

SKRIPSI

***SIMULASI CRASHWORTHINESS EASIEST TO
BREAK RANGKA PELINDUNG SENSOR SRIFADA
DARI BAJA ST 37***



Oleh:

HAFIZ SAJID

03051282025054

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

SKRIPSI

**SIMULASI *CRASHWORTHINESS EASIEST TO BREAK*
RANGKA PELINDUNG SENSOR SRIFADA DARI
BAJA ST 37**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



OLEH

HAFIZ SAJID

03051282025054

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**SIMULASI *CRASHWORTHINESS EASIEST TO BREAK*
RANGKA PELINDUNG SENSOR SRIFADA DARI BAJA ST 37**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

HAFIZ SAJID

03051282025054

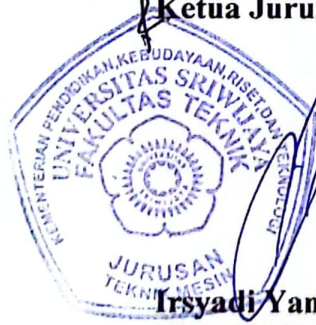
Palembang, 24 Juli 2024

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing Skripsi

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Irsyad Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Diah Kusuma Pratiwi', written over the text of the supervisor's name.

Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.
NIP. 196307191990032001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. : 108/TM/AK/2024
Diterima Tanggal : 07 Agustus 2024
Paraf : 

SKRIPSI

NAMA : HAFIZ SAJID
NIM : 03051282025054
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : SIMULASI *CRASHWORTHINESS EASIEST TO BREAK* RANGKA PELINDUNG SENSOR SRIFADA DARI BAJA ST 37
DIBUAT TANGGAL : 30 MEI 2023
SELESAI TANGGAL : 31 MEI 2024

Palembang, 31 Juli 2024

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

Pembimbing Skripsi



Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.
NIP. 19630719199003200

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “SIMULASI *CRASHWORTHINESS EASIEST TO BREAK* RANGKA PELINDUNG SENSOR SRIFADA DARI BAJA ST 37” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 Juli 2024.

Palembang, 24 Juli 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197901052003121002

Sekretaris

2. Qomarul Hadi, S.T., M.T.
NIP. 196902131995031001

Anggota

3. Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197909272003121004

29/7/24
(.....)
(.....)
(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

Diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing Skripsi

Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi

Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.
NIP. 196307191990032001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi yang berjudul “Simulasi *Crashworthiness Easiest To Break* Rangka Pelindung Sensor Srifada Dari Baja ST 37” disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih atas segala bimbingan yang telah diberikan dalam penyusunan skripsi ini kepada:

1. Bapak Sepriconeldi dan Ibu Gusnita selaku orang tua penulis yang selalu mendukung baik secara lahir maupun batin.
2. Ghiffary Rifqialdi selaku kakak penulis yang selalu mendukung baik secara lahir maupun batin.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
4. Bapak Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
8. Riri Lestari selaku orang yang telah tulus memberikan dukungan setiap saat serta menjadi penyemangat dan pendengar yang baik kepada penulis untuk terus berjuang menyelesaikan skripsi ini.

Dalam penyusunan laporan ini penulis menyadari adanya keterbatasan dalam wawasan yang penulis miliki. Penulis mengharapkan semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Palembang, 31 Juli 2024



Hafiz Sajid

NIM. 03051282025054

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hafiz Sajid

NIM : 03051282025054

Judul : Simulasi *Crashworthiness Easiest To Break* Rangka Pelindung Sensor Srifada Dari Baja ST 37

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Indralaya, 31 Juli 2024



Hafiz Sajid

NIM. 03051282025054

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hafiz Sajid

NIM : 03051282025054

Judul : Simulasi *Crashworthiness Easiest To Break* Rangka Pelindung Sensor Srifada Dari Baja ST 37

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, 31 Juli 2024



Hafiz Sajid

NIM. 03051282025054

RINGKASAN

SIMULASI *CRASHWORTHINESS EASIEST TO BREAK* RANGKA
PELINDUNG SENSOR SRIFADA DARI BAJA ST 37

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Karya tulis ilmiah berupa skripsi , 24 Juli 2024

Hafiz Sajid, dibimbing oleh Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.

