

**LAMPIRAN A**  
**PERHITUNGAN**

## Lampiran A. Perhitungan

### A.1 Perhitungan Ketebalan Lapisan Dengan Mikrometer Digital

Diketahui:

- Akrilik Tanpa Lapisan

$$\begin{aligned}\text{Ketebalan Lapisan (d) (mm)} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 \\ &= 2,81 + 2,81 + 2,81 + 2,80 + 2,81\end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata (d) (mm)} = 2,81 \text{ mm}$$

$$\text{Selisih Ketebalan } (\Delta d) \text{ (mm)} = 2,81 \text{ mm}$$

- Akrilik 3 Lapisan

$$\begin{aligned}\text{Ketebalan Lapisan (d) (mm)} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 \\ &= 2,83 + 2,83 + 2,85 + 2,86 + 2,85\end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata (d) (mm)} = 2,84 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Selisih Ketebalan } (\Delta d) \text{ (mm)} &= \text{Akrilik 3 Lapisan} - \text{Akrilik Tanpa Lapisan} \\ &= 2,84 \text{ mm} - 2,81 \text{ mm} \\ &= 0,03 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Akrilik 5 Lapisan

$$\begin{aligned}\text{Ketebalan Lapisan (d) (mm)} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 \\ &= 2,87 + 2,86 + 2,86 + 2,86 + 2,86\end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata (d) (mm)} = 2,86 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Selisih Ketebalan } (\Delta d) \text{ (mm)} &= \text{Akrilik 5 Lapisan} - \text{Akrilik Tanpa Lapisan} \\ &= 2,86 \text{ mm} - 2,81 \text{ mm} \\ &= 0,05 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Akrilik 7 Lapisan

$$\begin{aligned}\text{Ketebalan Lapisan (d) (mm)} &= T1 + T2 + T3 + T4 + T5 \\ &= 2,96 + 2,96 + 2,90 + 2,91 + 2,92\end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata (d) (mm)} = 2,93 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Selisih Ketebalan } (\Delta d) \text{ (mm)} &= \text{Akrilik 5 Lapisan} - \text{Akrilik Tanpa Lapisan} \\ &= 2,93 \text{ mm} - 2,81 \text{ mm} \\ &= 0,12 \text{ mm}\end{aligned}$$

## A.2 Perhitungan Nilai Impedansi

Diketahui:

- Impedansi  $Z = \sqrt{Real^2 + Imajiner^2} \dots\dots\dots A.1$

## A.3 Perhitungan Nilai Kapasitansi

Diketahui:

- Kapasitansi

$$C = \frac{1}{2 \times 3,14 \times F \times Z} \dots\dots\dots A.2$$

## A.4 Perhitungan Nilai Ketebalan Lapisan Dengan Sensor Kapasitif

Diketahui:

- Ketebalan Lapisan

$$d = \frac{e \times e^0 \times A}{C} \dots\dots\dots A.3$$

Keterangan:

C = Kapasitansi (F)

$\epsilon_r$  = Permittivitas (akrilik = 2 – 4,5)

$\epsilon_r$  = Permittivitas (udara = 1)

$\epsilon^0$  = Permittivitas ruang hampa ( $8,854 \times 10^{-12}$  F/m)

A = Luas pelat/lempeng ( $m^2$ )

d = Jarak antara pelat/lempeng (m)

## A.5 Perhitungan Nilai Standar Deviasi

Diketahui:

- Keterangan:

$\sigma$ : standar deviasi

$x_i$ : setiap nilai dari data

$\mu$ : rata-rata data

n: jumlah data

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \mu)^2}{N}} \dots\dots\dots A.4$$

