

## Perkiraan Akumulasi *Rubber deposit* Berdasarkan Variasi dan Frekuensi Pergerakan Pesawat di Bandara Internasional Juanda

Akhmad Dharma Arianto<sup>1</sup>, Ervina Ahyudanari<sup>1\*</sup>

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya<sup>1</sup>

Koresponden\*, Email: [ervina@ce.its.ac.id](mailto:ervina@ce.its.ac.id)

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	6 Agustus 2018	<i>Aircraft operating at Juanda International Airport are varied, which affects the location of rubber deposit buildup. This study aims to estimate the effect of the number of aircraft movements on rubber deposit buildup associated with the frequency of rubber deposit cleaning. The cleaning of rubber stacks will cause side effects from grinding the surface layer. The rubber cleaning history of the wheel is used to compare whether the cleaning frequency is in accordance with the estimated thickness of the rubber buildup from the calculation results. Validation is using data skid resistance (Mu-meter) carried out in the field. From the depth of the texture of the runway surface, the level of suitability between the movement of the plane and the thickness of the rubber buildup is measured. The results of this study indicate that within 1 month has reached thickness which can affect flight operations. This thickening location is about <math>\pm 3</math> meters from the runway centerline with a buildup thickness of 2.7 mm from runway 10. With a stacking length of 1.6 km and a stacking width of 31 cm.</i>
Diperbaiki	10 Januari 2019	
Disetujui	15 Januari 2019	

*Keywords: rubber deposit, runway, aircraft.*

**Abstrak**  
Pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Internasional Juanda bervariasi. Hal ini mempengaruhi lokasi *rubber deposit*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara jumlah pergerakan pesawat terhadap akumulasi *rubber deposit* yang dikaitkan dengan frekuensi pembersihan *rubber deposit*. Tujuan penelitian ini perlu dicapai mengingat pembersihan tumpukan karet akan menimbulkan efek samping dari penggerusan lapisan permukaan. Histori pembersihan tumpukan karet roda tersebut digunakan untuk membandingkan apakah frekuensi pembersihan sudah sesuai dengan perkiraan tebal penumpukan karet dari hasil perhitungan. Validasi perhitungan adalah dengan menggunakan data skid resistance (Mu-meter) yang dilakukan dilapangan. Dari kedalaman tekstur permukaan *runway*, diukur tingkat kesesuaian antara pergerakan pesawat dengan tebal penumpukan karet. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam 1 bulan sudah mencapai ketebalan yang dapat mempengaruhi operasional penerbangan. Lokasi penebalan ini yaitu pada sekitar  $\pm 3$  meter dari garis tengah *runway* dengan tebal penumpukan 2,7 mm dari *runway* 10. Dengan panjang penumpukan 1,6 km dan lebar penumpukan 31 cm.

**Kata kunci:** *rubber deposit, runway, pesawat*

### 1. Pendahuluan

Kondisi landas pacu (*runway*) harus memenuhi persyaratan berkaitan dengan keselamatan penerbangan. Persyaratan tersebut adalah bersih dari segala macam obyek yang membahayakan proses pergerakan pesawat di landasan pacu seperti debu, kerikil atau benda – benda kecil lainnya. Pada umumnya suatu *runway* perlu dilakukan perawatan secara berkala untuk membersihkan partikel-partikel yang membahayakan suatu penerbangan seperti debu, kerikil dan sisa karet yang diakibatkan oleh roda pesawat. Sisa karet pesawat itu biasanya lebih banyak tertinggal di *runway* pada saat landing dimana pada penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pada satu kali penerbangan menyisakan rata-rata 700 gram karet roda pesawat yang menempel di *runway*[1]. Akibatnya penumpukan karet (*Rubber deposit*) ini mengisi

mikro dan makro tekstur permukaan perkerasan yang mengakibatkan berkurangnya *skid resistance* permukaan perkerasan *runway*. Sehingga meningkatkan resiko terjadinya bahaya slip pada saat pesawat landing diatas permukaan *runway*.

Penelitian sebelumnya dilakukan *Sand Patch Test* untuk mengecek kondisi kekesatan (*skid resistance*) permukaan *runway* dimana hasil *Sand Patch Test* penelitian tersebut didapatkan bahwa kedalaman makrostruktur pada *runway* rata-rata  $< 1,5$  m[2].

Selain itu jenis tipe pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Internasional Juanda adalah bervariasi. Variasi tipe pesawat ini berpengaruh pada lokasi penumpukan *rubber deposit*.

