

BAB III

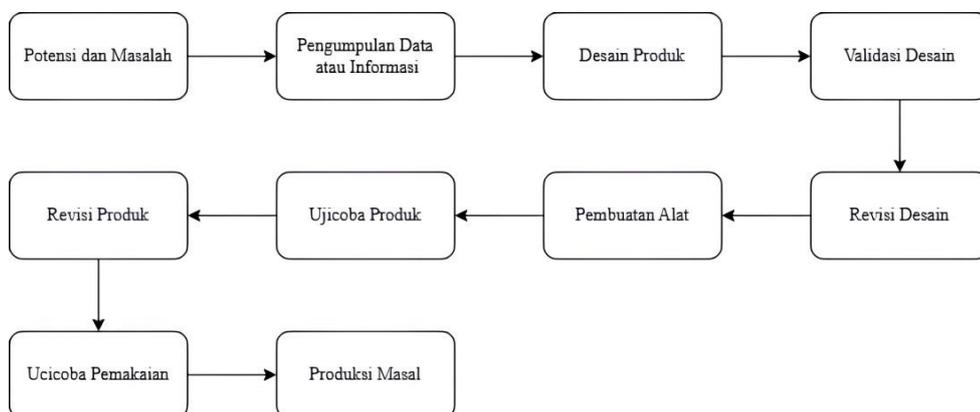
METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian mengadopsi metode penelitian dan pengembangan (R&D) dengan model *Borg and Gall* sepuluh tahapan, yaitu terdiri dari tahapan potensi dan masalah, pengumpulan data, desain, validasi desain, revisi desain, uji coba produk, revisi produk, uji coba pemakaian, revisi produk produksi masal (Sugiono, 2013). Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan *Sand Patch Rotator* yang mampu memaksimalkan perputaran logam secara stabil dan presisi serta mudah dioperasikan. Dengan demikian, penyebaran pasir menjadi lebih merata, sehingga nilai *Mean Texture Depth* (MTD) yang dihasilkan lebih akurat dalam menentukan tingkat kekesatan landas pacu di bandara.

B. Prosedur Penelitian

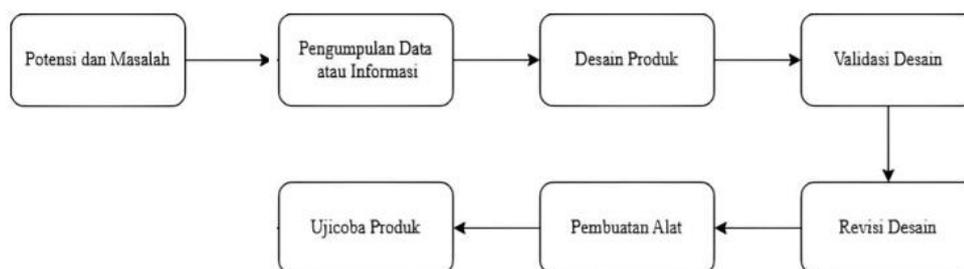
Penelitian Penelitian ini menerapkan metode Penelitian dan Pengembangan atau *Research and Development* (R&D). Prosedur penelitian yang digunakan mengadaptasi model pengembangan (Sugiono, 2013), yang terdiri atas sepuluh langkah utama. Rincian kesepuluh langkah tersebut divisualisasikan pada Gambar III.1.



Gambar III. 1 Metode Penelitian R&D

(Sumber : Sugiono, 2013)

Penelitian ini memodifikasi prosedur R&D yang ada dengan membatasinya hingga tahap ketujuh dari total sepuluh tahap. Keputusan ini didasarkan pada beberapa pertimbangan praktis dan substantif. Pertama, tahap ke-8 dan ke-9 yang berkaitan dengan uji coba dan revisi produk untuk produksi massal belum dapat dilakukan karena produk "*Sand Patch Rotator*" masih berupa purwarupa. Kedua, tahap ke-10 mengenai komersialisasi produk dinilai tidak relevan dengan fokus utama penelitian pada implementasi dan operasionalisasi di bandara (Susanti & Sholihah, 2021). Selain pertimbangan lingkup produk, modifikasi ini juga mempertimbangkan alokasi waktu penelitian yang terbatas. Dengan membatasi tahapan, proses penelitian dapat terlaksana secara komprehensif dan tepat waktu. Meskipun disederhanakan, alur ini tetap menjamin tercapainya hasil penelitian yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan sesuai sasaran yang ditetapkan (Abdullah dkk., 2023). Prosedur penelitian yang telah disesuaikan untuk penelitian ini divisualisasikan dalam Gambar III.2.