**LAMPIRAN B**  
**DATA DAN HASIL PENELITIAN**

## Lampiran B. Data Hasil Penelitian

### B.1 Hasil Data Nilai Impedansi dan Nilai Kapasitansi Sensor Kapasitif

#### Model Kotak

<b>Frekuensi</b>	<b>Rata-Rata Impedansi</b>	<b>Rata-Rata Kapasitansi</b>
100000	0.00069978	0.002516972
101803	0.000412465	0.003067474
103607	0.000429744	0.002902351
105410	0.000431862	0.002848694
107214	0.000439659	0.002743942
109018	0.000445689	0.00265446
110821	0.00045704	0.002557608
112625	0.000460096	0.002488227
114428	0.000470746	0.002405129
116232	0.000471023	0.002363193
118036	0.000475536	0.002301703
119839	0.000482161	0.002232078
121643	0.000485561	0.00219282
123446	0.000490723	0.002134175
125250	0.000502438	0.002058364
127054	0.000502743	0.002031229
128857	0.000507383	0.001980384
130661	0.000514928	0.00193893
132464	0.000519301	0.001875353
134268	0.000523367	0.0018331
136072	0.000533204	0.001784262
137875	0.000541905	0.001730937
139679	0.000544871	0.001697667
141482	0.000553647	0.0016431
143286	0.000559194	0.001610553
145090	0.000570228	0.001559687
146893	0.000575021	0.001529566
148697	0.000580404	0.001494896
150501	0.000589803	0.001452854
152304	0.000600364	0.001412127
154108	0.000608205	0.001376812
155911	0.000610602	0.001354898
157715	0.000617912	0.001327476
159519	0.000632375	0.001278689
161322	0.000635924	0.001258425

163126	0.000640666	0.001234709
164929	0.000651861	0.00120108
166733	0.000661279	0.001173749
168537	0.0006689	0.001147896
170340	0.000676842	0.001121395
172144	0.000684469	0.001097761
173947	0.00068979	0.001075478
175751	0.000701789	0.00104697
177555	0.0007129	0.001019482
179358	0.00072351	0.00099473
181162	0.000731247	0.000974472
182965	0.000744635	0.000947984
184769	0.000750752	0.000930959
186573	0.000759961	0.000909649
188376	0.000770753	0.000889343
190180	0.000781633	0.00086872
191983	0.000794019	0.000846698
193787	0.00080047	0.000831722
195591	0.000808857	0.000817527
197394	0.000818317	0.000799154
199198	0.000828199	0.000782719
201002	0.000834714	0.000769975
202805	0.0008387	0.000758727
204609	0.000847676	0.000743438
206412	0.00085165	0.000735827
208216	0.000851623	0.000727853
210020	0.00085538	0.000718827
211823	0.000859237	0.000709793
213627	0.000858028	0.000702975
215430	0.000864719	0.000692358
217234	0.000861033	0.000690436
219038	0.000863732	0.0006827
220841	0.000865752	0.000674641
222645	0.000871435	0.000665034
224448	0.000876159	0.00065646
226252	0.000874901	0.000651939
228056	0.000880776	0.000642492
229859	0.000886782	0.000632878
231663	0.000889298	0.000625943
233466	0.00089675	0.000617011
235270	0.000902206	0.000608944

237074	0.000909523	0.000597973
238877	0.000919513	0.000587784
240681	0.000926236	0.000579347
242484	0.000936587	0.000568862
244288	0.000942962	0.000560207
246092	0.00095546	0.000548386
247895	0.000965649	0.000539352
249699	0.000979185	0.000527785
251503	0.000986153	0.000520247
253306	0.00099907	0.000510267
255110	0.001011254	0.000500635
256913	0.001023414	0.000491174
258717	0.001035252	0.000481364
260521	0.001051766	0.000471334
262324	0.001063644	0.000462701
264128	0.001078816	0.000453174
265931	0.001095527	0.000442676
267735	0.001110705	0.000434193
269539	0.001125704	0.000425416
271342	0.001143428	0.000415699
273146	0.001160524	0.000407509
274949	0.001642278	0.000420441
276753	0.001198907	0.000389185
278557	0.001215136	0.000381122
280360	0.001234377	0.000372679
282164	0.001258181	0.000363543
283967	0.001277852	0.000355484
285771	0.001297766	0.000347561
287575	0.001328178	0.000337684
289378	0.001353566	0.00032926
291182	0.0013825	0.000320804
292985	0.001409382	0.000312402
294789	0.001439204	0.000304301
296593	0.001470481	0.000296007
298396	0.001495075	0.000289316
300200	0.001532987	0.000280475
302004	0.00156025	0.000273652
303807	0.001598967	0.000265619
305611	0.001636526	0.000258146
307414	0.001671472	0.000251054
309218	0.00171319	0.000243787

