

LED UV Exposure Box

Ricky Prayogi Manalu¹, Meysica Elisabet Ardianty Sitohang¹, and Abdullah Sani, S.ST, M.Sc^{1*}

¹Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Rekayasa Elektronik, Politeknik Negeri Batam, Indonesia

*Email: rickyprygi@gmail.com, elisabethmeys75@gmail.com, sani@polibatam.ac.id

Abstract—Pengembangan teknologi dalam manufaktur *PCB* membutuhkan inovasi dalam proses pencetakan jalur. *LED Exposure Box* menjadi fokus penelitian untuk meningkatkan kecepatan dan kontrol dalam proses ini. *LED UV Exposure Box* adalah alat yang digunakan untuk mengekspos fotoresist pada *PCB* menggunakan sinar *UV*. Metode dengan sistem *Exposure* menggunakan *LED UV* sebagai sumber cahaya sangat efektif dengan karakteristik yang dimiliki lampu *LED*. Dilengkapi dengan vakum untuk mencegah terjadinya *void*. Alat ini akan dapat menghasilkan cetak atau jalur skematik pada *PCB* polos dengan hasil yang presisi dan akurat sesuai standar manufaktur *PCB*.

Keyword: *LED UV, Photolithography, PCB*

I. PENDAHULUAN

Printed Circuit Board (*PCB*) polos banyak digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan rangkaian dan produk elektronika. Penggunaan *PCB* polos bertujuan untuk merakit komponen-komponen elektronika yang dibutuhkan sesuai desain jalur pada board [1]. Proses pembuatan rangkaian pada *PCB* polos terus mengalami pengembangan pada metode yang sudah ada guna untuk meningkatkan kualitas produk, waktu pengerjaan dan biaya produksi.

Dalam fabrikasi *PCB* melibatkan beberapa tahap, termasuk pencetakan desain pada kertas film, persiapan substrat *PCB*, *Exposure* dengan sinar *UV*, *development*, *etching*, soldermask, dan pembersihan. Salah satu tahap penting yaitu *Exposure*, memindahkan layout dari kertas film ke permukaan *PCB* yang akan disinari oleh *UV* [2].

Dengan menerapkan proses *photolithography* pada pengujian ini, memudahkan untuk mentransfer layout pada kertas film ke permukaan substrat yang sudah dilapisi bahan fotoresist dengan sinar *UV* dengan jarak dan waktu tertentu [3]. Ultraviolet terbagi menjadi tiga yaitu *UV-A*, *UV-B*, *UV-C* [4]. Ultraviolet yang cocok untuk proses *photolithography* yaitu *UV-A* yang memiliki panjang gelombang sekitar 300 nm sampai 400 nm [5]. Sumber sinar *UV* yang digunakan bisa berupa lampu neon *UV* dan lampu *LED UV*.

Penyinaran layout *PCB* menggunakan lampu neon dengan panjang gelombang 350 nm – 400 nm dengan konsumsi daya 600 watt dapat menghasilkan layout pada permukaan *PCB* selama 30 detik (s) [6].

Penggunaan lampu neon *UV* sangat mahal, dan boros dalam pemakaian listrik jika menyinari *PCB* berukuran kecil. Sedangkan penggunaan *LED UV* jauh lebih tahan lama dibandingkan lampu neon *UV*. *LED UV* dapat mencetak layout *PCB* dengan menggunakan kertas film 75 detik (s), sedangkan menggunakan kertas kalkir 70 detik (s) dengan ukuran rangkaian *LED UV* adalah 120 x 190 mm [7].

LED UV memiliki keuntungan lebih lanjut dari bandwidth yang sempit dengan intensitas cahaya yang relatif tinggi untuk mengoptimalkan proses lithography dengan menggunakan panjang gelombang 405 nm yang disusun pada pola persegi panjang 10x10 dengan jarak 2,5 mm [8].