Gambar III. 2 Metode Penelitian *Sand Patch Rotator* R&D

(Sumber : Sugiono, 2013)

Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi potensi dan permasalahan yang mendasari topik penelitian. Menurut Sugiyono (2013), potensi merujuk pada segala sesuatu yang memiliki kapasitas untuk dikembangkan lebih lanjut, sementara permasalahan merupakan kondisi yang membutuhkan solusi atau perbaikan untuk mencapai hasil yang lebih optimal. Dengan memahami kedua aspek tersebut, penelitian ini dapat difokuskan pada upaya mencari solusi yang

tepat. Selanjutnya, metode penelitian yang digunakan dalam penelitian *Sand Patch Rotator* akan dijabarkan sebagai berikut.

1. Analisis Kebutuhan dan Identifikasi Masalah

Tahap awal penelitian ini secara fundamental bertujuan untuk mengidentifikasi potensi, permasalahan, dan kebutuhan pengguna terkait metode pengukuran kekesatan landas pacu yang ada saat ini di Bandara Radin Inten II Lampung. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini menerapkan metode pengumpulan data campuran yang mengintegrasikan pendekatan kualitatif dan kuantitatif secara komplementer. Pendekatan kualitatif diimplementasikan melalui teknik observasi partisipatif selama kegiatan pemeliharaan rutin dan wawancara mendalam dengan personel teknis yang kompeten. Langkah ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman kontekstual yang mendalam mengenai alur kerja, tantangan operasional, dan perspektif pengguna di lapangan.

Dalam melengkapi temuan kualitatif tersebut, pendekatan kuantitatif juga diterapkan melalui pengukuran langsung menggunakan metode *Sand Patch*. Data numerik yang diperoleh dari pengukuran ini, seperti nilai akurasi dan efisiensi waktu, berfungsi sebagai skor kuantitatif objektif untuk mengevaluasi kinerja metode yang ada. Dengan demikian, kombinasi data kualitatif (pemahaman konteks dan masalah) dan kuantitatif (data kinerja objektif) ini menjadi landasan analisis yang komprehensif. Hasil dari analisis gabungan inilah yang digunakan untuk merumuskan justifikasi kebutuhan inovasi dan menjadi dasar utama dalam perancangan prototipe *Sand Patch Rotator*.

Pada tahap ini, data-data tersebut menjadi dasar dalam perancangan *Sand Patch Rotator*. Untuk itu, penulis melakukan pengumpulan data melalui beberapa teknik berikut:

a. Observasi

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi partisipatif. Peneliti terlibat secara langsung dalam kegiatan pengukuran kekesatan (*skid resistance*) landas pacu menggunakan metode *sand patch*, yang bertepatan dengan jadwal pemeliharaan rutin landas pacu. Proses observasi dan pengukuran ini dilaksanakan dengan pendampingan dari teknisi Unit Infrastruktur Bandara Radin Inten II Lampung, sekaligus sebagai bagian dari program *On The Job Training* (OJT) yang dijalani peneliti. Melalui keterlibatan langsung tersebut, peneliti memperoleh pemahaman kontekstual mengenai kondisi aktual lapangan serta mengidentifikasi berbagai kelebihan maupun kendala dalam implementasi pengukuran kekesatan landas pacu. Temuan kualitatif dari hasil pengamatan dan partisipasi ini kemudian menjadi dasar yang signifikan dalam merumuskan permasalahan penelitian dan menginspirasi pengembangan inovasi berupa prototipe *Sand Patch Rotator*. Dengan demikian, data kualitatif yang diperoleh melalui observasi partisipatif ini berfungsi sebagai data pendukung yang esensial untuk memperkaya analisis dan interpretasi data kuantitatif hasil pengukuran menggunakan metode *sand patch*. Adapun instrumen observasi *sand patch* secara manual dapat dilihat pada Tabel III.1 berikut.

Tabel III. 1 Instrumen Observasi *Sand Patch* Secara Manual

No	Aspek yang Diamati	Indikator Penilaian	Hasil Observasi	Keterangan
1	Proses penyebaran pasir	Konsistensi & Kemerataan		
2	Akurasi Pengukuran Diameter	Tingkat Presisi		
3.	Efisiensi Waktu	Durasi per Titik Uji		
4	Ketergantungan pada Operator	Subjektivitas Hasil		
5	Kondisi Operasional	Pengaruh Faktor Eksternal		

b. Wawancara

Pengumpulan data primer dalam penelitian ini juga melibatkan metode wawancara. Metode ini bertujuan untuk memperoleh wawasan serta informasi komprehensif dari pihak-pihak yang terlibat langsung dalam pemeliharaan landas pacu di Bandara Radin Inten II Lampung, khususnya terkait kebutuhan dan pengembangan prototipe *Sand Patch Rotator*. Proses wawancara mencakup beberapa tahapan, yaitu penyusunan panduan pertanyaan yang terstruktur dan pelaksanaan wawancara mendalam dengan teknisi unit Infrastruktur. Selain itu, dilakukan pula diskusi terfokus dengan pakar (*Expert Judgment*) sebagai bagian dari validasi. Penyusunan instrumen untuk validasi oleh para ahli ini mengacu pada kerangka kerja dan kriteria yang dikembangkan dalam penelitian (Amalia dkk., 2020), yang berfokus pada perancangan dan evaluasi sebuah produk teknologi. Hasil transkripsi dan analisis kualitatif dari wawancara serta masukan para ahli tersebut kemudian digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan esensial pengguna, tantangan operasional, dan potensi implementasi prototipe.