311022	0.00175074	0.000236973
312825	0.001793953	0.000230056
314629	0.001840671	0.000222873
316432	0.001883635	0.000216547
318236	0.001937023	0.000209527
320040	0.00198401	0.000203307
321843	0.002036104	0.000197036
323647	0.002098085	0.000190181
325450	0.002149942	0.000184807
327254	0.002215026	0.000178046
329058	0.002281623	0.000171974
330861	0.002347189	0.000166119
332665	0.002421394	0.000160342
334468	0.002494139	0.000154796
336272	0.002572492	0.000149235
338076	0.002655955	0.000143803
339879	0.00287788	0.001180638
341683	0.001829011	0.000540074
343486	0.001896081	0.000373978
345290	0.001491029	0.000437742
347094	0.001974422	0.00040012
348897	0.001642906	0.000429635
350701	0.001436726	0.000427659
352505	0.001890755	0.000315228
354308	0.001669018	0.000320188
356112	0.001538957	0.0003119
357915	0.001595265	0.000287468
359719	0.001565494	0.000292042
361523	0.001888143	0.000234839
363326	0.001531886	0.000278857
365130	0.001743347	0.000236659
366933	0.001653142	0.000265736
368737	0.001805787	0.000219525
370541	0.001619399	0.000241955
372344	0.001703506	0.000238478
374148	0.001684731	0.000242494
375951	0.001694091	0.000234259
377755	0.001553913	0.000249211
379559	0.001779198	0.000234138
381362	0.001688491	0.000233097
383166	0.001559448	0.000253587



384969	0.001655518	0.000246985
386773	0.001783013	0.000231813
388577	0.00146674	0.000265623
390380	0.001559669	0.000252094
392184	0.001548435	0.000268325
393987	0.00165137	0.000259327
395791	0.001579717	0.000277457
397595	0.001504709	0.00028791
399398	0.001650113	0.000277465
401202	0.001624016	0.000295066
403006	0.001530718	0.00030496
404809	0.001632408	0.000290874
406613	0.001498104	0.00030666
408416	0.001825303	0.00028524
410220	0.001581379	0.000329692
412024	0.00156794	0.000337097
413827	0.001780219	0.00032131
415631	0.001597354	0.000340841
417434	0.001629031	0.000364554
419238	0.001701039	0.000326695
421042	0.001610558	0.000408936
422845	0.001710548	0.000408779
424649	0.001981991	0.000291558
426452	0.001535598	0.000461845
428256	0.001811332	0.000338685
430060	0.001738977	0.000369752
431863	0.002098643	0.000286014
433667	0.001678898	0.000420985
435470	0.00180313	0.000421915
437274	0.001752415	0.000397421
439078	0.001885465	0.000398926
440881	0.001912658	0.000521298
442685	0.001948224	0.000467995
444488	0.002144743	0.000520969
446292	0.001974266	0.000588792
448096	0.002052969	0.000572039
449899	0.002240469	0.000500322
451703	0.002432258	0.000294066
453507	0.002473397	0.000306143
455310	0.002489993	0.000122557
457114	0.00249973	0.000169607

