

Perancangan *Grossing Station* untuk Kebutuhan Meja Potong Jaringan *Patologi* Sederhana yang Mengutamakan Keselamatan pada Laboratorium Biopath di Kota Bandung

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Fattahrani

221322006



**PROGRAM STUDI REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

Perancangan *Grossing Station* Untuk Kebutuhan Meja Potong Jaringan *Patologi* Sederhana Yang Mengutamakan Keselamatan Pada Laboratorium Biopath di Kota Bandung

Oleh:

Fattahrani

221322006

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 31 Juli 2025

Disetujui,


Pembimbing I,



Iman Apriana Effendi, S.T., M.T.

NIP. 197504172005011004

Pembimbing II,



Meike Rachmawati, dr., M.Kes., SpPA.

NIP.0426057904

Disahkan,

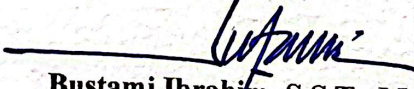
Penguji I,



Ade Ramdan, S.S.T., MT.

NIP. 198008092008101001

Penguji II,



Bustami Ibrahim, S.S.T., M.T.

NIP. 197609022003121001

Penguji III,



Reka Ardi Pravoga, S.T., M.T.

NIP. 199402072024061001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fattahrani
NIM : 221322006
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Rekayasa Perancangan Mekanik
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan *Grossing Station* Untuk
Kebutuhan Meja Potong Jaringan *Patologi*
Sederhana Yang Mengutamakan
Keselamatan Pada Laboratorium Biopath Di
Kota Bandung

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 31 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,

Fattahrani
NIM 221322006

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fattahrani
NIM : 221322006
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Rekayasa Perancangan Mekanik
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan Grossing Station Untuk Kebutuhan Meja Potong Jaringan Patologi Sederhana Yang Mengutamakan Keselamatan Pada Laboratorium Biopath Di Kota Bandung

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti *Noneklusif* ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 31 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,

Fattahrani
NIM 221322006

MOTTO PRIBADI

“Dan orang-orang yang bersungguh-sungguh dalam mencari keridhaan kami, pasti kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan kami.” (QS.Al-’Ankabut:69)

“Orang tua dirumah menanti kepulanganmu dengan hasil yang membanggakan, jangan pernah kecewakan mereka. Simpan keluhmu, karena letihmu tak sebanding dengan perjuangan mereka menghidupimu.”

“Dikucilkan dan dikecilkan dimata manusia bukan akhir, karena Allah selalu menyimpan cara terbaik dan indah untuk mengangkat derajat manusia yang bersabar dan berusaha.”

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak dan adik saya, teman-teman, dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalan-Nya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Perancangan *Grossing Station* Untuk Kebutuhann Meja Potong Jaringan *Patologi* Sederhana Yang Mengutamakan Keselamatan Pada Laboratorium Biopath Di Kota Bandung”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Kedua orang tua tersayang, cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Agussalim dan pintu surgaku sekaligus tempat penulis bercerita tentang kehidupan penulis Ibunda Khairillina. Terimakasih penulis ucapkan atas segala pengorbanan dan ketulusan yang diberikan. Meskipun ayah dan bunda tidak sempat merasakan pendidikan dibangku perkuliahan, namun selalu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan, memberikan kasih sayang, mengusahakan, memberikan dukungan baik secara moral maupun finansial, serta memprioritaskan pendidikan dan kebahagiaan anak-anaknya. Perjalanan hidup kita sebagai satu keluarga yang utuh memang tidak mudah, tetapi segala hal

yang telah dilalui memberikan penulis pelajaran yang sangat berharga tentang arti menjadi seorang perempuan yang kuat, bertanggung jawab, selalu berjuang dan mandiri. Semoga dengan adanya Tugas Akhir ini dapat membuat ayah dan bunda lebih bangga karena telah berhasil menjadikan anak perempuan keduanya ini menyandang gelar sarjana seperti yang diharapkan. Besar harapan penulis semoga ayah dan bunda selalu dalam lindungan Allah SWT, sehat selalu, panjang umur, dan bisa menyaksikan keberhasilan lainnya yang akan penulis raih dimasa yang akan datang.