Xxix + 76 halaman, 3 tabel, 37 gambar, 16 lampiran

RINGKASAN

Salah satu penyebab terjadinya kecelakaan pesawat terbang di darat adalah adanya genangan air di landasan pacu, terutama karena saat ini belum ada alat yang mampu memantau kondisi tersebut secara *real-time*. Sistem pemantauan manual yang digunakan saat ini belum efisien, tetapi juga berbahaya bagi operator yang harus terjun langsung ke lapangan untuk melakukan pengukuran kondisi genangan air di landasan pacu. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan pengembangan sistem sensor otomatis yang dapat secara akurat mengukur ketinggian genangan air di landasan pacu dengan tingkat akurasi hingga skala milimeter. Meskipun sensor tersebut telah dikembangkan melalui penelitian sebelumnya, namun diperlukan perancangan kerangka sensor untuk melindungi sensor tersebut dari berbagai ancaman seperti tekanan angin, risiko pencurian, serta memastikan bahwa kerangka tidak menghalangi lajunya pesawat terbang, terutama ketika pesawat terbang tergelincir dari arah 29° di Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang, sehingga diperlukan perancangan desain kerangka yang akan disimulasikan dengan tujuan menentukan desain yang paling mudah rusak atau "*easiest to break*". Pemilihan material dan bentuk pada struktur rangka memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja dan ketahanan kerangka tersebut. Penelitian ini berfokus untuk menyelidiki *crashworthiness easiest to break* dan kemampuan patah rangka sensor yang terbuat dari baja ST 37, yang merupakan bahan umum untuk aplikasi

struktural. Terdapat tiga desain kerangka sensor berbeda yang akan disimulasikan dengan menggunakan metode analisis elemen hingga (FEA) untuk menganalisis respons kerangka sensor terhadap beban tumbukan yang dihasilkan dari roda pesawat agar dapat menentukan desain yang "*easiest to break*". Analisis ini mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk deformasi, tegangan ekuivalen (*von-Mises*), faktor keamanan, momentum, energi kinetik, dan gaya kontak. Terdapat tiga kriteria utama yang harus dipenuhi dari pengujian beban impak ini untuk menentukan desain yang paling mudah rusak yaitu nilai *equivalent stress von-Mises* tertinggi, *safety factor* terendah, dan momentum terendah. Setelah dilakukan simulasi terhadap ketiga desain, didapati hasil simulasi dari desain yang memenuhi kriteria "*easiest to break*" yaitu desain 1 dengan material Baja ST 37. Desain ini menunjukkan nilai *equivalent stress von-Mises* tertinggi sebesar 49.189 MPa, *safety factor* terendah sebesar 0,0050824, dan momentum terendah sebesar 343,07 N-s. Berdasarkan hasil tersebut, studi ini menyimpulkan bahwa desain 1 adalah desain yang paling mudah rusak atau "*easiest to break*" di antara ketiga desain, karena memenuhi kriteria *easiest to break* dalam pengujian beban impak.

Kata kunci : *easiest to break*, metode elemen hingga, landasan pacu

Kepustakaan : 55

SUMMARY

SIMULATION OF CRASHWORTHINESS EASIEST TO BREAK SRIFADA SENSOR PROTECTIVE FRAME FROM ST 37 STEEL

Scientific writing in the form of a thesis, July 24 2024

Hafiz Sajid, supervised by Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.

Xxix + 76 pages, 3 tables, 37 figures, 16 attachments

SUMMARY

One of the causes of aircraft accidents on the ground was the presence of water puddles on the runway, especially since there were no real-time monitoring tools available at that time. The manual monitoring systems used were inefficient and also dangerous for operators who had to go into the field to measure the water puddle conditions on the runway. To address this problem, the development of an automatic sensor system that could accurately measure the height of water puddles on the runway to a millimeter scale was required. Although the sensor had been developed through previous research, the design of a protective frame for the sensor was necessary to shield it from various threats such as wind pressure, theft risk, and to ensure that the frame did not obstruct the movement of aircraft, especially when the aircraft skidded from the 29° direction at Sultan Mahmud Badaruddin II Airport in Palembang. Therefore, a frame design needed to be developed and simulated with the goal of determining the design that was "easiest to break." The choice of material and shape in the frame structure had a significant impact on the performance and durability of the frame. This study focused on investigating the crashworthiness and breakability of a sensor frame made from ST 37 steel, a common material for structural applications. Three different sensor frame designs were simulated using finite element analysis (FEA) to analyze the frame's response to impact loads from the aircraft wheels to determine the "easiest to break" design. The analysis considered various factors, including deformation, von-Mises equivalent stress, safety factor, momentum, kinetic energy, and contact forces.