458917	0.002540814	0.000110708
460721	0.002523486	0.000110997
462525	0.002513368	0.000111091
464328	0.00249592	0.000111136
466132	0.002480128	0.000111638
467935	0.002465278	0.000111903
469739	0.002452922	0.000112039
471543	0.00243772	0.000112326
473346	0.002418637	0.000112755
475150	0.002404484	0.000113042
476953	0.002385412	0.000113405
478757	0.002374921	0.000113629
480561	0.002358096	0.000113902
482364	0.002338876	0.000114427
484168	0.002326333	0.000114582
485971	0.002310256	0.00011498
487775	0.002293978	0.000115348
489579	0.002276114	0.000115812
491382	0.002259693	0.000116315
493186	0.002249577	0.000116318
494989	0.002230941	0.000116857
496793	0.002221282	0.000117022
498597	0.002200982	0.000117645
500400	0.002186291	0.000118027
502204	0.002171269	0.000118373
504008	0.002158822	0.000118713
505811	0.002144462	0.000119014
507615	0.002132126	0.000119324
509418	0.002117367	0.000119647
511222	0.002102334	0.00012015
513026	0.002087888	0.00012055
514829	0.002071857	0.000121025
516633	0.002056553	0.000121536
518436	0.002045397	0.000121676
520240	0.002030249	0.000122269
522044	0.002013797	0.000122726
523847	0.002002301	0.000123082
525651	0.00198917	0.00012343
527454	0.001974288	0.000123941
529258	0.001960842	0.000124407
531062	0.001950698	0.000124595

532865	0.001933548	0.000125238
534669	0.001923231	0.000125555
536472	0.00190907	0.000125926
538276	0.00189828	0.000126325
540080	0.001883094	0.000126906
541883	0.001875904	0.000126962
543687	0.001863132	0.000127492
545490	0.001854463	0.000127666
547294	0.001839874	0.00012824
549098	0.001827995	0.000128557
550901	0.001819349	0.000128743
552705	0.001805066	0.000129317
554509	0.001798641	0.00012944
556312	0.001788496	0.000129833
558116	0.001777222	0.000130094
559919	0.001768681	0.000130323
561723	0.001757124	0.000130795
563527	0.001745015	0.000131353
565330	0.001737892	0.000131308
567134	0.001724452	0.000131938
568937	0.001720432	0.000131833
570741	0.001705439	0.000132574
572545	0.001696596	0.000132865
574348	0.001687466	0.000133263
576152	0.001680217	0.000133372
577955	0.001670751	0.000133716
579759	0.001664056	0.000133822
581563	0.001655083	0.000134106
583366	0.001640754	0.000134794
585170	0.001637134	0.000134738
586973	0.00162493	0.000135383
588777	0.00161526	0.000135669
590581	0.001610941	0.000135731
592384	0.001602667	0.000136013
594188	0.00159272	0.000136389
595991	0.001584966	0.000136598
597795	0.00157825	0.000136829
599599	0.001566161	0.000137623
601402	0.001558442	0.000137739
603206	0.001550661	0.000137987
605010	0.001544401	0.000138173

606813	0.001533701	0.000138729
608617	0.001529479	0.000138726
610420	0.001514521	0.000139726
612224	0.001509754	0.000139779
614028	0.001496977	0.000140432
615831	0.001487946	0.000140955
617635	0.001480834	0.000141067
619438	0.001472464	0.000141513
621242	0.001464525	0.000141868
623046	0.001454861	0.000142357
624849	0.001444038	0.000142957
626653	0.001440491	0.000143024
628456	0.001434441	0.000143216
630260	0.001424689	0.00014384
632064	0.001414987	0.000144291
633867	0.001407768	0.000144764
635671	0.001396085	0.000145431
637474	0.001390807	0.000145688
639278	0.001383852	0.000145996
641082	0.001374253	0.000146623
642885	0.001364803	0.000146996
644689	0.001356069	0.000147615
646492	0.001347462	0.000148269
648296	0.001342733	0.000148397
650100	0.00133467	0.000148891
651903	0.001324596	0.000149649
653707	0.001313045	0.000150451
655511	0.001307193	0.000150766
657314	0.001299431	0.000151195
659118	0.001289399	0.000152059
660921	0.001282868	0.000152395
662725	0.001273697	0.000153018
664529	0.001265852	0.000153606
666332	0.001255927	0.000154338
668136	0.001248573	0.000154851
669939	0.001240569	0.000155439
671743	0.001231423	0.000156014
673547	0.001223824	0.000156741
675350	0.001216227	0.000157336
677154	0.001204294	0.000158246
678957	0.001195763	0.000159079