2. Kakak perempuan penulis, Mutiara Rahmanidar, S.Pd., dan Adik laki-laki penulis, Mutazayidul Rizki, yang selalu membuat penulis termotivasi untuk bisa terus belajar menjadi sosok adik dan sekaligus kakak yang dapat memberikan pengaruh positif, baik dalam bidang akademik maupun non-akademik, serta berusaha menjadi panutan bagi adik penulis dimasa yang akan datang kelak.
3. Pembimbing 1 penulis, bapak Iman Apriana Effendi, S.T., M.T. yang selalu mendukung, memotivasi, dan membimbing serta menyakini penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih kepada bapak yang telah sangat sabar membimbing penulis, mengajarkan penulis, dan mendorong penulis agar semangat dalam menjalani tugas akhir ini dan pendidikan di polman. Setiap saran, koreksi, dan diskusi dari bapak berikan tidak hanya membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, tetapi juga memperkaya pemahaman penulis. Kebaikan dan jasa bapak bagi penulis sangat besar dan berarti sekali bagi hidup penulis, besar harapan penulis semoga bapak selalu dalam lindungan Allah SWT, sehat selalu, dan panjang umur. penulis memandang beliau sebagai orang tua penulis sendiri yang layak dihormati dan dijadikan panutan.
4. Pembimbing 2 penulis yaitu ibu Meike Rachmawati, dr., M.Kes., SpPA. Yang telah memberikan ilmu yang baru bagi penulis, serta membimbing penulis dan memotivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Ketua Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, bapak Bustami Ibrahim, S.S.T., M.T. Ketua Program Studi, bapak Reka Ardi Prayoga, S.T., M.T.

6. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Reza Kharisma Muhammad A.Md.T. seseorang yang selalu ada untuk penulis, yang selalu menemani dan selalu menjadi support system penulis pada hari-hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Terimakasih telah mendengarkan keluh kesah, berkontribusi banyak dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, memberikan dukungan, semangat, tenaga, pikiran, waktu, materi, maupun bantuan, dan senantiasa sabar menghadapi segala sifat penulis. Terimakasih karena telah menjadi bagian dari perjalanan penulis.
7. Kepada sahabat penulis, Afifah Rahmi yang sangat berjasa bagi hidup penulis selama masa perkuliahan di POLMAN, yang menjadi tempat curhat penulis, tempat belajar, tempat berkeluh kesah, yang telah membantu penulis dalam melewati masa-masa sulit penulis dan terus memotivasi penulis, menjadi pribadi yang lebih baik dari sebelumnya. Penulis berharap semua kenangan yang telah kita jalani selama proses perkuliahan di POLMAN ini penulis berharap tidak akan pudar. Terimakasih telah menjadi orang yang sangat baik bagi penulis, penulis berharap semoga persahabatan ini tidak akan pudar walaupun jarak kita berjauhan.
8. Kepada “orang-orang senang” yaitu Mutiara, Vialenty, Miftah, Arlan, dan Bram yang telah memberikan kritik serta masukan mengenai Tugas Akhir ini tanpa menjatuhkan penulis, yang sangat membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Terimakasih telah menjadi tempat yang aman bagi penulis disaat penulis mengalami masa sulit dalam berkuliah di polman. Terimakasih telah membuktikan bahwa “pertemanan yang sehat” dimasa perkuliahan itu nyata. Penulis berharap semua candaan dan tawa serta moment yang kita lakukan di Cihaur tetap melekat pada hati kita.
9. Kepada teman seperjuangan penulis, anak kotsan Cihaur yang telah membantu penulis dalam proses pengerjaan Tugas Akhir, terimakasih telah mengajari penulis, membantu, sekaligus menjadi tempat penulis meminta bantuan apabila penulis mengalami kesulitan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
10. Kepada bintang, yang selalu ada disaat penulis dalam keadaan senang, susah, maupun sedih, yang telah menjadi teman terbaik penulis dari kalangan anak-anak aceh yang lain. Yang memberikan candaan serta tawa dan waktu kepada

penulis, semoga pertemanan ini tetap terjalin hangat hingga kita pulang ke daerah kita sendiri yaitu aceh.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 31 Juli 2025