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif melalui wawancara tidak terstruktur (Sugiono, 2013) yang dilaksanakan pada 11 November 2024. Narasumber dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, terdiri dari supervisor dan teknisi Unit Infrastruktur Bandara Radin Inten II Lampung yang memiliki kompetensi dan pengalaman relevan. Tujuan wawancara adalah untuk mengidentifikasi tantangan teknis dan operasional dalam penerapan metode *sand patch* serta menjaring persepsi awal terhadap prototipe *Sand Patch Rotator*. Panduan wawancara disusun berdasarkan tinjauan literatur yang relevan. Pertanyaan terkait tantangan empiris (pertanyaan 1, 2, 4) dirumuskan dengan mengacu pada standar ASTM E965 (2015) dan studi mengenai keterbatasan metode pengukuran manual oleh Hao et al. (2016). Sementara itu, pertanyaan untuk eksplorasi kebutuhan fitur (pertanyaan 3) dan persepsi terhadap prototipe (pertanyaan 5) didasarkan pada kerangka metodologi *user needs assessment* dan evaluasi formatif (Hidayatullah & Juliando, 2017).

Adapun instrumen wawancara *Sand Patch Rotator* dapat dilihat pada Tabel III.2, berikut.

Tabel III. 2 Instrumen Wawancara *Sand Patch Rotator*

No	Pertanyaan	Indikator	Hasil / Keterangan
1	Apa tantangan terbesar dalam metode pengukuran <i>sand patch</i> yang ada saat ini?		
2	Apa dampak <i>human error</i> pada hasil <i>sand patch</i> ?		
3	Adakah kebutuhan mendesak dari sisi peralatan untuk mendukung tim di lapangan?		
4	Bagaimana sudut pandang mengenai gagasan inovasi seperti prototipe <i>Sand Patch Rotator</i> yang diusulkan?		
5	Apa ekspektasi terbesar jika alat bantu otomatis seperti itu dapat diimplementasikan di Bandara Radin Inten II?		

c. Kuesioner

Metode kuesioner digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data kuantitatif mengenai persepsi dan evaluasi calon pengguna terhadap prototipe *Sand Patch Rotator*. Instrumen kuesioner yang digunakan disusun secara sistematis dengan mengadopsi skala Likert, dan selanjutnya didistribusikan kepada 7 (tujuh) orang teknisi dari Unit Infrastruktur Bandara Radin Inten II Lampung. Pemilihan responden tersebut didasarkan pada keahlian dan pengalaman mereka yang relevan dalam operasional dan pemeliharaan landas pacu, sehingga dinilai mampu memberikan umpan balik yang akurat serta konstruktif terhadap prototipe yang diuji. Kuesioner ini dirancang secara spesifik untuk menilai aspek-aspek krusial, seperti kebutuhan pengguna dan kelayakan fungsional prototipe *Sand Patch Rotator*, terutama dalam konteks pengukuran kekesatan landas pacu. Data yang terkumpul melalui kuesioner kemudian dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif kuantitatif. Hasil analisis tersebut akan divisualisasikan, guna memperkuat proses penarikan kesimpulan penelitian (Amalia dkk., 2020).

Dalam mengukur persepsi calon pengguna terhadap prototipe Sand Patch Rotator, item-item pertanyaan dalam kuesioner ini dikembangkan dengan mempertimbangkan konstruk-konstruk kunci dari *Technology Acceptance Model* (TAM). Teori ini berfokus pada dua dimensi utama, yaitu Persepsi Kemanfaatan (*Perceived Usefulness*) dan Persepsi Kemudahan Penggunaan (*Perceived Ease of Use*). Rincian daftar pertanyaan kuesioner disajikan dalam Tabel III.3, sedangkan daftar nama teknisi yang berpartisipasi sebagai responden dapat dilihat pada Tabel III.4.