680761	0.001188094	0.000159622
682565	0.001178131	0.000160617
684368	0.001170836	0.000161154
686172	0.001162429	0.000161946
687975	0.001154672	0.0001627
689779	0.001144077	0.000163622
691583	0.001136143	0.00016443
693386	0.001127991	0.000165264
695190	0.001121114	0.00016575
696993	0.001110959	0.000166819
698797	0.00110302	0.000167633
700601	0.001091971	0.000168718
702404	0.00108228	0.000169645
704208	0.001076708	0.000170321
706012	0.001064437	0.00017169
707815	0.001056857	0.000172655
709619	0.001050209	0.000173262
711422	0.001039349	0.000174564
713226	0.001028823	0.000176078
715030	0.001021667	0.000176936
716833	0.001014747	0.000177557
718637	0.001003807	0.000178916
720440	0.00099379	0.000180314
722244	0.000989953	0.000180654
724048	0.000977122	0.000182585
725851	0.000969695	0.000183591
727655	0.00096068	0.000184739
729458	0.000953462	0.000185849
731262	0.000942558	0.000187181
733066	0.000937174	0.000187932
734869	0.000926896	0.000189595
736673	0.000918788	0.000190742
738476	0.000908774	0.000192438
740280	0.000900437	0.000193552
742084	0.000893314	0.000194725
743887	0.000883205	0.000196705
745691	0.000876789	0.000197601
747494	0.000867909	0.000199126
749298	0.000858043	0.000200803
751102	0.000849517	0.000202371
752905	0.000843406	0.000203488

754709	0.000833416	0.000205261
756513	0.000828002	0.000206301
758316	0.000820616	0.000207222
760120	0.000812283	0.000208856
761923	0.00080303	0.000210805
763727	0.000796887	0.000211991
765531	0.000788306	0.00021369
767334	0.000778757	0.000216117
769138	0.00076845	0.000218073
770941	0.000767719	0.000218062
772745	0.000757089	0.000220499
774549	0.000751734	0.000221773
776352	0.000745038	0.000223594
778156	0.000736907	0.000225245
779959	0.000727721	0.000226981
781763	0.000723652	0.000228187
783567	0.000715499	0.000230143
785370	0.00070496	0.000232844
787174	0.000701197	0.000234385
788977	0.000696067	0.000235145
790781	0.000688452	0.000237554
792585	0.000681484	0.000238931
794388	0.000674758	0.000240923
796192	0.000667884	0.000243272
797995	0.000663986	0.00024396
799799	0.001460568	0.000179777
801603	0.000653335	0.000246882
803406	0.000643437	0.000249772
805210	0.000639389	0.000251016
807014	0.000631902	0.000253265
808817	0.000627871	0.000254236
810621	0.000622298	0.00025596
812424	0.000615597	0.000258068
814228	0.000609582	0.000260363
816032	0.000603858	0.000261504
817835	0.000599021	0.000263942
819639	0.000593293	0.000265909
821442	0.000585368	0.000268423
823246	0.000581571	0.000269902
825050	0.000666318	0.000336158
826853	0.000572572	0.000272851

828657	0.000567214	0.000274715
830460	0.000563098	0.000275707
832264	0.0005549	0.000279078
834068	0.000552256	0.000280328
835871	0.000550675	0.000280635
837675	0.000543466	0.000283371
839478	0.000539274	0.000285477
841282	0.000534133	0.000287601
843086	0.000529191	0.000289446
844889	0.00052372	0.000292123
846693	0.000521899	0.000291551
848496	0.000518377	0.000293588
850300	0.00051555	0.000295148
852104	0.000510496	0.000296501
853907	0.000506716	0.000298594
855711	0.000500825	0.000301311
857515	0.000498172	0.000302356
859318	0.000496172	0.000303437
861122	0.000491654	0.000305132
862925	0.000488029	0.000307163
864729	0.000485044	0.000307828
866533	0.000482684	0.000309134
868336	0.000479029	0.000310411
870140	0.000474135	0.000312511
871943	0.000473443	0.000312887
873747	0.000469419	0.000314732
875551	0.000466954	0.000315275
877354	0.000463062	0.000317635
879158	0.000455503	0.000322288
880961	0.000455233	0.000321641
882765	0.000456844	0.000320285
884569	0.000450943	0.000323421
886372	0.000452075	0.000322651
888176	0.000448361	0.000323677
889979	0.000445239	0.000325888
891783	0.000443411	0.000327004
893587	0.000441216	0.000327966
895390	0.000440371	0.000327737
897194	0.000435667	0.000330779
898997	0.000434824	0.000331226
900801	0.000430905	0.00033252