Penulis

ABSTRAK

Kebutuhan akan meja grossing yang aman dan ergonomis semakin penting seiring dengan meningkatnya kasus kanker di Indonesia, yang membutuhkan pemeriksaan jaringan patologi anatomi secara akurat. Grossing station merupakan fasilitas penting dalam laboratorium patologi untuk proses pemotongan dan persiapan jaringan sebelum dianalisis mikroskopis. Namun, masih banyak laboratorium berskala kecil seperti Laboratorium Biopath di Kota Bandung yang menggunakan meja grossing sederhana tanpa memperhatikan aspek keselamatan dan ergonomi, sehingga meningkatkan risiko paparan formalin dan cedera kerja. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang meja grossing dengan fitur keselamatan dan ergonomi yang lebih baik, namun tetap terjangkau secara biaya. Metodologi perancangan menggunakan pendekatan VDI 2222 yang terdiri dari tahapan perencanaan, pengkonsepan, perancangan, dan penyelesaian. Sistem ventilasi diperbaiki dengan menambahkan exhaust fan berdaya hisap tinggi dan ducting sesuai standar ACGIH. Fitur keselamatan seperti eye washer, tombol emergency, serta sistem otomatisasi menggunakan Arduino dan berbagai sensor ditambahkan untuk meminimalkan kontak langsung. Selain itu, desain ergonomis mengacu pada standar ISO 11226:2000 agar postur kerja laboran tetap ideal. Hasil perancangan menunjukkan bahwa meja grossing yang diusulkan mampu mengurangi risiko paparan formalin, meningkatkan efisiensi kerja, dan memberikan kenyamanan operator. Diharapkan desain ini dapat dijadikan acuan untuk pengembangan grossing station serupa di laboratorium lainnya.

Kata kunci: ergonomi, keselamatan kerja, formalin, ventilasi laboratorium, grossing station.

ABSTRACT

The need for a safe and ergonomic grossing station has become increasingly important due to the rising cancer cases in Indonesia, which require accurate anatomical pathology examinations. A grossing station is an essential facility in pathology laboratories used for the cutting and preparation of tissue specimens before microscopic analysis. However, many small-scale laboratories, such as the Biopath Laboratory in Bandung, still use basic grossing tables that lack proper safety and ergonomic features, increasing the risk of formalin exposure and work-related injuries. This study aims to redesign the grossing station with enhanced safety and ergonomic features while remaining cost-effective. The design methodology follows the VDI 2222 approach, which includes planning, conceptualization, design, and completion stages. The ventilation system was improved by installing a high-suction exhaust fan and ducting system in accordance with ACGIH standards. Safety features such as an eye washer, emergency stop button, and an automated system controlled by Arduino and various sensors were added to reduce direct contact with equipment. Additionally, the ergonomic design refers to ISO 11226:2000 standards to ensure optimal working posture for operators. The resulting design demonstrated the potential to significantly reduce formalin exposure risks, enhance workflow efficiency, and improve operator comfort. This design is expected to serve as a reference for developing similar grossing stations in other laboratories.

Kata kunci: ergonomics, workplace safety, formalin, laboratory ventilation, grossing station.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iv
MOTTO PRIBADI	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 Rumusan Masalah.....	I-4
I.3 Batasan Masalah	I-5
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-5
I.5 Sistematika Penulisan	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Jaringan dalam Patologi Anatomi	II-1
II.1.1 Proses Pengambilan dan Penanganan Jaringan untuk Pemeriksaan..	II-3
II.2 Formalin dalam Laboratorium Patologi	II-5
II.2.1 Risiko Kesehatan Akibat Paparan Formalin.....	II-6
II.2.2 Standar Keselamatan Kerja Terkait Penggunaan Formalin.....	II-7

II.3 Ergonomi dalam Desain Fasilitas Laboratorium.....	II-8
II.3.1 Standar Ergonomi untuk Laboratorium Patologi Anatomi	II-10
II.3.2 Ergonomi Pada Meja Grossing Station	II-11
II.4 Meja Grossing (Grossing Station).....	II-12
II.4.1 Standar Desain dan Keselamatan Meja Grossing.....	II-14
II.5 Komponen Grossing Station.....	II-16
II.5.1 Lampu Sorot	II-16
II.5.2 Lampu UV	II-17
II.5.3 Lampu Fluoresen	II-17
II.5.4 Exhaust Fan	II-18
II.5.5 Pipa Ducting	II-19
II.5.6 Pipe Clamp	II-20
II.5.7 Eye Wash.....	II-20
II.5.8 Kran Angsa	II-21
II.5.9 Stainless Steel Hanger	II-21
II.5.10 Wall Ducting	II-22
II.5.11 Braket Laptop	II-22
II.5.12 Pulverizer Food Waste	II-23
II.5.13 Sensor MQ-2	II-23
II.5.14 Sensor DHT11	II-24
II.5.15 Sensor PIR (Passive Infrared)	II-24
II.5.16 Push Button	II-25
II.5.17 Arduino.....	II-25
II.5.18 Formalin Meter	II-26
II.5.19 Hygrometer.....	II-26
II.6 Perhitungan Exhaust Fan	II-27