Tabel III. 3 Rancangan Pertanyaan Responden *Sand Patch Rotator*

Pertanyaan	Nilai Responden				
	1	2	3	4	5
Bagaimana Anda menilai tingkat pengalaman Anda dalam pengukuran kekesatan permukaan landas pacu menggunakan metode <i>sand patch</i> secara manual? (P ₁)	0	0	0	0	0
Menurut persepsi Anda, seberapa menantangkah pelaksanaan pengukuran kekesatan permukaan landas pacu secara manual menggunakan metode <i>sand patch</i> secara keseluruhan? (P ₂)	0	0	0	0	0
Menurut penilaian Anda, seberapa pentingkah pengukuran kekesatan permukaan landas pacu dalam mendukung aspek keselamatan penerbangan? (P ₃)	0	0	0	0	0
Mohon berikan penilaian Anda terhadap metode <i>sand patch</i> manual yang saat ini digunakan, dalam hal:	0	0	0	0	0
a. Akurasi hasil pengukuran (P ₄)	0	0	0	0	0
b. Kecepatan proses pengukuran (P ₅)	0	0	0	0	0
c. Efisiensi metode secara keseluruhan (P ₆)					

Menurut Anda, seberapa besarkah kebutuhan untuk inovasi pada metode atau peralatan <i>sand patch</i> (misalnya, melalui pengembangan prototipe <i>Sand Patch Rotator</i>) guna meningkatkan akurasi dan efisiensi proses penyebaran pasir? (P ₇)	0	0	0	0	0
Jika sebuah alat bantu seperti prototipe <i>Sand Patch Rotator</i> dikembangkan, seberapa efektifkah (menurut perkiraan Anda) alat tersebut dalam mendukung keseluruhan proses pengukuran kekesatan permukaan landas pacu? (P ₈)	0	0	0	0	0
Penggunaan prototipe <i>Sand Patch Rotator</i> berpotensi meningkatkan kecepatan dan konsistensi hasil pengukuran metode <i>sand patch</i> secara keseluruhan dibandingkan pelaksanaan manual sepenuhnya.(P ₉)	0	0	0	0	0
Khusus pada tahap penyebaran pasir, penggunaan prototipe <i>Sand Patch Rotator</i> dapat menghasilkan proses yang lebih cepat dan lebih konsisten dibandingkan metode manual tradisional. (P ₁₀)	0	0	0	0	0
Peningkatan akurasi dan reliabilitas data kekesatan landas pacu melalui penggunaan prototipe <i>Sand Patch Rotator</i> dapat berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan keselamatan penerbangan. (P ₁₁)	0	0	0	0	0

Inovasi berupa prototipe <i>Sand Patch Rotator</i> berpotensi memberikan peningkatan kemudahan dan kenyamanan bagi petugas saat melakukan pengukuran kekesatan di landas pacu. (P ₁₂)	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

(Sumber: Xue et al., 2024)

Tabel III. 4 Daftar Nama Teknisi Unit Infrastruktur Bandara Radin Inten II

No	Nama
1	YUDHI PURNOMO
2	M IRFAN RAMZY
3	INDRA NUGRAHA
4	SUPRIANTO
5	GIMIN D
6	ISMAIL
7	ROBBY KURNIAWAN

(Sumber : Unit Infrastruktur Bandara Radin Inten II)

2. Desain Produk

Desain produk adalah suatu proses sistematis dan terstruktur dalam perancangan serta pengembangan produk atau sistem, yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan fungsional, ergonomis, dan estetis pengguna secara optimal. Proses ini secara komprehensif mencakup perumusan spesifikasi teknis, penetapan prinsip operasional sistem, hingga pengembangan desain rinci produk guna menghasilkan nilai tambah dan kebermanfaatan maksimal.

3. Validasi Desain

Validasi desain merupakan kegiatan verifikasi dan penilaian terhadap rancangan produk untuk memastikan kesesuaiannya dengan tujuan pengembangan, persyaratan dan ketentuan yang berlaku (Abdullah dkk., 2023). Validasi yang dilakukan pada prototipe *Sand Patch Rotator* bertujuan untuk membuktikan kesesuaiannya dengan standar teknis dan fungsional yang telah ditetapkan. Selain itu, proses validasi ini juga dirancang untuk menghimpun catatan tambahan berupa solusi konstruktif dan inovatif untuk

penyempurnaan prototipe. Masukan dan saran yang diperoleh dari validator akan menjadi landasan penting dalam tahap pengembangan selanjutnya, guna optimalisasi produk akhir. Validator yang terlibat dalam tahap validasi ini adalah sebagai berikut:

- a. Bapak Robby Kurniawan selaku teknisi Unit Infrastruktur Bandara Radin Inten II Lampung.
- b. Bapak Muhammad Rafli Fazal selaku teknisi Unit Infrastruktur Bandara Cut Nyak Dien Nagan Raya.

Instrumen validasi dalam penelitian ini dirancang untuk mengumpulkan penilaian dari validator ahli mengenai prototipe *Sand Patch Rotator*. Penyusunan instrumen ini secara primer mengacu pada kerangka kerja dan kriteria yang diuraikan dalam penelitian oleh (Amalia et al., (2020) dan sesuai dengan standar ISO 9126 Aspect Validation of Engineering (2019). Dalam memperkuat landasan metodologis dalam proses evaluasi oleh pakar, instrumen ini juga mengambil pedoman dari pendekatan yang umum digunakan dalam pengujian dan evaluasi prototipe oleh para ahli, sebagaimana didiskusikan dalam literatur terkait (Hinricher dkk., 2023). Instrumen ini bertujuan utama untuk menghimpun masukan konstruktif dari para validator guna mendukung proses revisi dan penyempurnaan prototipe *Sand Patch Rotator*. Pada tahap validasi ini, para validator akan memberikan penilaian, saran dan pendapat kritis untuk pengembangan lebih lanjut sehingga prototipe tersebut dapat disempurnakan secara optimal. Dalam mengakomodasi keahlian spesifik dari masing-masing kelompok validator, instrumen validasi ini dibedakan lebih lanjut: rincian lengkap mengenai instrumen validasi desain disajikan pada Tabel III.5 berikut.

