secara rinci bahan yang dimaksudkan diatas adalah :

- Printer Laser Jet (Tinta Toner) untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, jika tidak ada bisa memakai hasil Foto Copy-an
- Kertas glosy atau kertas Kalender (bekas) dinding yang tidak kusut, atau kertas kado yang tebal dan mengkilap permukaan bawahnya
- Papan PCB yang sudah selesai etching dan dibersihkan
- Amplas kertas halus (abrasive paper)
- Setrika listrik dengan pengatur temperatur
- Pisau (Cutter)
- Penggaris (stainless steel)



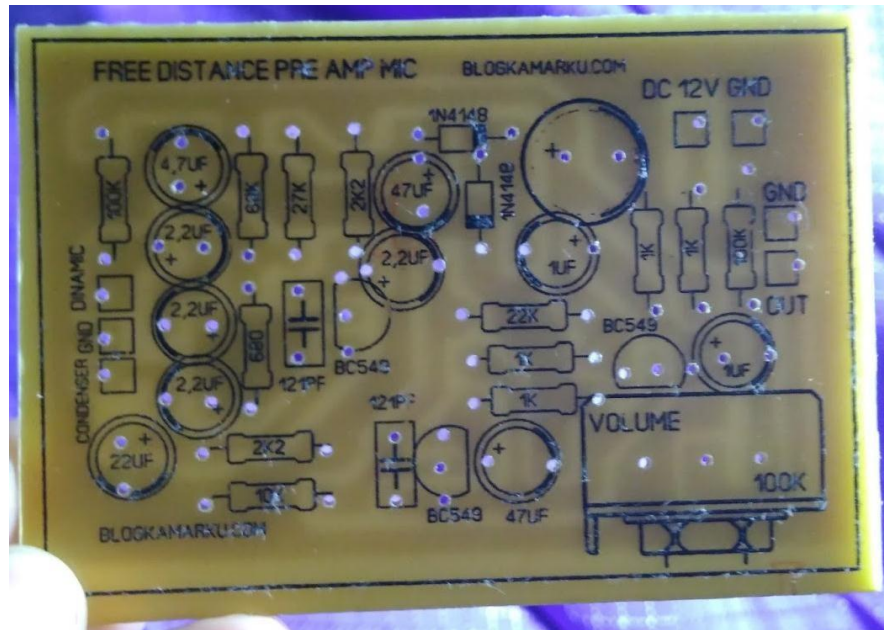
Gambar 9. 4 Peralatan masking

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

3. Melakukan Proses *Masking* dengan Baik dan Benar

a) Proses Masking pada tata letak komponen

Setelah selesai melakukan etching PCB, langkah berikutnya adalah masking komomponen pada PCB pada sisi komponen (sebalik sisi jalur PCB) hal ini dimaksudkan untuk membantu disaat merakit komponen pada PCB, ada panduan meletakkan komponennya, berapa nilainya dan bagaimana posisinya komponen pada PCB, perhatikan gambar dibawah ini



Gambar 9. 5 Bentuk Masking pada tata letak komponen

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

Setelah disiapkan hasil printer pada kertas artwork, selanjutnya adalah Proses setrika kertas tersebut ke permukaan PCB pada sisi komponen. Pada informasi sebelumnya dijelaskan bagaimana membuat gambar yang akan di print untuk kebutuhan komponen masking. Letakkan diatas PCB (sisi komponen) dan tepatkan posisinya antara kertas dengan PCB, sebagai panduan letak PIN kaki pada sisi solder akan tepat atau sejajar dengan gambar komponen pada kertas artwork, disaat sudah tepat bantu dengan memberikan selotip pada bagian tepi agar posisi tidak berubah lagi disaat kena tekanan atau gesekan.

Selanjutnya lakukan proses ironing seperti berikut ini:

- 1) Panaskan Setrika, set pengatur panas kira-kira 1/4.
- 2) Posisikan gambar PCB diatas papan PCB, jalur PCB (tinta Toner) menghadap ke papan PCB (sisi komponen).
- 3) Diatas kertas kalender atau kertas kado lapiasi dengan kertas biasa, agar Text yg ada di kalender tidak menempel ke permukaan Setrika.
- 4) Tekan Setrika agak kuat diatas kertas kalender atau kertas kado yang sudah dilapiasi dgn kertas biasa tadi sampai kira-kira 30 detik sampai gambar menempel ke papan PCB dan lakukan penggosokan secara merata ke permukaan yg lain.