II.7 Metodologi Perancangan VDI 2222	II-27
II.8 Metodologi Penilaian VDI 2225	II-30
II.9 Studi Penelitian Terdahulu	II-30
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1 Merencana	III-2
III.1.1 Identifikasi Masalah	III-2
III.1.2 Identifikasi Kebutuhan	III-4
III.1.3 Studi Literatur	III-5
III.1.4 Justifikasi Teknik	III-5
III.1.5 Daftar Tuntutan	III-7
III.2 Mengkonsep	III-7
III.2.1 Pembuatan <i>Black Box</i> dan <i>Glass Box</i>	III-8
III.2.2 Membuat Diagram Fungsi dan Sub Fungsi.....	III-9
III.2.3 Membuat Alternatif Fungsi Bagian.....	III-11
III.2.4 Membuat Kotak Morfologi	III-15
III.2.5 Alternatif Fungsi Kombinasi.....	III-16
III.2.6 Penilaian Alternatif Fungsi Kombinasi.....	III-19
III.3 Merancang.....	III-20
III.3.1 Perhitungan Sizing Kasar Exhaust Fan	III-21
III.3.2 Menentukan Kebutuhan Exhaust Fan	III-22
III.3.3 Penentuan Material dan Spesifikasi Teknis	III-23
III.3.4 Pengukuran Dimensi Tubuh.....	III-24
III.3.5 Perancangan 3D	III-26
III.3.6 Penyempurnaan Model CAD di Solidworks.....	III-31
III.3.7 Analisa Aliran Daya Hisap	III-31
III.3.8 Validasi Aliran Daya Hisap	III-31

III.4 Penyelesaian.....	III-32
III.4.1 Pembuatan Draft dan Susunan	III-32
III.4.2 Pembuatan Gambar Kerja	III-32
III.4.3 Evaluasi Terhadap Aspek Kebutuhan	III-32
III.4.4 Perbaikan dan Optimalisasi Desain.....	III-32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1 Perhitungan <i>Exhaust Fan</i>	IV-1
IV.1.1 Perhitungan <i>Exhaust Fan</i> Ruang Laboratorium.....	IV-1
IV.1.2 Perhitungan <i>Exhaust Fan</i> untuk Meja <i>Grossing</i>	IV-4
IV.2 Analisa Pipa Exhaust Fan	IV-6
IV.2.1 Pipa dengan 1 Inline.....	IV-6
IV.2.2 Pipa dengan 2 Inline (Kondisi Existing).....	IV-9
IV.3 Hasil Konfigurasi Performa	IV-12
IV.4 Hasil Perbandingan Pipa Kondisi Existing dan Inline	IV-13
BAB V.....	V-14
V.1 Kesimpulan	V-14
V.2 Saran.....	V-14
DAFTAR PUSTAKA	xxiii

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Angka kejadian dan kematian akibat kanker di indonesia (per 100.00 ribu penduduk), 2022[2].....	I-1
Gambar I. 2 Meja grossing station pada laboratorium biopath kota Bandung.....	I-4
Gambar II. 1 Gambaran Jaringan Epitel dan Jenisnya[8].	II-1
Gambar II. 2 Gambaran Jaringan Ikat[8].	II-2
Gambar II. 3 Gambaran Jaringan Otot[8].	II-2
Gambar II. 4 Gambaran Jaringan Saraf[8].	II-3
Gambar II. 5 Alur Proses Penanganan Jaringan pada Laboratorium Biopath Kota Bandung	II-4
Gambar II. 6 Posisi Operator dalam Bekerja[22].....	II-12
Gambar II. 7 Proses Pemotongan Jaringan di Grossing Station[23].....	II-13
Gambar II. 8 Meja Grossing Station Modern[24].....	II-13
Gambar II. 9 Produk dari Standar Katalog[26].....	II-16
Gambar II. 10 Lampu Sorot[27].	II-17
Gambar II. 11 Lampu UV[28].	II-17
Gambar II. 12 Lampu Fluoresen[29].	II-18
Gambar II. 13 Exhaust Fan[30].....	II-19
Gambar II. 14 Pipa Ducting[31].	II-19
Gambar II. 15 Pipe Clamp[32].....	II-20
Gambar II. 16 Eye Wash[33].	II-20
Gambar II. 17 Kran Angsa[34].	II-21
Gambar II. 18 Gantungan untuk Alat Bedah[35].....	II-22
Gambar II. 19 Wall Ducting[36].....	II-22
Gambar II. 20 Braket Laptop[37].....	II-23
Gambar II. 21 Pulverizer[38].	II-23