Pembersihan *rubber deposit* di Bandar Udara Internasional Juanda sudah dilakukan secara berkala setiap dua bulan sekali dengan menggunakan cairan pembersih kimia. Periode pembersihan *rubber deposit* yang menggunakan pembersih kimia ini dapat berdampak pada kerusakan permukaan landasan. Kerusakan ini menimbulkan masalah baru yaitu berkurangnya ikatan aspal akibat pengaruh cairan kimia untuk pembersihan *rubber deposit*[1].

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, pada studi ini dilakukan analisis penumpukan *rubber deposit* pada *runway* Bandara Internasional Juanda. Penelitian ini penting untuk mengetahui pola jejak roda dan panjang pendaratan pesawat yang bervariasi pada saat landing, penumpukan *rubber deposit* dalam satu hari, satu minggu, satu bulan apabila pergerakan pesawat mengikuti jadwal yang ada dan mengetahui apakah periode pembersihan *rubber deposit* setiap dua bulan sekali tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

## 2. Metode

Metode penelitian ini dibagi menjadi empat sesuai dengan 4 permasalahan yang ada yaitu permasalahan pola jejak roda, permasalahan panjang pendaratan, permasalahan penumpukan *rubber deposit* dan permasalahan nilai analisis dengan data MU-meter.

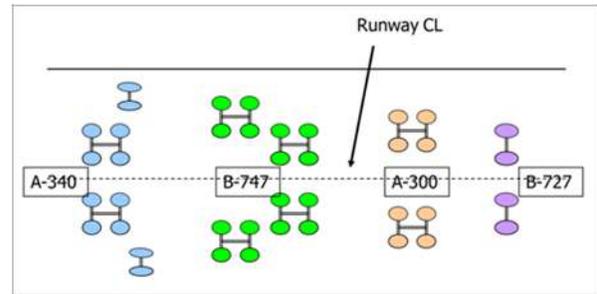
### 2.1 Analisis plotting jejak roda pesawat.

Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi pola jejak roda pesawat pada saat landing, karena pola jejak pesawat dapat kita perkirakan bahwa jejak pesawat itu tersebut dapat diperkirakan area *rubber deposit*. Konfigurasi roda pesawat mempengaruhi penyaluran beban pesawat udara ke permukaan. Konfigurasi roda terdiri dari: roda tunggal (*single wheel*), roda tandem (*dual wheel*), roda tandem ganda (*dual tandem*) dan *complex configuration* (*double dual tandem*) Jejak roda pesawat ini yang digunakan pada penelitian ini adalah jejak roda pesawat pada saat mendarat (*landing*). Hal ini dikarenakan pada saat pesawat mendarat berat pesawat banyak tertumpu pada roda utama (*maingear*). Analisis ini tergantung pada lebar bagian roda yang menyentuh permukaan landasan. Contoh letak posisi roda pesawat pada *runway* dapat dilihat pada **Gambar 1**.

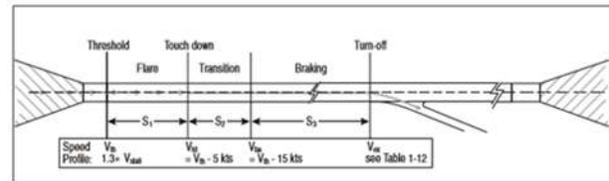
### 2.2 Analisis *landing distance* pesawat.

Metode tiga segmen (*three segment method*) memungkinkan penentuan persyaratan jarak segmen dari ambang pendaratan (*landing threshold*) ke titik pengurangan kecepatan (*turn-off point*) berdasarkan operasi individu pesawat

terbang dan pengaruh spesifik parameter yang terlibat. Metode tiga segmen ini membagi tiga bagian kondisi pesawat pada saat mendarat. Bagian – bagian dari metode tiga segmen itu adalah,  $S_1$  adalah jarak yang dibutuhkan dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai roda utama pesawat menyentuh landasan pacu (*maingear touchdown*).  $S_2$  adalah jarak yang dibutuhkan untuk transisi dari deret *maingear* untuk membangun konfigurasi pengereman yang stabil.  $S_3$  adalah jarak yang dibutuhkan untuk deselerasi pada mode pengereman normal sampai kecepatan *turn-off*. Pesawat mulai melakukan pengurangan kecepatan pada saat posisi *maingear* yang sudah stabil sampai kecepatan pesawat cuma 20 knot atau kecepatan pesawat yang diperbolehkan untuk masuk ke dalam *exitway*. Gambaran metode tiga segmen ini dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 1.** Contoh letak posisi roda pesawat pada *runway* pada *centerline* (tidak berskala) [3]



**Gambar 2.** Metode Tiga Segmen (*Three Segment Method*) [4]

Untuk tujuan desain exit taxiway, pesawat diasumsikan melewati ambang batas (*threshold*) rata-rata 1,3 kali *stall speed* ( $V_{stall}$ ) pada *landing* dengan massa pendaratan kotor (*gross landing mass*) rata-rata sekitar 85% dari jumlah maksimum.