Selain itu *LED UV* memiliki beberapa keunggulan diantaranya kemudahan pengoperasian, konsumsi daya yang rendah, masa pakai lebih lama, ukuran lebih kecil dan biaya sistem yang terjangkau [9]. Dengan menerapkan sistem *LED UV* berputar dan tidak berputar pada jarak 1-3 cm dengan durasi waktu 1-3 menit menghasilkan jenis layout *PCB* yang berbeda-beda. Semakin dekat jarak pencahayaannya, semakin pekat/tebal cahaya yg diberikan pada pola dengan panjang gelombang 394 nm [5]

Dengan mengganti lampu neon ke lampu *LED UV* secara langsung dapat menghemat biaya operasional untuk konsumsi bahan dan energi karena masa pakai dan penggunaannya yang lama. *LED UV Exposure Box* adalah alat yang digunakan untuk mengekspos fotoresist pada *PCB* menggunakan sinar *UV*. *LED UV Exposure Box* dapat digunakan untuk membuat jalur *PCB* dengan presisi tinggi dan merupakan salah satu teknologi kunci dalam fabrikasi alat semikonduktor.

II. DASAR TEORI

A. Pembuatan Layout PCB

Sebelum jalur *PCB* dicetak, proses awal yang dilakukan yaitu membuat desain rangkaian. Pembuatan desain dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi yang mendukung. Setelah desain dibuat, tahap selanjutnya adalah mencetak layout *PCB* menggunakan kertas film.

B. PCB

PCB (Printed Circuit Board) adalah papan sirkuit yang digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik dengan jalur konduktornya tanpa menghubungkan kabel.

Bagian sisinya terbuat dari lapisan tembaga yang digunakan untuk menyolder kaki-kaki komponen [10]. *PCB* yang digunakan yaitu *PCB* polos dengan ukuran 5 x 7 cm.

C. LED UV Strip

LED strip *UV* sebagai sumber cahaya dalam alat *LED UV Exposure Box*. *LED UV* strip akan mengeringkan lapisan substrat dari radiasi yang dihasilkan. Spesifikasi *LED UV* strip yang digunakan berkisaran antara 385 nm hingga 400 nm [11]. *LED UV* strip yang digunakan memiliki panjang gelombang 395 nm (*UV-A*). Setiap baris nya berisi 18 mata *LED* dengan panjang 30 cm, dan berjumlah 16 baris.

D. Dry film photoresist

Dry film photoresist adalah bahan fotoresist yang sensitive terhadap sinar *UV* dan berbentuk lembaran film. Saat terkena sinar *UV*, bagian yang terkena cahaya akan lengket dan mengeras pada *PCB*, sementara bagian yang tertutup akan luntur, sehingga dapat digunakan untuk membuat pola jalur pada *PCB* [12].

E. MP1584

Dengan daya 12V jika menggunakan arduino akan menyebabkan komponen tersebut menjadi rusak. Untuk mencegah hal tersebut maka tegangan harus diturunkan dengan menggunakan step down. Step down yang digunakan adalah MP1584. MP1584 memiliki input tegangan 4.5V hingga 28V dan output tegangan 0.8V hingga 18V. MP1584 dapat memberikan arus output hingga 3A. MP1584 akan menurunkan tegangan dari power supply 12V menjadi 5V yang akan digunakan pada arduino, untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perangkat [13].

F. Mosfet

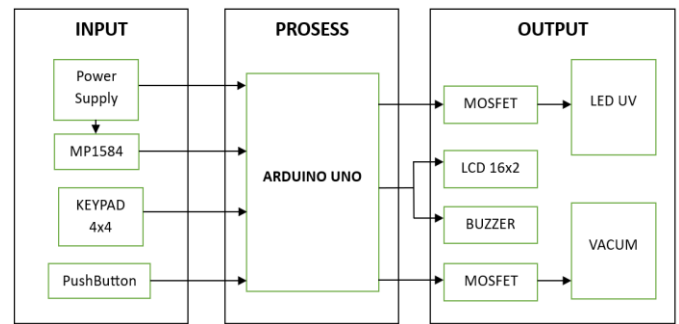
Penggunaan mosfet pada sistem ini sebagai saklar/switch yang memungkinkan penggunaan tegangan tinggi untuk dikendalikan oleh perangkat dengan tegangan rendah. Dengan menggunakan mosfet, Arduino dapat mengontrol perangkat atau beban dengan tegangan yang lebih tinggi, seperti motor dan LED, tanpa mempengaruhi tegangan output dari perangkat tersebut [14].

III. METODE

Metode penelitian yang dilakukan untuk alat *LED UV Exposure Box* terdiri dari Perancangan Sistem, Perancangan Elektrikal, Perancangan Mekanikal dan Flowchart Sistem Kerja.