Gambar II. 22 Sensor MQ-2[39].	II-24
Gambar II. 23 Sensor DHT11[40].	II-24
Gambar II. 24 Sensor PIR[41].	II-25
Gambar II. 25 Push Button[42].	II-25
Gambar II. 26 Arduino[44].	II-26
Gambar II. 27 Formalin Meter[46].	II-26
Gambar II. 28 Hygrometer[48].	II-27
Gambar II. 29 Pendekatan Umum Perancangan dengan Metode VDI 2222. ...	II-28
Gambar II. 30 Pendapatan Nilai Poin Berdasarkan VDI 2225[52].	II-30
Gambar III. 1 Diagram Alir Perancangan VDI 2222	III-1
Gambar III. 2 Denah Ruangan Laboratorium Biopath.	III-2
Gambar III. 3 Black Box pada Meja Grossing Station.	III-8
Gambar III. 4 Glass Box dan Black Box dari Proses Meja Grossing Station. ...	III-9
Gambar III. 5 Diagram Alir Fungsi dan Sub Fungsi.	III-9
Gambar III. 6 Alternatif Fungsi Kombinasi (AFK 1).	III-17
Gambar III. 7 Alternatif Fungsi Kombinasi (AFK 2).	III-18
Gambar III. 8 Alternatif Fungsi Kombinasi (AFK 3).	III-19
Gambar III. 9 Standar Penggunaan ACH[58].	III-21
Gambar III. 10 Exhaust Fan Ruangan.	III-23
Gambar III. 11 Exhaust Fan Meja.	III-24
Gambar III. 12 Keterangan Data Persentil.	III-25
Gambar III. 13 Konstruksi Final	III-26
Gambar IV. 1 Analisis Pressure	IV-7
Gambar IV. 2 Analisis Temperature	IV-8
Gambar IV. 3 Analisis Velocity	IV-9

Gambar IV. 4 Analisis Pressure Existing.....	IV-10
Gambar IV. 5 Analisis Temperature Existing.....	IV-11
Gambar IV. 6 Analisis Velocity Existing	IV-12

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Pemotongan Makroskopik[25].	II-14
Tabel II. 2 Alat Prosesing Laboratorium Patologi[25].	II-14
Tabel II. 3 Tabel Penelitian Terdahulu	II-30
Tabel III. 1 Identifikasi Masalah.	III-3
Tabel III. 2 Identifikasi Kebutuhan.	III-4
Tabel III. 3 Daftar Tuntutan.	III-7
Tabel III. 4 Alternatif Fungsi Bagian.	III-11
Tabel III. 5 Kotak Morfologi.	III-15
Tabel III. 6 Tabel Penilaian Aspek Teknis.	III-20
Tabel III. 7 Tabel Penilaian Aspek Ekonomis.	III-20
Tabel III. 8 Fungsi Bagian dan Detail Rancangan	III-27
Tabel IV. 1 Tabel Konfigurasi Performa	IV-12
Tabel IV. 2 Tabel Perbandingan	IV-13

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran II. 1 Tabel Kebutuhan MQ-2	x
Lampiran II. 2 Tabel Kebutuhan ACH	xi
Lampiran II. 3 Spesifikasi Exhaust Fan Ruang	xi
Lampiran II. 4 Spesifikasi Exhaust Fan Meja	xii
Lampiran II. 5 Ukuran Pipa	xii
Lampiran II. 6 Face Velocity	xiii
Lampiran II. 7 Spesifikasi DHT-11	xiii
Lampiran II. 8 Spesifikasi Arduino	xiv
Lampiran II. 9 Spesifikasi Lampu Tube	xv
Lampiran II. 10 Spesifikasi Lampu Sorot	xv
Lampiran II. 11 Spesifikasi Lampu UV	xvi
Lampiran II. 12 Pipe Clamp Exhaust	xvi
Lampiran II. 13 Spesifikasi eye washer	xvii
Lampiran II. 14 Spesifikasi kran angsa	xvii
Lampiran II. 15 Spesifikasi Hanger	xviii
Lampiran II. 16 Spesifikasi wall ducting	xviii
Lampiran II. 17 Spesifikasi Braket laptop	xix
Lampiran II. 18 Spesifikasi Pulverizer	xix
Lampiran II. 19 Spesifikasi sensor PIR	xx
Lampiran II. 20 Spesifikasi push button	xx
Lampiran II. 21 Spesifikasi formalin meter	xxi
Lampiran II. 22 Spesifikasi Hygrometer	xxi