Profil Kecepatan:

$V_{th}$  = Ambang kecepatan berdasarkan 1,3 kali kecepatan krios diasumsikan mendarat massa sama dengan 85% dari pendaratan maksimum massa. Kecepatan dikoreksi untuk elevasi dan suhu referensi bandara.

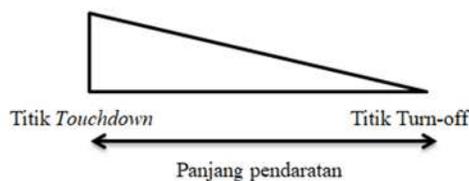
$V_{td}$  = Dianggap sebagai ( $V_{th} - 5$  knot) (konservatif). Peluruhan kecepatan dianggap representatif untuk sebagian besar jenis pesawat terbang.

$V_{ba}$  = diasumsikan kecepatan aplikasi rem/ atau aplikasi dorong terbalik ( $V_{th} - 15$  knot)

$V_{ex}$  = angka nominal turn-off (kode angka 3 atau 4: 30 knot), (kode angka 1 atau 2: 15 knot)

### 2.3. Analisis distribusi *rubber deposit* per landing.

Analisis ini dilakukan untuk menganalisis distribusi ketebalan *rubber deposit* sesuai dengan tipe dan variasi pesawat yang berada atau beroperasi di bandara Juanda. Pada **Gambar 3**, menunjukkan gambar segitiga perubahan kecepatan pada saat *touchdown* sampai ke titik *turn-off* atau kecepatan pesawat yang diperbolehkan masuk ke *exit taxiway*. Ilustrasi segitiga dibuat dengan asumsi bahwa penumpukan *rubber deposit* terbesar adalah pada saat *touchdown* yang kemudian berkurang sesuai dengan penurunan kecepatan pesawat tersebut. Dari ilustrasi tersebut dapat disimpulkan bahwa pada titik *touchdown*, *rubber deposit* terbanyak terdapat pada titik *touchdown*. Untuk mencari tinggi/tebal *rubber deposit* pada titik *touchdown* digunakan rumusan segitiga.



**Gambar 3.** Ilustrasi pengurangan tebal *rubber deposit* sepanjang panjang pendaratan [5]

Hasil dari analisis tersebut selanjutnya adalah mendistribusikan pergerakan pesawat berdasarkan pergerakan pesawat pada *Runway 10 & Runway 28*. Pergerakan pada masing-masing ujung *runway* tersebut tergantung pada arah angin dominan di lokasi Bandar Udara Juanda. Tabel 1 merupakan data distribusi pergerakan pesawat pada kedua ujung *runway*.

Hasil dari analisis tersebut dibuat simulasi penumpukan *rubber deposit* yang dilakukan dalam satu hari, satu minggu, dan satu bulan.

**Tabel 1.** Tabel Data Distribusi Pergerakan Pesawat Pada Kedua Ujung *Runway* [4]

Tahun	R10	R28	Total	Presentase	
				R10	R28
2005	66,640	14,547	81,007	82%	18%
2006	75,055	15,150	90,205	83%	17%
2007	70,339	14,875	85,214	83%	17%
Rata-rata presentase pergerakan pesawat				83%	17%

### 2.4 Validasi hasil Analisis dengan data Mu-Meter

Mu-meter adalah alat yang digunakan untuk menentukan kekesatan permukaan perkerasan, dalam satuan MuN, dan pada saat pengujian harus ditarik dengan kendaraan penarik yang dilengkapi tangki air. Alat Mu-meter ini mencatat grafik kekesatan yang menerus untuk seluruh panjang permukaan yang diuji, dan pada segmen tertentu mungkin diperoleh grafik yang merata. Kekesatan ditentukan berdasarkan analisis data dari rekaman yang ada pada kertas grafik dalam kotak pencatat, dan dilaporkan sebagai nilai Mu-Number (MuN)-[6].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Analisis plotting jejak roda pesawat

Analisis plotting jejak roda pesawat ini bertujuan untuk menganalisis area jejak roda pesawat yang beroperasi di Bandara Udara Internasional Juanda Surabaya. Plotting jejak roda dilakukan untuk menentukan area roda pesawat dimana diperkirakan bahwa *rubber deposit* tertinggal paling banyak di area tersebut pada saat landing.