Three main criteria were used to determine the most easily breakable design: the highest von-Mises equivalent stress, the lowest safety factor, and the lowest momentum. After simulating the three designs, the results showed that the design meeting the "easiest to break" criteria was Design 1 with ST 37 steel material. This design displayed the highest von-Mises equivalent stress of 49.189 MPa, the lowest safety factor of 0.0050824, and the lowest momentum of 343.07 N-s. Based on these results, the study concluded that Design 1 was the most easily breakable design among the three, as it met the "easiest to break" criteria in the impact load testing.

Keywords : easiest to break, finite element method, runway

Literature : 55

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN	xxvii
DAFTAR SIMBOL.....	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP).....	5
2.2 Keselamatan Penerbangan di Landasan Pacu	6
2.3 <i>Runway Excursion</i>	7
2.3.1 <i>Hydroplaning</i>	8
2.3.1.1 <i>Dynamic Hydroplaning</i>	8
2.3.1.2 <i>Viscous Hydroplaning</i>	9
2.3.1.3 <i>Reverted Rubber Hydroplaning</i>	9
2.3.2 <i>Rubber Deposit</i> (Penumpukan Karet)	10
2.4 Sensor Ketinggian Air.....	11
2.4.1 Sensor Tekanan	11
2.4.2 Sensor Ultrasonik	12
2.4.3 Sensor Kapasitif	12
2.5 Kerangka Pelindung	13
2.5 Struktural Baja ST 37.....	14

2.6	Teori Kegagalan	15
2.6.1	Teori Tegangan Geser Maksimum	16
2.6.2	Teori Energi Distorsi Maksimum (<i>von-Mises</i>).....	16
2.6.3	<i>Safety Factor</i> (Faktor Keamanan)	18
2.7	Metode Elemen Hingga	18
2.8	Aplikasi <i>Finite Element Method</i> (FEM).....	19
2.8.1	<i>Finite Element Analysis</i> (FEA).....	20
2.8.2	<i>Preprocessing</i>	21
2.8.3	<i>General Postprocessing</i>	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Rancangan Penelitian	23
3.2	Prosedur Penelitian	24
3.2.1	Studi Literatur.....	24
3.2.2	Kondisi lapangan yang di idealkan.....	24
3.2.3	Simulasi Pengujian Beban Impak.....	25
3.2.3.1	Pemodelan Geometri Uji beban impak (<i>Impact Force</i>)	25
3.2.3.2	Pengaturan Simulasi Uji beban impak (<i>Impact Force</i>)	30
3.2.3.3	Pengambilan Data <i>Impact Forces</i>	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Analisa Data	37
4.1.1	Hasil Uji Visual Deformasi	37
4.1.2	Hasil Uji Visual <i>Equivalent Stress</i> (<i>von-Mises</i>)	39
4.1.3	Hasil Uji Visual <i>Safety Factor</i>	41
4.1.4	Hasil Grafik Momentum.....	43
4.1.5	Hasil Grafik Energi Kinetik.....	45
4.1.6	Hasil Grafik <i>Contact Force</i>	49
4.2	Pembahasan	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Data Kecelakaan Pesawat (2007-2016) (Database KNKT, 2016)	6
Gambar 2.2 Landasan pacu Bandara Sutan Mahmud Badaruddin II Palembang dari arah 29° (Google Maps, 2023).....	7
Gambar 2.3 Kecelakaan Pesawat Udara Sriwijaya Air Boeing 737-300 Di Bandara Rendani Manokwari Tahun 2017 (Sutrisno, 2017)	7
Gambar 2.4 Tiga tipe <i>hydroplaning</i> (FAA, 2011)	10
Gambar 2.5 <i>Rubber Deposit</i> pada Landasan Pacu (Purwantoro & Idris, 2022) ...	10
Gambar 2.6 Sensor Tekanan Barometrik (Amaluddin & Haryoko, 2019)	11
Gambar 2.7 Sensor Ultrasonik (Arief, 2011)	12
Gambar 2.8 Sensor kapasitif (Astuti & Fauzi, 2018).....	13
Gambar 2.9 Kurva tegangan-regangan pada baja	14
Gambar 2.10 Teori Energi Distorsi Maksimum.....	17
Gambar 2.11 <i>Pre-processing</i> dan <i>post processing</i>	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2 <i>Drawing</i> Rangka Sensor	28
Gambar 3.3 Desain 3D Rangka Sensor.....	29
Gambar 3.4 <i>Mesh Setting</i>	30
Gambar 3.5 Hasil <i>Mesh</i> Benda Uji dan Roda Pesawat	32
Gambar 3.6 Skema Kondisi Batas Uji Beban Impak.....	33
Gambar 3.7 <i>Boundary Setting</i>	34
Gambar 3.8 <i>Analysis Setting</i>	34
Gambar 4.1 Uji Visual Deformasi Desain 1	38
Gambar 4.2 Uji Visual Deformasi Desain 2	38
Gambar 4.3 Uji Visual Deformasi Desain 3	39
Gambar 4.4 Uji Visual <i>Equivalent Stress (von-Mises)</i> Desain 1	40
Gambar 4.5 Uji Visual <i>Equivalent Stress (von-Mises)</i> Desain 2	40
Gambar 4.6 Uji Visual <i>Equivalent Stress (von-Mises)</i> Desain 3	41
Gambar 4.7 Uji Visual <i>Safety Factor</i> Desain 1.....	41
Gambar 4.8 Uji Visual <i>Safety Factor</i> Desain 2.....	42