A. Perancangan Sistem

Sistem pada alat *LED UV Exposure Box* terdiri dari interface, power supply, pengontrol, input, unit vakum, serta unit exposur seperti Gambar 1.



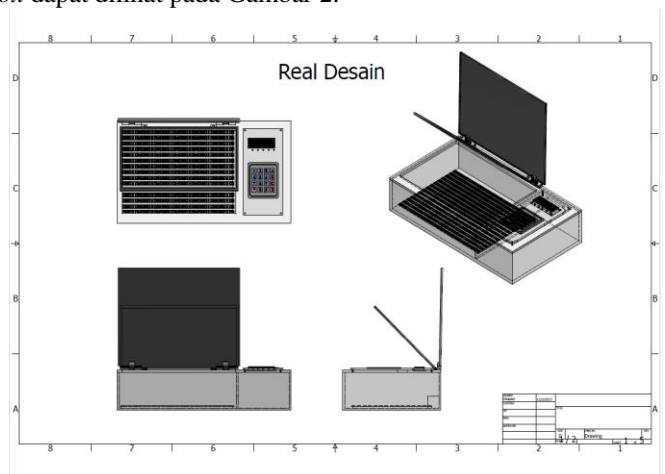
Gambar 1. Perancangan Sistem

Input bertujuan memberikan masukan untuk diproses pada controller. Sumber daya yang diperoleh berasal dari power supply 12V. Kemudian daya dibagi 5V menggunakan MP1584 pada Arduino Uno, dan terdapat keypad dan pushbutton. Keypad akan mengirimkan data pada mikrokontroler, sedangkan pushbutton sebagai input pada vakum.

Untuk outputnya terdiri dari *LED UV* strip, LCD, buzzer dan vakum. Mikrokontroler menggunakan mosfet pada *LED UV* strip dan buzzer yang memiliki daya masing-masing 12V. Penggunaan mosfet bertujuan sebagai switch untuk kedua komponen tersebut. *LED UV* strip digunakan sebagai sumber cahaya, sedangkan buzzer sebagai indikasi yang akan berbunyi. Selama proses Exposure LCD berfungsi sebagai interface yang digunakan untuk menampilkan countdown timer dalam satuan menit dan detik.

B. Perancangan Mekanikal

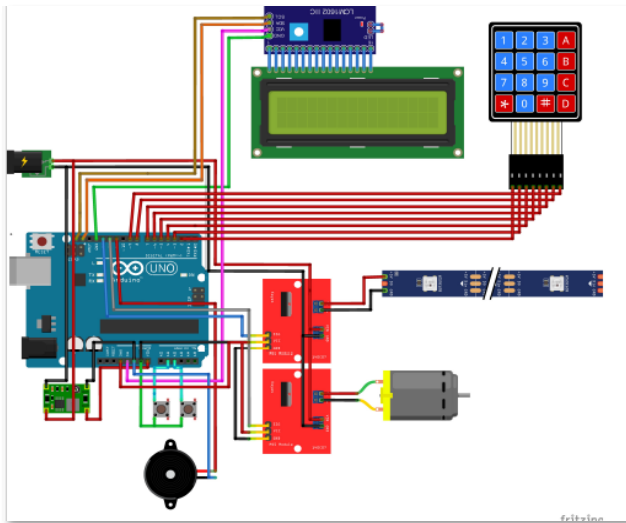
Dalam perancangan mekanikal pada alat ini menggunakan inventor. Satuan yang digunakan dalam gambar rancangan adalah satuan milimeter (mm), dengan ukuran 460 x 260 x 95. Ukuran maksimal yang dapat dicetak yaitu ukuran kertas A4 (21 cm x 29,7 cm). Desain mekanikal pada *LED UV Exposure Box* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Mekanikal