- 5) Waktu yang diperlukan selama proses setrika +/- 3 menit, jangan sampai lebih dari 4 menit karena jika terlalu lama biasanya gambar akan melebar/pudar.
- 6) Setelah kertas kalender / kertas kado menempel ke PCB lalu dinginkan papan PCB dengan cara di angin-anginkan, jangan sekali-kali langsung direndam ke air atau diblow dengan udara dingin / AC, gambar (toner) bisa terkelupas sewaktu masuk pada proses selanjutnya.
- 7) Jika sudah benar-benar dingin, rendam papan PCB ke dalam air selama +/- 15 s/d 30 menit, tergantung dari tebal/tipisnya kertas kalender, hingga kertas kalender / kertas kado nampak basah pada permukaan bagian dalam, biasanya jika menggunakan kertas kalender yang tipis, kertas akan terkelupas (mengapung) dengan sendirinya.
- 8) Lepaskan kertas kalender /kertas kado pelan-pelan dengan tangan sampai gambar/jalur nampak, lalu sedikit-demi sedikit bersihkan sisa-sisa kertas yang masih nempel dengan bantuan sikat gigi bekas, terutama kertas yang nempel pada bagian lubang/pads komponen dan diantara jalur-jalur sampai bersih.
- 9) Setelah semua prosedur diatas dilakukan, hasil akhir akan terlihat seperti yang ditampilkan pada gambar 9. 5.

4. Melapisi Jalur Tembaga (*Coating*)

Permasalahan yang dihadapi setelah membuat PCB adalah setelah dibiarkan beberapa waktu maka lapisan tembaga PCB akan teroksidasi. Permukaan logam (tembaga) yang semula mengkilap menjadi kusam dan berubah warna kadang-kadang menjadi kehitaman. Pada rangkaian yang sudah jadipun dengan berjalannya waktu lapisan PCB-nya akan teroksidasi, terlebih dalam kondisi lembab bisa muncul karat berwarna kehijauan. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi PCB dari korosi tersebut yang dikenal dengan coating diantara adalah:

a. Pelapisan Dengan Menggunakan Spray

Saat ini sudah banyak tersedia dipasaran spray khusus pelapis PCB yang fungsi melindungi lapisan tembaga dari korosi dan memudahkan proses penyolderan, misalnya dengan menggunakan Piloc transparan atau ini sering

saya gunakan untuk melapisi pcb baik pada jalur tembaga atau pada sablonan letak komponen.

Bahan yang digunakan adalah lacquer warna clear (Acrylic Epoxy Spray Paint) atau yg umum dikenal dengan merk Pylox, Amplas halus dan PCB yang akan dilapisi dengan Pylox, caranya cukup mudah yaitu dengan membersihkan PCB dengan cara diampelas sampai yakin betul bersih atau menggunakan Steelwool akan lebih baik dan tidak tersisa minyak dan lainnya

Tabel 9. 1 Bahan yang dipakai pada pelapisan dengan Spray

No	Bahan	Keterangan
1	 Pylox	Pilihlah Pylox dengan warna Transparan atau clear clear (Acrylic Epoxy Spray Paint)
2		PCB yang akan di lapisi adalah PCB yang telah melalui proses Pengeboran dan pembersihan
3		Steel wool yang digunakan adalah yang ukuran halus, agar tidak merusak Jalur PCB
4		Amplas yang digunakan adalah yang ukuran P1500 atau halus, agar tidak merusak Jalur PCB

Proses pelapisan dapat dilihat pada gambar dibawah ini, siapkan PCB yang akan dilapisi dengan clear, bersihkan permukaan Jalur PCB dengan

menggunakan Amplas atau dengan steel wool sampai betul betul bersih dari sisa etching dan noda lemak, setelah itu cuci dengan Air untuk menghilangkan kotoran setelah selesai diampas dengan sabun cuci secukupnya, lalu keringkan diterik matahari atau dapat juga dengan menggunakan dryer agar lebih cepat, setelah itu semprot dengan Pylox secara merata dan tipis saja, lakukan setidaknya 2 kali dengan interfal waktu kurang lebih 5 menit semprotan yang kedua dari yang pertama, lalu keringkan lagi PCB yang sudah disemprot tersebut.



Gambar 9. 6 Proses pelapisan PCB dengan Spray

Sumber: <http://teknikelektronika.com/>

b. Pelapisan dengan Menggunakan Gondorukem

Cara yang lain lagi untuk melindungi PCB adalah dengan menggunakan gondorukem, cara ini relatif mudah dan murah dan dengan menggunakan bahan dasar alamiah (gondorukem), sebelum melakukan pelapisan, langkah pertama yang harus dilakukan adalah membuat atau meramu gondorukem tersebut menjadi cairan gondorukem agar siap untuk melapisi PCB dengan langkah langkah sebagai berikut:

- 1) Ambil botol kaca / gelas ukuran 100 ml kurang lebih. Cari yang ada tutupnya logam berulir.
- 2) Isi botol dengan thinner untuk cat kira-kira 80 %, pokoknya tidak penuh begitulah kira-kira.