Gambar 4.9 Uji Visual <i>Safety Factor</i> Desain 3	42
Gambar 4.10 Grafik Momentum Desain 1	43
Gambar 4.11 Grafik Momentum Desain 2	44
Gambar 4.12 Grafik Momentum Desain 3	45
Gambar 4.13 Grafik Energi Kinetik Desain 1	46
Gambar 4.14 Grafik Energi Kinetik Desain 2	47
Gambar 4.15 Grafik Energi Kinetik Desain 3	48
Gambar 4.16 Grafik <i>Contact Force</i> Desain 1.....	49
Gambar 4.17 Grafik <i>Contact Force</i> Desain 2.....	50
Gambar 4.18 Grafik <i>Contact Force</i> Desain 3.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Sifat Mekanik Baja ST 37	24
Tabel 3.2 Sifat Material Baja ST 37.....	24
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 3D Modelling Desain Kerangka Sensor	61
Lampiran 2. Preprocessing Ansys Ls-Dyna	62
Lampiran 3. Material Properties	62
Lampiran 4. Pengaturan Geometri	62
Lampiran 5. <i>Point Mass</i>	63
Lampiran 6. Pendefenisian Material	64
Lampiran 7. Proses <i>Meshing</i>	65
Lampiran 8. Kondisi Batas.....	67
Lampiran 9. Tabular Data Desain 1	68
Lampiran 10. Tabular Data Desain 2	68
Lampiran 11. Tabular Data Desain 3	69
Lampiran 12. Lembar Konsultasi Tugas Akhir.....	70
Lampiran 13. Hasil Akhir Similaritas (Turnitin)	72
Lampiran 14. Surat Pernyataan Bebas Plagiarisme	74
Lampiran 15. Surat Keterangan Pengecekan Similaritas.....	75
Lampiran 16. Form Pengecekan Format Tugas Akhir.....	76

DAFTAR SIMBOL

n	: Faktor Keamanan
τ_{max}	: Tegangan geser maksimum (Pa)
σ_1	: Tegangan maksimum (Pa)
σ_2	: Tegangan minimum (Pa)
σ_y	: Tegangan leleh (Pa)
σ_{vM}	: Tegangan <i>von-Mises</i> atau tegangan ekuivalen (Pa)
σ_x	: Tegangan normal pada sumbu x (Pa)
σ_y	: Tegangan normal pada sumbu y (Pa)
σ_z	: Tegangan normal pada sumbu z (Pa)
τ_{xy}	: Tegangan geser pada bidang xy (Pa)
τ_{yz}	: Tegangan geser pada bidang yz (Pa)
τ_{zx}	: Tegangan geser pada bidang zx (Pa)
p	: Momentum (Kg. m/s)
m	: Massa (Kg)
μ	: Koefisien Gesek
N	: Gaya normal pada benda (N)
Ek	: Energi Kinetik (Joule)
m	: Massa benda (Kg)
v	: Kecepatan (m/s)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring meningkatnya kebutuhan transportasi antar pulau, jalur udara menjadi salah satu pilihan yang sangat diminati. Bukan tanpa alasan, minimnya hambatan yang dilalui membuat waktu perjalanan yang ditempuh menjadi lebih singkat. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2023), penerbangan domestik di Indonesia selama Januari-Agustus 2023 telah meningkat dari sebesar 22,46% dibandingkan tahun 2022 pada periode yang sama. Lalu lintas yang semakin padat ini dikhawatirkan akan menjadi masalah di kemudian hari, terutama di landasan pacu.