Tabel III. 5 Tabel Instrumen Validasi Desain

No	Aspek Penilaian	Indikator	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	Fungsionalitas	Apakah desain <i>Sand Patch Rotator</i> ini memungkinkan alat untuk menyebarkan pasir secara merata dan konsisten guna pengukuran kekesatan landas pacu yang efektif? (Q ₁)					
		Menurut Anda, apakah mekanisme rotasi pada alat ini sudah sesuai untuk menciptakan sebaran pasir berbentuk lingkaran yang standar sesuai metode <i>sand patch</i> ? (Q ₂)					
		Apakah desain alat ini terlihat mampu beroperasi dengan stabil dan andal di atas permukaan aspal atau beton landas pacu yang mungkin tidak sepenuhnya rata? (Q ₃)					
2	Usabilitas dan Interaksi	Berdasarkan desainnya, apakah Anda memahami cara mengoperasikan <i>Sand Patch Rotator</i> ini, mulai dari persiapan, penempatan, hingga eksekusi penyebaran pasir? (Q ₄)					

		Menurut Anda, apakah ukuran, bobot, dan bentuk (misalnya, pegangan) alat ini sudah sesuai untuk kemudahan dibawa (portabilitas) dan digunakan oleh satu orang operator di area landas pacu? (Q ₅)					
3	Keamanan	Apakah desain <i>Sand Patch Rotator</i> ini terlihat aman bagi operator (misalnya, dari bagian yang berputar) dan terutama bagi lingkungan landas pacu (misalnya, risiko meninggalkan serpihan/FOD - <i>Foreign Object Debris</i>)? (Q ₆)					
		Apakah Anda melihat ada potensi bahaya seperti jari terjepit, ketidakstabilan alat saat beroperasi, atau komponen yang mudah lepas dari desain ini? (Q ₇)					
		Apakah menurut Anda desain alat ini sudah mempertimbangkan standar keamanan yang berlaku untuk peralatan yang dioperasikan di sisi udara (<i>airside</i>) bandara? (Q ₈)					
4	Estetika dan Desain Visual	Bagaimana pendapat Anda tentang tampilan visual keseluruhan dari <i>Sand Patch Rotator</i> ini sebagai sebuah alat ukur teknis? (Q ₉)					

		Apakah proporsi antara bagian rangka, mekanisme pemutar, dan pegangan terlihat seimbang dan memberikan kesan sebagai alat yang kokoh dan dirancang dengan baik (bukan prototipe seadanya)? (Q ₁₀)					
5	Teknis	Apakah pemilihan material (misalnya: aluminium, baja, atau material komposit) terlihat sudah tepat untuk mencapai daya tahan, bobot yang ringan, serta ketahanan terhadap kondisi cuaca di lapangan? (Q ₁₁)					

Penilaian kuantitatif terhadap aspek-aspek produk dalam instrumen validasi tersebut mengacu pada skala Likert dengan lima tingkatan respons, yaitu: 1 (sangat tidak layak), 2 (tidak layak), 3 (cukup layak), 4 (layak), dan 5 (sangat layak). Skor numerik yang diperoleh dari skala ini selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan simpulan mengenai tingkat kelayakan dan validitas prototipe. Kriteria interpretasi skor skala Likert yang digunakan disajikan secara rinci pada Tabel III.6.

Tabel III. 6 Tabel Kriteria Jawaban dengan Skala Likert

Kriteria	Nilai Responden
Sangat Layak	5
Layak	4
Cukup Layak	3
Tidak Layak	2
Sangat Tidak Layak	1

(Sumber : Yulianti, 2021)

Data kuantitatif untuk menguji keberterimaan prototipe oleh pengguna akhir menggunakan kerangka *User Acceptance Testing* (UAT), sebuah tahap krusial dalam siklus pengembangan untuk memastikan produk memenuhi kebutuhan pengguna. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus yang telah ditetapkan, dengan merujuk pada kerangka metodologi penelitian oleh (Arikunto, 2012).