C. Perancangan Elektrikal

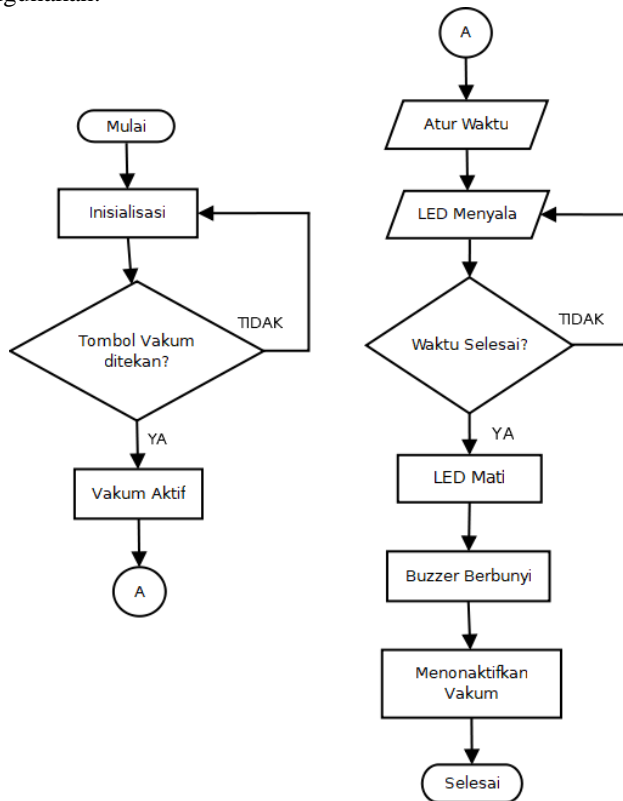
Perancangan elektrikal dibuat untuk menyalakan *LED UV*, serta mengaktifkan vakum pada saat proses Exposure. Selama proses Exposure, tampilan countdown timer akan muncul pada LCD. Rangkaian elektrikal pada sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Elektrikal

D. Flowchart Sistem Kerja

Pada Gambar 4. merupakan flowchart perancangan sistem kerja alat yang akan dibuat. Flowchart diatas merupakan penjelasan singkat bagaimana alur pemrograman yang akan digunakan.



Gambar 4. Flowchart Sistem Kerja

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Mekanikal

Desain mekanikal menggunakan hollow aluminium sebagai material utama dengan ketebalan 1,5 cm. Pada bagian penutup menggunakan akrilik berwarna putih. Untuk ukuran aktual alat

yaitu 460 x 270 x 100 mm. Pada kotak dan penutup bagian dalam dibuat berwarna hitam dengan tujuan untuk mengurangi penyebaran cahaya serta melindungi pengguna dari paparan sinar UV. Hasil dari perancangan mekanikal dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Implementasi Desain Mekanikal

Keterangan:

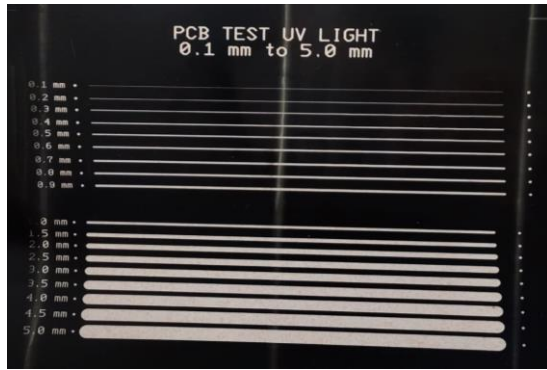
1. LED UV Strip
2. Cover Plastik
3. Penutup
4. Vakum
5. Kabel Daya
6. LCD
7. LED Indikator
8. Pushbutton
9. Keypad 4 x 4

B. Perbandingan Alat/ spesifikasi alat (dimaksukan ke point ini atau bagaimana)

Pengujian

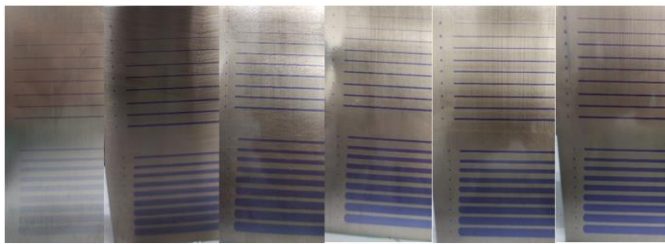
C. Pengujian Waktu dan Lebar Jalur Penyinaran

Pengujian dilakukan untuk mengetahui batas minimal waktu serta lebar jalur pada saat disinari LED UV untuk mendapatkan hasil yang ideal. Sampel dicetak dengan layout jalur dari 0,1 mm sampai 5mm. Sampel jalur dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Layout Pengujian Sampel

Telat dilakukan beberapa kali pengambilan data yang dimulai dari 2 detik (s) sampai 60 detik (s), dan hasil yang diambil sebanyak 6 sampel yang perubahannya terlihat signifikan. Hasil penyinaran dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Penyinaran LED UV

Pada Gambar 7. Menunjukkan hasil penyinaran LED UV dari waktu 10 detik (s) sampai waktu 60 detik dengan perbedaan waktu masing-masing 10 detik. Semakin lama durasi waktu penyinaran tingkat kecerahan semakin meningkat.