- 3) Ambil gondorukem yang dalam bentuknya berupa kristal berwarna kekuningan. Jumlahnya yang dibutuhkan jika dipadatkan kira-kira berukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm. Hancurkan sehingga berbentuk tepung halus. Caranya bisa ditumbuk (resiko sebagian hilang terlontar kemana-mana), atau diiris/dikikis sedikit-sedikit menggunakan pisau.
- 4) Masukkan sebagian bubuk gondorukem ke dalam botol berisi thinner lalu botol ditutup rapat dan dikocok-kocok sampai kristal gondorukem larut. Demikian terus diulangi sampai bubuk gondorukem habis atau mulai ada kristal yang tidak larut. Selesai.
- 5) Beri label pada botol dan tulisan peringatan, kemudian simpan di tempat yang aman jauh dari jangkauan anak-anak. Jangan sampai larutan ini diminum secara tidak sengaja.



Gambar 9. 7 Proses pembuatan cairan gondorukem

Cara penggunaan larutan ini adalah dengan dioleskan merata pada permukaan tembaga PCB dengan menggunakan kuas. Setelah beberapa menit maka permukaan PCB akan mengering dan tampak mengkilap indah sekali dan terhindar dari korosi. Waktu PCB digunakan dan kita menyolder kaki-kaki komponen akan lebih mudah, tidak perlu menambah gondorukem lagi sebagai teman bagi timah solder. Pengolesan larutan otomatis akan menghapus bekas-bekas sidik jari, bekas telapak tangan atau bekas telapak kaki waktu menggergaji PCB sehingga hasilnya bagus.

c. Pelapisan dengan Menggunakan Perak (Silver Coated - Solder Mask)

Cara yang lain lagi untuk melindungi PCB adalah dengan menggunakan perak Nitrat, Lapisan perak bisa untuk mengurangi / mereduksi tembaga dari oksidasi. lapisan ini dengan menggunakan AgNO_3 (Silver Nitrat) + Potasium + air bersih.

Bahan-bahan :

- EDTA 50 grm
- Sodium Hydroxide (NaOH) 20.4 grm
- Silver nitrate (AgNO₃) 1 grm
- Air Murni tanpa mineral.

Cara pembuatan:

- Aduk EDTA & Sodium Hydroxide dengan menambahkan air secukupnya
- Tambahkan Silver Nitrate, aduk sampai merata.
- Tambahkan air sampai jumlah larutan menjadi 1 liter.

Metode pelapisan :

- Bersihkan PCB dengan amplas halus.
- Rendam 2-15 mnt dengan suhu kamar (20 derajat)
- Bersihkan dengan air bersih.
- Keringkan dengan angin panas.(70-100 derajat.)



Gambar 9. 8 Kemasan Silver Nitrate (AgNO₃) 50 Gram

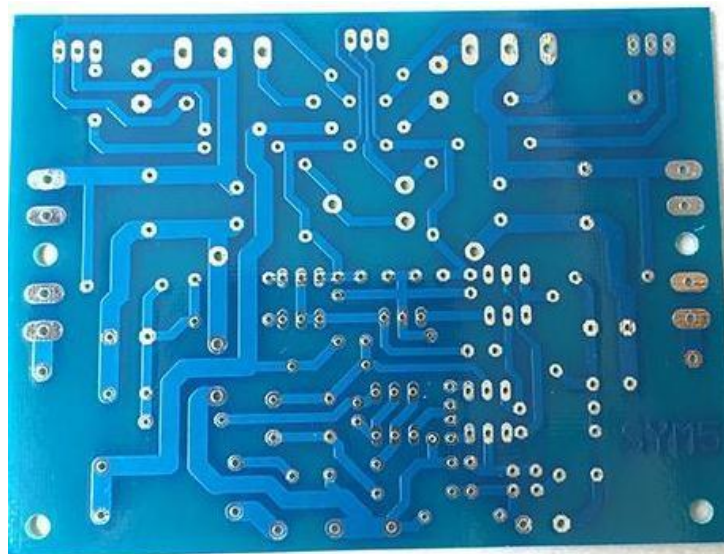


Gambar 9. 9 Kemasan Sodium hidroksida (kiri) dan isinya (kanan)