:

$$\text{Persentase Kelayakan} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum ideal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan nilai validitas tersebut kemudian diinterpretasikan untuk menentukan simpulan tingkat kelayakan prototipe berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, sebagaimana disajikan pada Tabel III.7

Tabel III. 7 Tabel Kriteria Presentase Tanggapan Responden

Kriteria	Kategori
84,01%-100,00%	Sangat Baik
68,01%-84,00%	Baik
52,01%-68,00%	Cukup
36,01%-52,00%	Kurang Baik
20,00%-36,00%	Tidak Baik

(Sumber : Yulianti, 2021)

4. Revisi Desain

Pelaksanaan revisi desain prototipe *Sand Patch Rotator* didasarkan pada hasil validasi terhadap rancangan yang sebelumnya telah dikembangkan. Proses ini bertujuan untuk menyempurnakan desain berdasarkan temuan dan rekomendasi dari tahap validasi tersebut. Desain akhir prototipe *Sand Patch Rotator* yang dihasilkan, beserta paparan evaluasi dan pembahasan komprehensif terkait kinerjanya, akan diuraikan secara rinci pada Bab IV.

5. Pembuatan Alat

Pengembangan prototipe *Sand Patch Rotator* dalam penelitian ini mengikuti serangkaian tahapan perancangan dan realisasi alat yang sistematis dan terstruktur. Proses ini diawali dengan studi literatur yang komprehensif untuk membangun landasan teoretis dan mengidentifikasi kebutuhan. Tahap selanjutnya adalah perancangan detail prototipe, yang mencakup pembuatan desain teknis menggunakan perangkat lunak *SketchUp* dan penyusunan diagram alir (*flowchart*) untuk menggambarkan mekanisme kerja dan prosedur operasional alat. Setelah desain difinalisasi, dilakukan tahap fabrikasi atau pembuatan fisik prototipe *Sand Patch Rotator*. Menyusul fabrikasi, dilaksanakan serangkaian pengukuran menggunakan prototipe yang telah jadi, diikuti dengan analisis data secara cermat terhadap hasil pengukuran tersebut.

Keseluruhan tahapan pengembangan ini mulai dari studi literatur, perancangan, fabrikasi, proses pengukuran, hingga analisis data akan diuraikan secara terperinci pada Bab IV.

6. Ujicoba / Pengujian Produk

Dalam mengevaluasi kinerja dan efektivitas prototipe secara komprehensif, dirancang sebuah rencana pengujian produk yang sistematis. Kerangka acuan dalam penyusunan metode dan parameter pengujian ini mengadaptasi pendekatan yang dikemukakan oleh Yulianti (2021) guna memastikan validitas metodologis dalam penilaian produk akhir.

a. Uji Kinerja Sand Patch Rotator

1) Uji Sebaran Pasir Menggunakan Sand Patch Rotator

Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi kinerja fungsional mekanisme penyebaran pasir menggunakan *Sand Patch Rotator* secara kualitatif-observasional, sekaligus memastikan setiap komponen beroperasi sesuai spesifikasi rancangannya. Prosedur pengujian dilakukan dengan mengoperasikan prototipe menggunakan volume pasir standar pada permukaan datar, di mana fokus evaluasi adalah observasi langsung terhadap empat parameter krusial, yaitu kesesuaian bentuk sebaran pasir (*sand patch*) dengan standar ASTM E965, homogenitas distribusi pasir, kelancaran aliran material, dan stabilitas gerakan rotasi. Keberhasilan uji ini, yang ditentukan oleh kinerja optimal dari seluruh parameter tersebut, merupakan prasyarat untuk tahap pengujian selanjutnya. Oleh karena itu, hasil observasi kualitatif dari setiap parameter akan dirangkum secara sistematis dan disajikan secara terperinci dalam bentuk tabel pada Bab IV untuk analisis lebih lanjut.

2) Uji Konsistensi Hasil Sebaran (*Repeatability*)

Uji konsistensi sebaran (*repeatability*) dilakukan untuk mengevaluasi tingkat presisi dan keandalan prototipe. Prosedurnya adalah dengan melakukan penyebaran material bervolume konstan secara berulang sebanyak tiga kali ($n=3$). Diameter sebaran yang dihasilkan kemudian diukur dan dianalisis untuk memperoleh nilai standar deviasi (SD), yang selanjutnya digunakan untuk menghitung koefisien variasi (KV). Adapun analisis statistik dilakukan menggunakan rumus berikut:

1. Diameter Rata-rata (\bar{D})

$$\bar{D} = \frac{\sum \{D\}_i}{n}$$

Keterangan:

\bar{D} = Diameter rata-rata (mean)

$\sum \{D\}_i$ = Jumlah dari seluruh nilai data diameter yang diukur

n = Jumlah total percobaan atau pengukuran yang dilakukan

2. Standar Deviasi (SD)

$$s_D = \sqrt{\left\{ \frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{\{n - 1\}} \right\}}$$

Keterangan:

s_D = Deviasi standar sampel

D_i = Nilai data ke-i (diameter hasil uji)

\bar{D} = Rata-rata (mean) dari seluruh data diameter

n = Jumlah data atau percobaan

3. Koefisien Variasi (KV)

$$KV = \left(\frac{s_D}{\bar{D}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

KV = Koefisien variasi

s_D = Deviasi standar sampel

\bar{D} = Rata-rata (mean) dari data

Nilai dari kedua parameter statistik tersebut akan menjadi indikator utama dalam menilai konsistensi prototipe. Adapun pembahasan mendalam dari hasil uji ini akan disajikan secara lengkap pada Bab IV.