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Satuan	Keterangan
Q_{udara}	$\frac{m^3}{jam}$	Aliran Udara
$V_{A_{grossing}}$	m^3	Volume Total LEV
Singkatan	Keterangan	
PPM (<i>Parts per million</i>)	Satuan konsentrasi zat dalam udara (misal: batas aman paparan formalin = 0.75 ppm).	
VDI 2222/ VDI 2225	Standar perancangan teknik dari Jerman (<i>Verein Deutscher Ingenieure</i>) yang digunakan dalam pengembangan produk teknik.	
AFK (Alternatif Fungsi Kombinasi)	Rancangan dan konsep rancangan yang dipilih yang akan dirancang berdasarkan fungsi dari fungsi bagian.	
ACH (<i>Air Changes per Hour</i>)	Jumlah penggantian udara dalam satu jam di sebuah ruangan, digunakan untuk menghitung ventilasi.	
CFM (<i>Cubic Feet per Minute</i>)	Satuan aliran udara dalam satuan kaki kubik per menit.	
CMH	<i>Cubic Meter Hour.</i>	
RPM	<i>Revolution per Minute.</i>	
LEV (<i>Lokal Exhaust Ventilation</i>)	Sistem ventilasi lokal yang menghisap udara tercemar langsung dari sumbernya.	
<i>Face Velocity</i>	Kecepatan aliran udara masuk ke sistem ventilasi (misal: hood (lemari asam) atau meja hisap).	
MPa	Megapascal.	

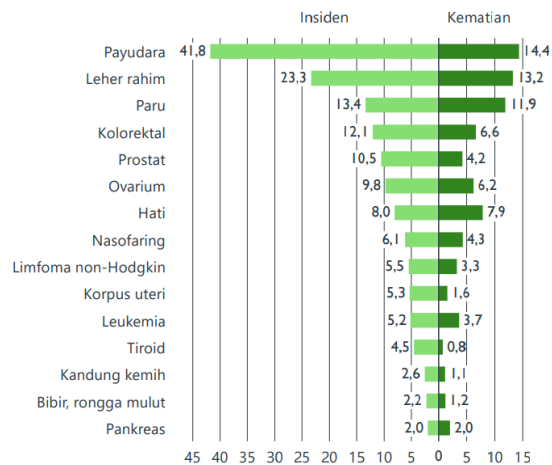
Patologi Anatomi	Cabang ilmu kedokteran yang mempelajari perubahan struktur (makroskopik dan mikroskopik) pada jaringan atau organ akibat penyakit.
<i>Grossing</i>	Proses pemotongan jaringan secara kasar sebelum pemeriksaan mikroskopis di laboratorium patologi.
Histopatologi	Pemeriksaan mikroskopis terhadap jaringan untuk melihat perubahan seluler akibat penyakit.
Formalin/Formaldehida	Bahan kimia beracun yang digunakan untuk fiksasi jaringan (mengawetkan jaringan agar tidak busuk).
Biopsi	Prosedur pengambilan sampel jaringan dari tubuh pasien untuk diperiksa lebih lanjut.
Eksisi/Insisi	Eksisi: pengangkatan seluruh bagian jaringan/organ. Insisi: pemotongan sebagian jaringan.
Fiksasi	Proses pengawetan jaringan dengan bahan kimia agar tidak rusak sebelum pemeriksaan.
<i>Eye Wash</i>	Peralatan keselamatan yang digunakan untuk membilas mata yang terkena bahan kimia berbahaya.
Formalin Meter	Alat pengukur kadar formalin diudara secara real-time.
<i>Hygrometer</i>	Alat pengukur kelembaban relatif udara.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kanker merupakan salah satu penyebab utama kematian diseluruh dunia. Menurut *World Health Organization* (WHO,2021), kanker menyebabkan sekitar 10 juta kematian pada tahun 2020, dengan *karsinoma* sebagai salah satu jenis kanker yang paling banya ditemukan [1]. Di indonesia sendiri, angka kejadian kanker terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan data dari Kementerian Kesehatan RI (2023), *prevelensi* kanker di Indonesia mencapai angka kematian 242.988 yang disebabkan oleh kanker payudara, leher rahim, dan paru, dengan jumlah yang terus bertambah akibat faktor gaya hidup dan keterlambatan diagnosis [2].



Gambar I. 1 Angka Kejadian dan Kematian Akibat Kanker di Indonesia (per 100.00 ribu penduduk), 2022[2].