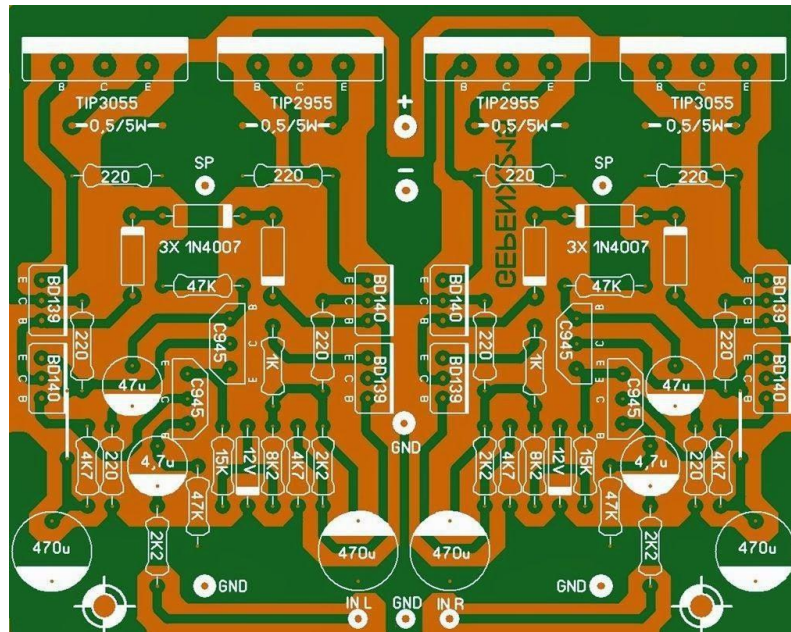


Gambar 9. 10 Proses pelapisan Perak Nitrat

Selain dengan cara yang disebutkan diatas, proses pelapisan PCB juga dilakukan dengan penyablonan seperti yang nampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 9. 11 Proses pelapisan dengan beraneka warna, bagian yang akan disolder tidak tertutup oleh tinta sablon



Gambar 9. 12 Proses pelapisan dengan beraneka warna pada sisi komponen

Permukaan Warna Hijau mengkilap pada PCB adalah Solder Mask, Warnanya tidak hanya Hijau saja, tetapi banyak warna seperti : Biru, Merah & Kuning. Umumnya berwarna Hijau. Fungsinya untuk melindungi jalur-jalur sirkuit yang telah dibuat ini yang ada pada sisi jalur PCB, sedangkan yang ada pada sisi komponen adalah untuk memudahkan pengecekan jalur rangkaian, jalur hijau yang ada pada sisi komponen sama persis dengan jalur sisi tembaga.

Ada 2 cara yang umum digunakan:

- a) Proses langsung dengan screenprinting atau umumnya kita kenal dengan istilah sablon. Dengan menggunakan tinta soldermask.
- b) Photoimaging/UV Exposure dengan LPISM (Liquid Photo Imageable Solder Mask)

Lapisan Hijau diatas PCB dapat dicari ditoko-toko sablon/screen printing namanya Solder Mask Ink. Ada beberapa merk, Untuk Solder Mask Green merk Coates, Lapisan berwarna itu adalah solder mask. Warnanya tidak selalu hijau, bisa juga biru, merah atau yg lain. Fungsinya untuk melindungi trak tembaga dari korosi dan mendefinisikan area yang akan terlapisi oleh solder.

Ada berbagai macam cara untuk melapisi PCB dengan solder mask. Seperti *LPISM (Liquid Photo Imageable Solder Mask)*, screen printing alias sablon, dan laminating. Cara termudah jika ingin melakukan sendiri adalah melalui proses sablon. Gambar masternya dapat dicetak dari perangkat lunak yang digunakan merancang PCB. Ada layer khusus untuk solder mask.

Harap diingat bahwa tinta yang dipergunakan haruslah tinta untuk solder mask. Tidak bisa menggunakan tinta sablon biasa (banyak PCB kit lokal menggunakan tinta biasa, yang terlihat jelek, pudar dan tidak tahan terhadap fluks dan temperatur solder yang tinggi).

Sebagai tambahan, dapat pula menyablonkan legend dan garis luar komponen (layer component overlay/silkscreen), dengan cara yang sama.

5. Membuat Catatan Pelaksanaan Pekerjaan Merancang dan Membuat Single/ Double Layer PCB (Printed Circuit Board) dengan Menggunakan Format yang Ditetapkan dan Diadministrasikan Sesuai dengan SOP

Sebagai kelengkapan dari proses pembuatan PCB, mulai dari mendesain layout PCB sampai dengan Masking ditulis kedalam format yang sudah di standarkan, penulisan ini disusun secara singkat dan padat dengan penekanan hal hal yang penting saja, berikut dibawah ini contoh laporan pembuatan PCB

B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Masking

1. Menetapkan bagian layout PCB yang perlu di Masking
2. Menyiapkan peralatan masking
3. Melakukan proses Masking dengan baik dan benar
4. Membuat catatan pelaksanaan pekerjaan Merancang dan membuat single/double layer PCB (Printed Circuit Board) dengan menggunakan format yang ditetapkan dan diadministrasikan sesuai dengan SOP

C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Masking

Harus bersikap secara:

1. Cermat dan teliti dalam masking;
2. Taat asas dalam mengaplikasikan langkah-langkah, panduan, dan pedoman yang dilakukan dalam masking;
3. Berpikir analitis serta evaluatif waktu masking.