3) Uji Stabilitas *Leveling Foot*

Uji stabilitas *leveling foot* bertujuan untuk memverifikasi integritas struktural dan ketahanan fisik prototipe. Pengujian yang bersifat kualitatif-observasional ini akan mengevaluasi beberapa parameter kunci: stabilitas dinamis (getaran) saat beroperasi, stabilitas statis saat ditempatkan pada permukaan miring, fungsionalitas komponen penyetabil, serta durabilitas struktur terhadap deformasi setelah dioperasikan secara berulang (minimal 10 siklus). Evaluasi akan dilakukan melalui inspeksi visual untuk verifikasi keseimbangan. Adapun pembahasan mendalam dari hasil uji ini akan disajikan secara lengkap pada Bab IV.

4) Uji Waktu Operasional Penyebaran Pasir

Uji waktu operasional penyebaran pasir bertujuan untuk mengevaluasi prototipe dari perspektif pengguna akhir (*user-centered*), dengan fokus pada aspek efisiensi dan kemudahan interaksi. Pengujian ini akan melibatkan tiga orang pengguna uji ($n=3$) untuk mengoperasikan prototipe dalam skenario tugas yang ditentukan. Adapun identitas pengguna uji adalah sebagai berikut:

1. Muhammad Ichsan Ramadhani, selaku Mahasiswa Semester 8 Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara angkatan 2.
2. Adinda Safura, selaku Mahasiswi Semester 8 Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara angkatan 2.
3. Rakha Racahyo, selaku Mahasiswa Semester 8 Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara angkatan 2.

Waktu operasional penyebaran pasir menggunakan *Sand Patch Rotator* dievaluasi secara kuantitatif dengan mengukur durasi yang dibutuhkan oleh *Sand Patch Rotator* untuk menyelesaikan satu siklus penyebaran pasir. Analisis data waktu yang diperoleh menggunakan rumus berikut.

1. Rata-Rata Waktu Penyelesaian Tugas

$$\bar{t} = \frac{\sum \{t\}_i}{n}$$

Keterangan:

\bar{t} = Rata-rata waktu penyelesaian tugas (detik)

t_i = Waktu penyelesaian tugas oleh pengguna ke- i

n = Jumlah pengguna uji

5) Uji Mobilitas *Sand Patch Rotator*

Uji mobilitas *Sand Patch Rotator* bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas desain fisik prototipe dalam mendukung proses pemindahan di area operasional. Metodologi pengujian akan membandingkan dua skenario: pemindahan oleh satu orang operator dan oleh dua orang operator pada jarak tempuh yang telah distandarisasi, yaitu 50 meter. Pengumpulan data akan bersifat *mixed-method*, mencakup data kuantitatif berupa waktu tempuh yang dicatat dengan *stopwatch*, serta data kualitatif dari observasi terhadap kemudahan manuver, upaya yang dibutuhkan, dan fungsionalitas komponen pendukung mobilitas (roda dan gagang). Adapun pembahasan mendalam dari hasil uji ini akan disajikan secara lengkap pada Bab IV.

b. Uji Kepuasan Penggunaan *Sand Patch Rotator*

Sebagai tahap validasi puncak, uji kepuasan penggunaan *Sand Patch Rotator* dilaksanakan untuk mengevaluasi performa prototipe sebagai satu kesatuan sistem yang utuh dan kohesif. Pengujian ini mensimulasikan satu siklus operasional penuh, mulai dari persiapan hingga eksekusi proses penyebaran pasir. Untuk mengukur persepsi pengguna selama pengujian terintegrasi ini,

item-item pertanyaan dalam kuesioner dikembangkan dengan mempertimbangkan konstruk-konstruk kunci dari *Technology Acceptance Model* (TAM). Teori ini berfokus pada dua dimensi utama, yaitu Persepsi Kemanfaatan (*Perceived Usefulness*) dan Persepsi Kemudahan Penggunaan (*Perceived Ease of Use*). Fokus evaluasi pada tahap ini adalah untuk mengamati sinergi antar-subsistem, stabilitas operasional, dan fungsionalitas dalam satu alur kerja yang utuh. Kriteria keberhasilan ditentukan oleh kemampuan prototipe untuk menyelesaikan seluruh siklus misi tanpa kendala fungsional serta menghasilkan *sand patch* yang valid. Instrumen kuesioner yang digunakan untuk mengukur kepuasan pengguna dilampirkan pada Tabel III.6, sementara daftar pengguna yang terlibat dalam pengujian disajikan pada Tabel III.7.