Dalam dunia medis, proses diagnosis kanker memerlukan pemeriksaan jaringan *patologi anatomi* yang akurat. Salah satu tahapan kritis pemeriksaan ini adalah *grossing*, yaitu pemotongan jaringan sebelum analisis *mikroskopis*. *Grossing Station* adalah meja kerja khusus dalam laboratorium *patologi anatomi* yang digunakan untuk memotong dan mempersiapkan jaringan *biologis* sebelum dianalisis secara *mikroskopis*. Proses ini membutuhkan fasilitas khusus yang tidak hanya menunjang efisiensi tetapi juga memastikan keselamatan tenaga laboratorium. Pemeriksaan laboratorium memiliki peranan penting dalam mendukung diagnosis kanker dan berbagai penyakit lainnya. Salah satu metode

yang umum digunakan dalam *patologi anatomi* adalah pemeriksaan jaringan melalui proses *grossing*, yaitu pemotongan dan analisis jaringan sebelum dilakukan pemeriksaan *miskroskopis*. Tahapan ini sangat krusial karena hasil yang diperoleh akan menjadi dasar dalam menentukan jenis, sifat, dan tingkat keparahan suatu penyakit. Oleh karena itu, laboratorium medis memerlukan fasilitas yang memenuhi standar keselamatan dan ergonomi, salah satunya adalah meja *grossing station*.

Banyaknya laboratorium medis, termasuk di Indonesia masih ditemukan meja *grossing* yang belum memenuhi standar keselamatan dan ergonomi. Namun, hingga saat ini masih terbatas pengembangan *grossing station* yang secara spesifik dirancang untuk kebutuhan laboratorium skala kecil dengan keterbatasan anggaran, tanpa mengorbankan aspek keselamatan dan ergonomi. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA,2020), paparan formalin dan formaldehida dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan gangguan pernapasan, iritasi mata, serta meningkatkan resiko kanker pada pekerja laboratorium [3]. Salah satu tantangan utama dalam penggunaan meja *grossing* adalah kurangnya sistem ventilasi yang efektif. Menurut penelitian yang diterbitkan dalam *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* (2022), ventilasi yang tidak memadai dapat menyebabkan akumulasi formalin di udara hingga melebihi batas aman yang ditetapkan oleh *National Institute For Occupational Safety and Health* (NIOSH), yaitu 0.75 ppm sebagai batas aman paparan harian (TWA) [4]. Selain itu, permasalahan ergonomi juga menjadi perhatian ISO-11226:2000-*Ergonomics Evaluation of Static Working Postures* menekankan bahwa desain *workstation* laboratorium harus mempertimbangkan tinggi meja, jangkauan alat, serta postur tubuh pengguna agar dapat mengurangi risiko cedera akibat posisi kerja yang tidak nyaman. Sayangnya, banyak meja *grossing* yang saat ini digunakan di laboratorium belum memenuhi standar tersebut, sehingga dapat menyebabkan kelelahan, nyeri punggung, serta gangguan muskuloskeletal bagi tenaga laboratorium [5].

Salah satu laboratorium yang menghadapi tantangan dalam penggunaan meja *grossing* adalah laboratorium Biopath di Kota Bandung. Berdasarkan observasi yang dilakukan, meja *grossing* yang saat ini digunakan masih sangat sederhana dan belum optimal dalam aspek keselamatan dan ergonomi. Beberapa permasalahan yang ditemukan seperti paparan formalin yang masih tinggi, meskipun sudah terdapat *exhaust fan* yang menunjukkan bahwa sistem ventilasi saat ini belum efektif dalam mengurangi kontaminasi udara. Tidak adanya *eye washer*, yang seharusnya menjadi fasilitas yang penting dalam mengurangi resiko iritasi atau kecelakaan akibat paparan bahan kimia terutama formalin. Sistem pengoperasian meja masih manual, yang mengharuskan operator bersentuhan langsung dengan tombol dan meningkatkan resiko kontaminasi formalin ke alat. Area pencucian dan pembuangan hanya memiliki satu area, yang tidak cukup untuk mendukung efisiensi kerja dalam proses pembersihan jaringan serta pembuangan limbahnya. Tidak adanya tombol *emergency*, yang seharusnya menjadi fitur wajib dalam setiap *workstation* laboratorium untuk meningkatkan respons terhadap kondisi darurat. Apabila permasalahan ini tidak segera diatasi, maka risiko paparan bahan kimia berbahaya seperti formalin terhadap tenaga laboratorium akan terus meningkat, yang pada akhirnya dapat menurunkan keselamatan kerja, produktivitas, dan akurasi diagnosis.