902605	0.000427369	0.000334216
904408	0.000427072	0.000334622
906212	0.000425543	0.000335139
908016	0.000422765	0.000336696
909819	0.000420314	0.000337812
911623	0.000420213	0.000337227
913426	0.00041655	0.000339139
915230	0.000416454	0.000339348
917034	0.000415038	0.000339143
918837	0.000411368	0.000341925
920641	0.000410035	0.000342049
922444	0.000409004	0.000342824
924248	0.000405866	0.000343903
926052	0.000405236	0.000344226
927855	0.000402318	0.000345906
929659	0.000401081	0.000346367
931462	0.000399585	0.000347269
933266	0.000398538	0.000346163
935070	0.000397513	0.000348205
936873	0.0003955	0.000348675
938677	0.00039516	0.000348672
940480	0.000393766	0.000348909
942284	0.000393162	0.000349012
944088	0.000390508	0.000350223
945891	0.000390995	0.000349047
947695	0.000387564	0.000350891
949498	0.000386547	0.000351569
951302	0.000387625	0.000350694
953106	0.000385711	0.000351247
954909	0.000385822	0.000351188
956713	0.000382721	0.000352162
958517	0.000383367	0.000351831
960320	0.000383106	0.000350575
962124	0.000380545	0.000352837
963927	0.000378177	0.000353472
965731	0.000379679	0.000351447
967535	0.000378417	0.00035275
969338	0.000377228	0.000353582
971142	0.000376759	0.000351865
972945	0.000374833	0.000354073
974749	0.000374836	0.000353475



976553	0.000374615	0.000353369
978356	0.000373816	0.00035283
980160	0.000372359	0.00035398
981963	0.000372002	0.000353845
983767	0.000371419	0.000352814
985571	0.000371114	0.000352976
987374	0.000368415	0.000354846
989178	0.000369255	0.000353897
990981	0.000367948	0.000354431
992785	0.000366092	0.000355218
994589	0.000367553	0.000353588
996392	0.000367601	0.000352552
998196	0.000364858	0.000354525
1000000	0.000364613	0.000360468

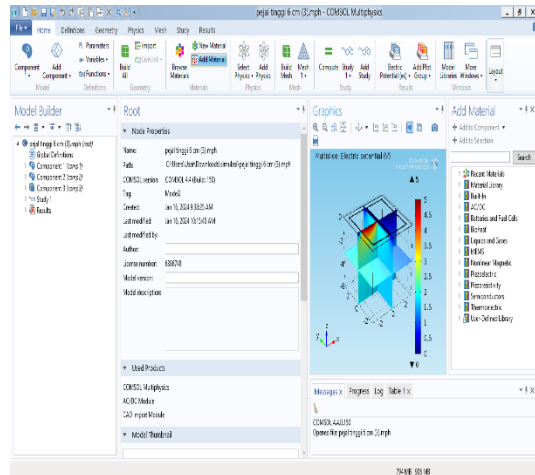
**LAMPIRAN C**  
**GAMBAR ALAT DAN BAHAN**