Tabel III. 8 Instrumen Tingkat Kepuasan Penggunaan *Sand Patch Rotator*

No	Aspek Penilaian	Indikator	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	Kegunaan (<i>Usability</i>)	Apakah data yang dihasilkan oleh <i>Sand Patch Rotator</i> mudah dipahami dan diinterpretasikan? (R ₁)					
		Seberapa mudah <i>Sand Patch Rotator</i> dioperasikan dalam kegiatan sehari-hari Anda? (R ₂)					

2	Efektivitas (<i>Effectiveness</i>)	Bagaimana tingkat keakuratan hasil pengukuran kekasaran yang dihasilkan oleh <i>Sand Patch Rotator?</i> (R ₃)					
		Apakah <i>Sand Patch Rotator</i> sesuai dengan kebutuhan Anda dalam pengukuran kekasaran landas pacu? (R ₄)					
3	Efisiensi (<i>Efficiency</i>)	Seberapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengecekan kekasaran menggunakan <i>Sand Patch Rotator?</i> (R ₅)					
		Bagaimana kecepatan respons <i>Sand Patch Rotator</i> dalam melaksanakan fungsinya? (R ₆)					

4	Kepuasan Pengguna (<i>User Satisfaction</i>)	Secara keseluruhan, bagaimana tingkat kepuasan Anda terhadap kinerja <i>Sand Patch Rotator?</i> (R ₇)					
---	---	---	--	--	--	--	--

Tabel III. 9 Daftar Nama Validator Kepuasan Penggunaan *Sand Patch Rotator*

No.	Nama Validator	Jabatan	Instansi/Unit
1.	Aditya Febriansyah	Teknisi	Unit Infrastruktur Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II
2.	Intan Nurhayati	Teknisi	Unit Infrastruktur Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II
3.	M. Pandu	Teknisi	Unit Infrastruktur Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II

C. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan metode campuran (*mixed methods*), yang bertujuan untuk mengevaluasi validitas, kelayakan, dan potensi implementasi prototipe *Sand Patch Rotator* secara holistik. Analisis data dibagi menjadi dua kategori utama sesuai dengan jenis data yang dikumpulkan.

Pertama, analisis kuantitatif difokuskan pada pengolahan data numerik yang diperoleh dari berbagai pengujian. Data dari kuesioner validasi ahli dan kepuasan pengguna yang menggunakan skala Likert diolah untuk menghasilkan skor persentase guna mengukur tingkat kelayakan dan validitas prototipe secara objektif. Selain itu, data hasil uji kinerja seperti diameter sebaran pasir dan waktu operasional dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk

menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien variasi guna mengevaluasi konsistensi dan efisiensi alat.

Kedua, analisis kualitatif diterapkan pada data naratif yang terkumpul dari jawaban terbuka pada kuesioner, transkrip wawancara mendalam dengan teknisi unit infrastruktur, serta observasi langsung di lapangan. Data tekstual dan hasil pengamatan ini dianalisis untuk mengidentifikasi kebutuhan esensial pengguna, tantangan operasional, saran perbaikan, dan konteks di balik penilaian kuantitatif yang diberikan. Integrasi kedua hasil analisis ini memberikan evaluasi yang komprehensif, di mana data kuantitatif menyajikan gambaran terukur, sementara data kualitatif memperkaya interpretasi dan memberikan justifikasi untuk menilai secara menyeluruh efektivitas implementasi prototipe dalam pengukuran kekesatan (*skid resistance*) landas pacu.

D. Jadwal Pelaksanaan

Penyelesaian Alur waktu dan rincian tahapan pelaksanaan penelitian ini telah direncanakan secara sistematis. Jadwal penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Tabel III.8.

Tabel III. 10 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Sep-Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Identifikasi kebutuhan	√				
2	Perencanaan	√				
3	Pengembangan	√	√	√		
4	Pengujian				√	
5	Penyusunan Laporan				√	√
6	Sidang Tugas Akhir					√

Berdasarkan tabel yang disajikan, rangkaian kegiatan tugas akhir dimulai dari tahap persiapan proposal hingga revisi dan submit jurnal, yang berlangsung dari Oktober 2024 hingga Juli 2025. Tahap awal mencakup pembuatan format, penentuan topik, serta penyusunan Bab I hingga Bab III, yang didukung oleh studi literatur dan review laporan OJT. Selanjutnya, dilakukan pencarian referensi, alat, dan bahan yang diperlukan untuk proses pembuatan dan pengukuran *sand patch test*. Setelah perakitan dan pengujian selesai, penelitian dilanjutkan dengan penyusunan laporan tugas akhir. Kegiatan ini diakhiri dengan sidang tugas akhir, proses revisi, dan submit jurnal, sebagai langkah final dalam menyelesaikan tugas akhir.