Berdasarkan data dari situs KNKT, persentasi dari faktor penyebab kecelakaan adalah lingkungan 4,79%, teknis 12,33%, fasilitas 15,75%, dan faktor manusia 67,12% (Pasaribu & Solichin, 2017). Terdapat berbagai faktor yang dapat memengaruhi terjadinya kecelakaan di landasan pacu, antara lain perubahan curah hujan yang tiba-tiba, kesalahan komunikasi, dan lainnya petugas dalam menjaga kestabilan landasan (Pakan, 2014). Dari faktor-faktor tersebut, kekhawatiran utamanya mengerucut pada satu masalah, yaitu *runway excursion*.

Berbagai antisipasi telah dilakukan untuk menjaga landasan tetap kering. Akan tetapi, prakteknya masih belum optimal. Menurut Bagariang dkk. (2021), masih terdapat subyektifitas ketika penerapan prosedur operasi standar dilakukan dalam konteks pengukuran secara manual. Beberapa penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Waluyo dkk. (2018), telah mencoba menerapkan sistem otomasi dengan menggunakan sensor untuk mengukur ketinggian air dalam skala cm, dengan tujuan menjaga kadar air di landasan pacu agar tetap stabil. Meski demikian, diperlukan sistem pemantauan ketinggian air di landasan pacu dengan akurasi skala mm. Di Indonesia, pemantauan ketinggian

air pada landasan pacu pesawat masih dilakukan secara manual, di mana petugas bandara harus turun langsung untuk memeriksa kondisi air saat hujan (Supardam dkk., 2020), suatu pendekatan yang tidak hanya berbahaya tetapi juga tidak efisien.

Namun, sistem deteksi ketinggian air telah banyak dikembangkan di wilayah lain di Indonesia. Selain berfungsi sebagai peringatan dini banjir, ini juga digunakan untuk mengukur ketinggian air pada bak penampungan air dan untuk memantau ketinggian air sungai (Ngiu & Rohandi, 2020; Sumarudin dkk., 2017). Meskipun demikian, ukuran ambang batas yang digunakan oleh detektor ini masih dalam skala inci dan meter. Hal ini menjadi masalah karena ambang batas untuk mencegah hydroplaning di landasan pacu pesawat menggunakan skala milimeter. Oleh karena itu, saat ini sedang dirancang sensor pengukur ketinggian air landasan pacu secara *real-time* menggunakan skala milimeter.

Kenyataannya, penggunaan sensor saja masih belum mencukupi. Berbagai tantangan lain perlu diatasi, termasuk tekanan angin, risiko pencurian, dan perlunya memastikan bahwa kerangka tidak menghalangi lajunya pesawat terbang, terutama ketika pesawat terbang tergelincir dari arah 29° di Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang. Dengan demikian, sensor perlu dilindungi oleh kerangka material yang memadai (Nenarokomov dkk., 2016).

Salah satu material yang direkomendasikan adalah Baja ST 37. Baja ST 37 sering digunakan dalam konstruksi baja karena kemampuannya yang sangat baik dalam tujuan struktural, seperti dalam pembuatan rangka baja, struktur bangunan, jembatan, pipa, dan komponen struktural lainnya (Bahirai dkk., 2020). Selain itu, baja ini memiliki biaya yang terjangkau, sifat kemampuan bentuk yang baik, dan kemampuan las yang sangat baik, seperti yang disebutkan oleh Khosrovaninezhad dkk. (2021). Namun, rancangan dari desain pelindung juga menjadi perhatian utama, karena pola desain rangka sensor memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan yang signifikan pada pesawat terbang jika sensor tersebut ditabrak di landasan pacu. Oleh karena itu, penulis mengangkat judul “**Simulasi *Crashworthiness Easiest To Break* Rangka Pelindung Sensor Srifada Dari Baja ST 37**” dalam penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Sebagian besar kecelakaan pesawat di darat terjadi karena landasan pacu yang tergenang air dengan ketinggian melebihi 3 mm. Untuk mengatasi ini, tengah dirancang sensor untuk mengukur ketinggian air secara *real-time*. Sehubungan dengan itu diperlukan rangka yang dapat melindungi sensor dari tekanan angin pesawat, pencurian, dan tidak menjadi hambatan laju pesawat, jika menjadi hambatan bisa menyebabkan kecelakaan pada pesawat terbang dari arah 29° di Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan mempertimbangkan beberapa batasan agar lebih fokus dan rinci, serta tidak menyimpang dari inti masalah yang akan diselesaikan dengan tema judul penelitian ini yaitu “Simulasi *Crashworthiness Easiest To Break* Rangka Pelindung Sensor Srifada Dari Baja ST 37”. Adapun ruang lingkup yang lebih terperinci dalam penelitian ini antara lain:

1. Pembuatan model rangka sensor menggunakan perangkat lunak Solidwork.
2. Melakukan simulasi kerusakan kerangka sensor srifada menggunakan perangkat lunak Ansys LS-Dyna.
3. Kecepatan tabrakan sebesar 260 km/jam.
4. Berat maksimal yang dapat ditahan roda pesawat sebesar 14.322 Kg.
5. Menganalisis kerusakan rangka sensor menggunakan material Baja ST 37.
6. Pengujian ini disimulasikan menggunakan beban impact.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengkaji sifat *crashworthiness easiest to break* Baja ST 37 pelindung sensor srfada di Bandara Sultan Mahmud Baddarudin II melalui beban impak akibat ditabrak pesawat terbang dari arah 29°.
2. Menganalisis variasi rangka sensor yang paling tepat untuk kondisi *easiest to break* menggunakan aplikasi Ansys LS-Dyna.
3. Mengkaji kondisi rangka sensor akibat beban impak.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan antara lain:

1. Sumber literatur dan referensi bagi penelitian yang relevan.
2. Menjadi masukan bagi para praktisi landasan pacu pesawat.
3. Menjadi pertimbangan untuk peneliti dalam mengembangkan sensor ketinggian air tahap selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., & Rama, B. R. (2015). Analisa distribusi tegangan dan defleksi connecting rod sepeda motor 100 cc menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya*, 15(1), 30-39.
- Achmadi, A. (2017). Studi Eksperimen Pengaruh Perlakuan Quenching Dengan Variasi Pendingin Konsentrasi Air Garam Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Pada Baja ST 37. *Simetris*, 11(2), 34-42.
- Amaluddin, F., & Haryoko, A. (2019). Analisa Sensor Suhu Dan Tekanan Udara Terhadap Ketinggian Air Laut Berbasis Mikrokontroler. *Antivirus: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 13(2), 98-104.
- Arief, U. M. (2011). Pengujian sensor ultrasonik ping untuk pengukuran level ketinggian dan volume air. *Jurnal Ilmiah Elektrikal Enjiniring UNHAS*, 9(2), 72-77.
- Astuti, W., & Fauzi, A. (2018). Perancangan Deteksi Banjir Menggunakan Sensor Kapastif Mikrokontroler ATMega328p dan SMS Gateway. *Jurnal Informatika*, 5(2), 255-261.
- Bahirai, M., Gerami, M., & Bahaari Zargar, V. (2020). Postannealing mechanical properties of structural steel St37. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(7), 04020152.
- Budiarso, Z. (2012). Sistem Monitoring Tingkat Ketinggian Air Bendungan Bebas Mikrokontroler.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Cook, R. D., & Suryoatmono, B. (1990). Konsep dan aplikasi metode elemen hingga. ERESKO.
- Darmanto, D., & Alfiansyah, F. A. (2019). Prediksi kegagalan statis pipa saluran uap (vapor line) akibat tekanan kerja. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 7(3), 291-298.
- D. Gransberg, Douglass. (2008) "Impact of Airport Rubber Removal Techniques on Ruway". Aircraft Cooperative Research Program (ACRP) Synthesis 11, Washington D.C.
- Dwiharsanti, M., Jaman, W. S., & Virdhian, S. (2016). Perancangan eksperimen baja karbon rendah hasil proses Pack Carburizing dengan metode eksperimen faktorial. *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, 10(2), 92-97.
- Federal Aviation Administration. (2011) Hydroplaning. <http://www.faa.gov/>