## Lampiran C. Gambar Alat dan Bahan

### C.1 Alat



**Gambar C.1** Komputer



**Gambar C.2** Comsol *Multiphysics* 4.4



**Gambar C.3** Ampelas



**Gambar C.4** *Cutter*



**Gambar C.5** *Hairdryer*



**Gambar C.6** Mesin *Laser Cutting*



**Gambar C.7** Libre VNA



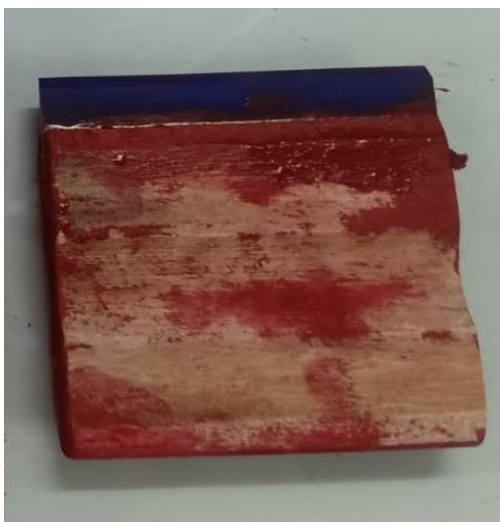
**Gambar C.8** Mesin Bor



**Gambar C.9** Mikrometer Digital



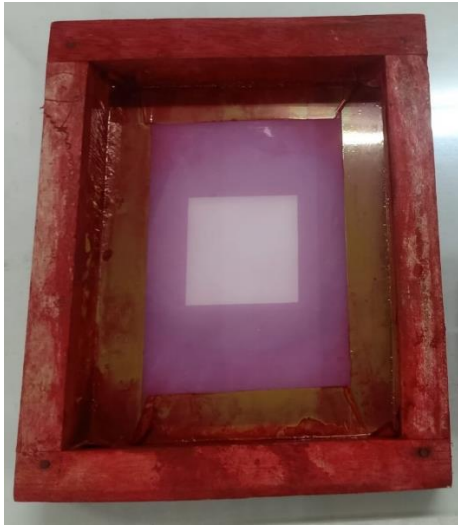
**Gambar C.10** Penggaris



**Gambar C.11** Rakel



**Gambar C.12** Spatula



**Gambar C.13** *Screen Sablon*



**Gambar C.14** *Solder*

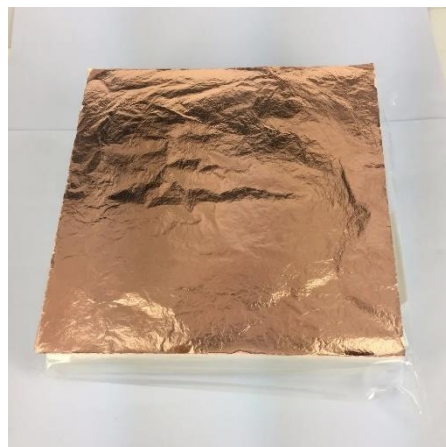


**Gambar C.15** *Wadah Plastik*

## **C.2 Bahan**



**Gambar C.16** *Akrilik*



**Gambar C.17** *Foil Tembaga*



**Gambar C.18** Kabel Konektor



**Gambar C.19** Konektor *Female* BNC



**Gambar C.20** Konektor *Male* BNC



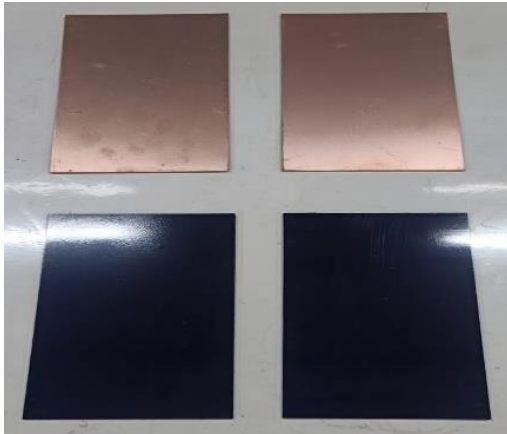
**Gambar C.21** Larutan HCL dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



**Gambar C.22** Larutan M3



**Gambar C.23** Lem Akrilik



**Gambar C.24** Printed Circuit Board (PCB)



**Gambar C.25** Pylox Cleaner



**Gambar C.26** Pylox Hitam



**Gambar C.27** Resistor



**Gambar C.28** Timah



**Gambar C.29** Tinta Sablon