Table 1. Tampilan Tabel Pengujian Waktu dan Lebar Jalur Penyinaran

Waktu (s)	Jalur (mm)																	
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
10	TT	TS	TS	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
20	TT	TS	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
30	TS	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
40	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
50	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
60	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ	TJ

Ket:

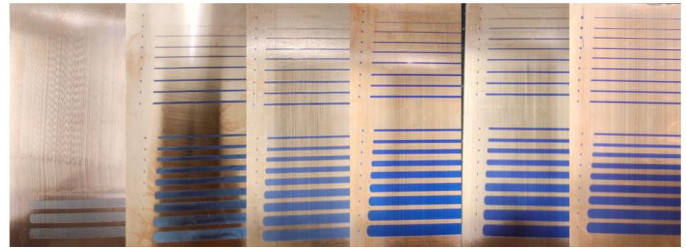
- TT (Tidak Tercetak)
- TS (Tercetak Sedikit)
- TJ (Tercetak Jelas)

Dari tabel 1. dapat dilihat hasil menunjukkan setiap jalur pada sampel minimal dapat tercetak dengan jelas pada waktu 40 detik (s) dan jalur selebar 0,4 mm.

D. Pengukuran Lebar Jalur Setelah Developing

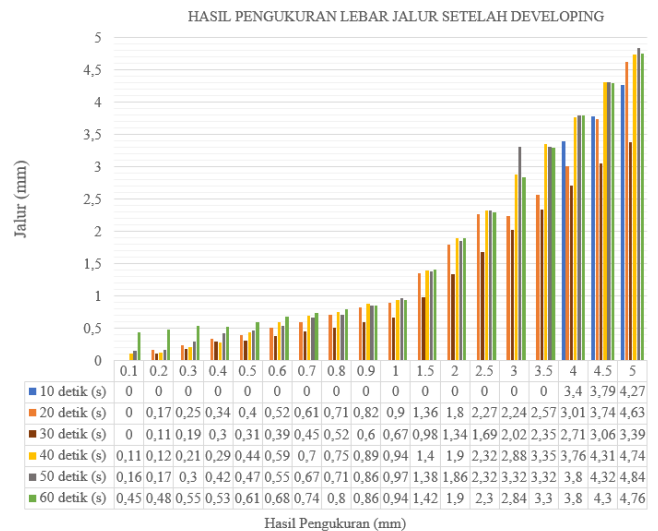
Tujuan pengujian ini untuk membandingkan lebar jalur yang telah dideveloping dengan ukuran aktual sampel yang telah diukur. Sampel hanya dapat diukur setelah dideveloping, hal

tersebut dikarenakan efek cahaya pada mikroskop yang dapat merusak jalur pada saat diukur. Hasil developing dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Penyinaran Setelah Developing

Dari hasil developing terdapat beberapa jalur yang hilang dan terlihat tidak jelas. Serta tingkat kecerahan setiap jalur semakin bertambah.



Gambar 9. Grafik perbandingan lebar jalur setelah diukur

Berdasarkan hasil grafik diatas menunjukkan bahwa hasil setiap jalur berbeda, tidak sesuai dengan layout yang didesain. Pada waktu 10 detik (s) jalur yang dapat diukur hanya 4 mm sampai 5 mm saja. Sedangkan pada 20 detik (s) dan 30 detik (s) jalur 0,1 mm tidak dapat diukur dikarenakan jalur telah hilang pada saat di developing.