- Gere, J. (2004). *Mechanics of Materials* (6th ed.). Thomson Learning, Inc.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (1997). *Mekanika Bahan* (Terjemahan Bambang Suryoatmono, ed. ke-4). Penerbit Erlangga.
- Google Maps. (2023). Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II, Jalan Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II, Talang Betutu, Kota Palembang, Sumatera Selatan. Google. <https://www.google.com/maps/>
- Haq, R., Budiarto, U., & Mulyatno, I. P. (2019). Analisa Kekuatan Tarik, Tekuk, dan Impak Pengelasan Flux Cored Arc Welding Material Baja St 40 Posisi 3G dengan Variasi Kuat Arus Listrik. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4).
- Hayat, L., & Hardani, D. N. K. (2021). Deteksi Level Ketinggian Air Dengan Nikelin, Encoder dan Sensor Tekanan Untuk Sistem Peringatan Dini Banjir. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 1, 45-49.
- Hendrick, H. (2022). Alat Pengukur Ketinggian Air Pada Landasan Pacu Pesawat Dengan Metode Image Processing. *Elektron: Jurnal Ilmiah*, 74-78.
- Hibbeler, R. C. (2005). *Mechanics of Materials* (14th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Hongas, K., Abyantara, A. N., & Aryasatya, M. (2023). Head Impact Analysis Terhadap Pillar Aluminium Dan Mild Steel St37 Menggunakan LS-Dyna. *Journal of Sustainable Mechanical Engineering*, 1(1), 1-6.
- International Civil Aviation Organization. (2008). *Aviation Occurrence Categories Definitions and Usage Notes Version 4.1.4*. International Civil Aviation Organization. Montreal. Canada.
- International Civil Aviation Organization. (2013). *Safety Report*. International Civil Aviation Organization. Montreal. Canada.
- Jiang, B., & Wang, H. (2023). An integrated analytical model for friction characteristics of aircraft tire on wet runway pavement. *Tribology International*, 185, 108501.
- Khosrovaninezhad, H., Shamanian, M., Rezaeian, A., Kangazian, J., Nezakat, M., & Szpunar, J. A. (2021). Insight into the effect of weld pitch on the microstructure-properties relationships of St 37/AISI 316 steels dissimilar welds processed by friction stir welding. *Materials Characterization*, 177, 111188.
- KNKT. (2016). *Data Kecelakaan Transportasi Udara tahun 2007 – 2016*. Komite Nasional keselamatan Transportasi. Indonesia. Tidak Dipublikasikan.
- Lutfi, M. (2017). Analisis Pengaruh Faktor Iklim Setempat (klimatologi) terhadap Pengembangan Landasan Pacu (Runway) Pada Bandar Udara. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, 1(2), 69-75.
- Nenarokomov, A. V., Alifanov, O. M., Budnik, S. A., & Netelev, A. V. (2016). Research and development of heat flux sensor for ablative thermal protection of spacecrafts. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 97, 990-1000.

- Ngiu, R. C., & Rohandi, M. (2020). Rancang bangun sistem pemantauan kondisi air. *Jambura Journal of Informatics*, 2(1), 31-40.
- Pakan, W. (2014). Faktor Penyebab Kecelakaan Penerbangan Di Landas Pacu. *Warta Penelitian Perhubungan*, 26(3), 169-176.
- Pasaribu, A., & Solichin, A. (2017). Pengembangan Aplikasi Knowledge Management System Helicopter Landing Officer Pada PT Pacific Aviation Indonesia. *Jurnal Resti (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 1(3), 232-238.
- Prasetyo, B., Rohman, T., Solihin, S., Sundoro, S., & Kalbuana, N. (2021). Sosialisasi Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP). *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM) Langit Biru*, 2, 31-38.
- Pratomo, A. N. (2021) Perangkat Lunak LS-DYNA dan LS-PrePost untuk Analisis Daya Gempur. Dr. Arief Nur Pratomo.
- Prayogo, J. (2015). *Pemodelan Konstruksi Portal Rangka Baja Berbasis Finite Element Method (FEM)*. Makassar: Universitas Hasanudin.
- Purwantoro, R. C. M. S. A., & Idris, S. T. A. M. (2022). Dampak Penumpukan Rubber Deposit di Runway Terhadap Keselamatan Penerbangan di Bandar Udara Internasional Halim Perdanakusuma Jakarta. *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(2).
- Putra, S. K. (2023). Pentingnya Pengawasan Di Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Bandar Udara Halim Perdana Kusuma-Jakarta. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 4(1), 142-156.
- Rosolem, J. B., Dini, D. C., Penze, R. S., Floridia, C., Leonardi, A. A., Loichate, M. D., & Durelli, A. S. (2013). Fiber optic bending sensor for water level monitoring: Development and field test: A review. *IEEE Sensors Journal*, 13(11), 4113-4120.
- Safitri, K. S. N. (2022). Analisis Kelayakan Fasilitas Unit Pertolongan Kecelakaan Penerbangan Dan Pemadam Kebakaran (Pkp-Pk) Di Bandar Udara Dewandaru Karimunjawa. *Jurnal Publikasi Manajemen Informatika*, 1(3), 95-101.
- Saputra, A. D. (2017). Studi Analisis Penyebab Runway Excursion di Indonesia Berdasarkan Data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) Tahun 2007-2016. *Warta Ardhia*, 43(2), 93-104.
- Saputri, P. D., & Ginusti, G. N. (2022). Analisis Proses Rubber Deposit Removal Pada Runway Bandar Udara Fatmawati Soekarno Bengkulu Terhadap Keselamatan Penerbangan. *Jurnal Penelitian*, 7(1), 12-23.
- Shahrial, Y. R., Hendarti, L., & Ratih, S. Y. (2022). Pengaruh Pembersihan Rubber Deposit Terhadap Nilai Uji Kekesatan Pada Landas Pacu. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 6(1), 46-58.
- Sumarudin, A., Yani, M., Putra, W. P., Amri, F., & Paskal, P. (2017, July). Sistem pemantauan dan peringatan dini potensi banjir sungai cimanuk