Kondisi ini menunjukkan bahwa meja *grossing station* di laboratorium biopath perlu dirancang ulang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan kerja dan ergonomi agar lebih nyaman dan aman digunakan oleh tenaga laboratorium. Untuk mengatasi permasalahan yang ada, penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang *grossing station* di laboratorium Biopath dengan beberapa fitur lainnya yang saat ini hanya berfokus pada penghisapan seperti sistem ventilasi yang lebih efektif menggunakan *exhaust fan* dengan daya hisap lebih kuat, serta ditambah penggunaan *ducting* sistem agar sesuai dengan rekomendasi *American Conferencen of Governmetal Industrial Hygienists* (ACGIH) tentang ventilasi laboratorium, menambahkan sistem aliran terkontrol agar formalin dapat langsung terhisap tanpa menyebar keseluruh ruangan. Desain ergonomis sesuai standar tinggi meja disesuaikan dengan postur kerja ideal, berdasarkan ISO 11226:200, agar

mengurangi risiko kelelahan, posisi rak penyimpanan alat lebih mudah dijangkau untuk meningkatkan efisiensi kerja operator, luas permukaan area kerja diperbesar agar operator lebih leluasa dalam melakukan pemotongan jaringan. Fitur kenyamanan dan keamanan yang perlu ditingkatkan seperti *eye washer* untuk mengatasi paparan formalin ke mata. Tombol *emergency* yang dapat segera digunakan dalam kondisi darurat. Sistem sensor otomatis untuk mengaktifkan meja, pencahayaan, air, *exhaust fan*, *eye washer*, dan penghancur sisa jaringan yang ikut terbangun tanpa perlu kontak langsung dengan tombol. Sistem pembuangan limbah yang lebih baik untuk memisahkan air dan limbah formalin untuk meningkatkan efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).



Gambar I. 2 Meja Grossing Station pada Laboratorium Biopath Kota Bandung

Berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi, penelitian ini berfokus pada perancangan ulang Meja *Grossing Station* yang lebih aman, ergonomis, dan efisien. Dengan menerapkan standar keselamatan dan ergonomi internasional, diharapkan meja *grossing* yang dirancang dapat mengurangi risiko kecelakaan tenaga laboratorium, meningkatkan kenyamanan kerja, serta tetap mempertimbangkan efisiensi biaya.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disampaikan, maka dapat dirumuskan suatu masalah yang akan dikaji sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan meja sederhana yang dapat memenuhi kebutuhan laboran sehingga terjamin keselamatannya?
2. Bagaimana rancangan meja *grossing station* yang dapat mengakomodir kinerja operator secara ergonomi?
3. Bagaimana rancangan meja *grossing station* dengan harga yang terjangkau?
4. Bagaimana merancang sistem ventilasi pada meja *grossing station* yang mampu meminimalkan paparan formalin diudara sesuai batas aman yang dapat dihirup oleh laboran?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Meja ini dirancang berdasarkan riset bersama FK UNISBA dan POLMAN yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan para laboran patologi.
2. Perancangan meja *grossing station* berfokus pada proses pemotongan dan pencucian jaringan.
3. Pengoperasian meja difokuskan menggunakan sistem sensor otomatis, namun tetap disediakan mode manual sebagai alternatif dalam kondisi tertentu.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian KTI ini yaitu:

1. Menghasilkan meja *grossing* yang aman dan nyaman bagi operator sehingga terbebas dari paparan zat formalin.
2. Menghasilkan meja yang sederhana serta aman digunakan dengan harga terjangkau dan mempertimbangkan parameter teknis seperti dimensi meja, kapasitas ventilasi, serta kebutuhan operator.

Manfaat dari penelitian KTI ini yaitu:

1. Sebagai bahan acuan dalam proses pembuatan prototipe sehingga bisa mendorong inovasi yang lebih baik dalam merancang alat-alat medis.

2. Meningkatkan keselamatan kerja dengan kualitas yang sederhana yang dapat meminimalisir kecelakaan akibat paparan formalin, sehingga meningkatkan keselamatan kerja di laboratorium.
3. Sebagai referensi bagi pihak yang akan mengembangkan meja serupa yang lebih baik di masa yang akan datang.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika laporan Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, berisi metode penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil pengujian pada beberapa domain dan pengujian sistem kaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan dari TA untuk peneliti selanjutnya.