Pada waktu 40 detik (s) jalur 0,1 mm dan 0,7 mm bertambah ±0,1mm dan 50 detik(s) jalur 0,1 mm, 0,3 mm, dan 0,4 mm bertambah ±0,05mm sedangkan untuk jalur yang lainnya berkurang. Untuk durasi waktu 60 detik (s) jalur bertambah ±0,05 mm dari 0,1 mm – 0,7 mm. Sedangkan untuk jalur selanjutnya hingga 5 mm berkurang. Dari rata - rata keseluruhan selisih jalur paling kecil < 0,5 mm dan yang paling besar < 2 mm.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil perancangan alat hingga hasil akhir dapat ditarik kesimpulan, yaitu penggunaan LED UV strip pada proses pembuatan fabrikasi PCB salah satu nya yaitu proses Exposure sangat efisien dibandingkan dengan menggunakan lampu neon UV. LED UV Exposure Box dapat mencetak jalur pada PCB

dengan memindahkan desain layout dari kertas film ke PCB polos untuk mendapatkan hasil yang ideal.

REFERENSI

- [1] T. Pangaribowo, Y. Gunardi, M. H. I. Hajar, J. Andika, A. W. Dani, and F. Sirait, "Pelatihan Perancangan Rangkaian Elektronika dengan Menggunakan Software Proteus untuk Siswa PKBM Wiyata Utama Jakarta Barat," *Jurnal Abdidas*, vol. 3, no. 1, pp. 191–197, Feb. 2022, doi: 10.31004/abdidas.v3i1.557.
- [2] N. Wivanius *et al.*, "DESIGN OF EXPERIMENT (DOE) LIQUID PHOTOIMAGEABLE SOLDER MASKS PCB PADA TEACHING FACTORY MANUFACTURING OF ELECTRONICS (TFME) POLITEKNIK NEGERI BATAM," 2020.
- [3] A. Kastle *et al.*, "Automated LCD Masked-Based Lithography PCB Layout Etching System", [Online]. Available: www.sajst.org
- [4] Z. Bin Zulkifli and A. Khairudin Mohamed, "Design and Fabrication of a Projectionlithography machine for the application of microfluidic pattern using commercially available UV LED," 2018.
- [5] E. D. Kurniawan, M. Riswan, M. S. A. Al Ba'id, P. L. Gareso, and R. V. Manurung, "Development of Uniform Ultraviolet Light Source using Light-Emitting Diode (LED) Array for Photolithography System with Controllable Exposure Dose and Duration," in *2019 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)*, IEEE, Oct. 2019, pp. 84–88. doi: 10.1109/ICRAMET47453.2019.8980449.
- [6] "UVVBelichtungsgeräte AKTINA S Serie." [Online]. Available: www.walterlemmen.de
- [7] N. Azura, O. Polytechnic, A. Shah, A. Ramli, P. Sultan, and N. Tamat, "Design and Development of Ultra Violet LED Machine," 2018.
- [8] S. F. Shiba *et al.*, "UV-LED Lithography System and Characterization," in *15th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular System, NEMS 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2020, pp. 73–76. doi: 10.1109/NEMS50311.2020.9265607.
- [9] P. P. Boulay, "Status and Trends of the UV LED Curing Industry," *International Conference on UV LED technologies & applications ICULTA*, 55., Apr. 2018.
- [10] A. Hermawan, A. Sunawar, and N. Hanifah, "Rancang Bangun Pembuat Layout PCB Otomatis Berbasis Android."
- [11] S. Rossi, M. V. Dozzi, A. Puglisi, and M. Pagani, "3D-printed, home-made, UV-LED photoreactor as a simple and economic tool to perform photochemical reactions in high school laboratories," *Chemistry Teacher International*, vol. 2, no. 2, Dec. 2020, doi: 10.1515/cti-2019-0010.
- [12] D. Suwandi, R. Aziz, A. Sifa, E. Haris, J. Istiyanto, and Y. Whulanza, "Dry film photoresist application to a printed circuit board (PCB) using a maskless photolithography method," *International Journal of Technology*, vol. 10, no. 5, pp. 1033–1041, 2019, doi: 10.14716/ijtech.v10i5.518.
- [13] N. V. Vakrilov, D. V. Stoyanova, and N. M. Kafadarova, "Numerical thermal analysis of the PCB construction impact," in *11th National Conference with International Participation, ELECTRONICA 2020 - Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jul. 2020. doi: 10.1109/ELECTRONICA50406.2020.9305169.
- [14] N. E. Wijanarko, S. Pradana, and E. Yadie, "Rancang Bangun Sistem Alat Praktikum MOSFET di Laboratorium Elektronika Daya," *PoliGrid*, vol. 2, no. 2, p. 62, Dec. 2021, doi: 10.46964/poligrid.v2i2.711.