- berbasis internet of things (iot). In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 8, pp. 639-646).
- Statistik, B. P. (2023). *Badan pusat statistik. Badan Pusat Statistik.*
- Sun, W., Lv, K., Lou, Y., Zeng, D., & Lin, X. (2022). Highly durable superhydrophobic surfaces based on a protective frame and crosslinked PDMS-candle soot coatings. *Materials Research Express*, 9(9), 096401.
- Supardam, D., Fitrianti, R., & Yulia, S. N. (2020). Dampak Kurangnya Informasi mengenai Kondisi Runway setelah Hujan terhadap Keselamatan Penerbangan. *AIRMAN: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi*, 3(1), 30-34.
- Susanti, S., & Wahyuningsih, L. (2013). Faktor-Faktor Penyebab Tingginya Tingkat Kecelakaan Pesawat Udara di Pulau Papua. *Warta Ardhia*, 39(3), 230-243.
- Sutrisno, E. D. (2017). Penampakan Pesawat Sriwijaya Air yang Tergelincir di Manokwari. *detiknews*. <https://news.detik.com/>
- Utami, A. H. D. (2012). *Analisis Pengembangan Runway Dan Fasilitas Alat Bantu Pendaratan Di Bandar Udara Depati Amir Bangka. Skripsi. Jurusan Teknik Penerbangan Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta.*
- Wahyu, M., & Irwan, A. (2020). Analisa Uji Impak Baja Carbon Steel 1045 Dengan Menggunakan Metode Charpy. *Jurnal Simetri Rekayasa Vol*, 2(01).
- Waluyo, C. B., Lopi, S. W., & Basukesti, A. (2018). Rancang Bangun Prototipe Pemantau Ketinggian Air Di Runway Pesawat Terbang Berbasis Nirkabel. *Teknomatika*, 11(1), 41-47.
- Wardoyo, J. T. (2005). Metode peningkatan tegangan tarik dan kekerasan pada baja karbon rendah melalui baja fasa ganda. *Teknoin*, 10(3).
- Wibawa, L. A. N. (2019). Pengaruh Kecepatan Landing Vertikal Terhadap Ketahanan Beban Impak Rangka Landing Gear Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Angkasa*, 11(1), 35-42.
- Winaya, I. B. G., & ALW, L. T. (2016). Pengaturan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan: Studi Tentang Pelaksanaan Kewenangan Pemerintah Daerah Dalam Mengendalikan Pembangunan Dan Benda Tumbuh Di Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Bandar Udara Ahmad Yani Semarang. *Law Reform*, 12(1), 17-46.
- Wriggers, P. (2008). *Nonlinear finite element methods. Springer Science & Business Media.*
- Wuwung, V., Anggreyni, N., Hitoyo, V. M., & Bintoro, C. (2017). Justifikasi Cfd Kedalaman Groove Ban Pada Proses Perawatan Harian Pesawat B737-800 Akibat Hydroplaning (B737-800 Tire Groove Depth Cfd Justification On Its Daily Maintenance Process Due To Hydroplaning). *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 15(1), 29-44.