Tahap pertama dalam plotting jejak roda ini adalah mengidentifikasi konfigurasi roda pesawat untuk setiap jenis pesawat yang melakukan pergerakan roda pesawat di Bandara Udara Internasional Juanda. Tahap kedua adalah data lebar roda pesawat setiap pesawat yang melakukan pergerakan di Bandara Udara Internasional Juanda. Tahap ketiga adalah dilakukan penggambaran posisi jejak roda tiap tipe pesawat yang beroperasi di Bandara Udara Internasional Juanda Surabaya. Tujuan penggambaran ini dilakukan untuk mengetahui area jejak roda yang mengalami overlap sehingga kita dapat memperkirakan area yang tertumpuknya *rubber deposit* yang paling banyak. Hasil dari pengidentifikasian dapat dilihat pada **Gambar 4**.

### 3.2 Analisis *landing distance* pesawat

Analisis *landing distance* pesawat ini dilakukan untuk mengukur panjang pendaratan pesawat pada *runway* dari ujung ambang pendaratan pesawat sampai *touchdown* kemudian dari *touchdown* sampai titik *turn-off*. Pada pengidentifikasian panjang pendaratan ini dilakukan dengan metode tiga segmen yang dimana metode tiga segmen itu digambarkan pada **Gambar 2**.

Tahap pertama pada metode tiga segmen tersebut adalah mencari nilai ( $S_1$ ). Nilai ( $S_1$ ) didapatkan dengan cara menentukan kategori pesawat yang melakukan pergerakan ditambahkan koreksi kemiringan dan koreksi *tailwind*. Tahap kedua adalah mencari nilai ( $S_2$ ). Nilai ( $S_2$ ) didapatkan dengan cara  $S_2 = 5 \times (V_{th} - 10)$ . Dimana  $V_{th}$  adalah ambang kecepatan 1,3 kali kecepatan stall. Tahap ketiga adalah mencari nilai ( $S_3$ ). Nilai ( $S_3$ ) didapatkan dengan cara  $S_3 = \frac{(V_{th} - 15)^2 - V_{ex}^2}{8a}$  Dimana  $V_{th}$  adalah ambang kecepatan 1,3 kali kecepatan *stall* dan  $V_{ex}$  adalah angka

nominal *turn-off*. Tahap keempat adalah menentukan panjang pendaratan. Panjang pendaratan didapatkan dari total panjang ( $S_2 + S_3$ ) untuk setiap tipe pesawat.

Tahap kedua pada analisis ini adalah mencari tinggi/tebal *rubber deposit* pada titik *touchdown*. Tahap ketiga adalah mendistribusikan pergerakan pesawat berdasarkan pergerakan pesawat pada *Runway 10 & Runway 28*. Tahap keempat pada analisis ini adalah mendistribusikan pergerakan pesawat pada *Runway 10 & Runway 28* tiap 1 hari, 1 minggu dan 1 bulan.

#### 3.4. Analisis perbandingan Mu-Meter dengan hasil analisis

Pengecekan ini dilakukan untuk membandingkan hasil data perhitungan dengan data Mu-meter apakah hasil perhitungan ini sesuai dengan data Mu-meter. yang dapat dilihat di **Gambar 9**.

Pada **Gambar 9** dapat dilihat bahwa garis hitam merupakan batasan roda pesawat Boeing 737-300 menyentuh *runway*. Jarak dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai *maingear touchdown* ( $S_1$ ) untuk pesawat Boeing 737-300 adalah 450 meter. Jarak yang transisi dari deret *maingear* ( $S_2$ ) pesawat Boeing 737-300 adalah 610 meter. Dan jarak untuk deselerasi pesawat Boeing 737-300 pada sampai kecepatan *turn-off* ( $S_3$ ) adalah 1107,42 meter.

Panjang pendaratan pesawat Boeing 737-300 adalah jarak pesawat pada saat *touchdown* sampai kecepatan *turn-off* adalah total jarak  $S_2$  dan  $S_3$ . Jadi panjang pendaratan Boeing 737-300 adalah 1717,42 meter.

#### 4. Simpulan

Penelitian ini merupakan studi analisis perkiraan penumpukan *rubber deposit* berdasarkan variasi dan frekuensi pesawat di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

Dari data sekunder pergerakan take-off dan landing pesawat pada *runway*, didapatkan berbagai tipe-tipe pesawat di Bandar Udara Internasional Juanda. Perbedaan tipe pesawat ini menentukan posisi pola roda pesawat pada saat mendarat. Dimana posisi jejak roda pesawat Boeing 737-300, Boeing 737-500, Boeing 737-800 dan Boeing 737-900 terletak di sekitar  $\pm 3$  meter dari garis tengah *runway*. Sedangkan posisi roda pesawat Airbus A320, Airbus A330-200 dan Airbus A330-300 terletak di sekitar  $\pm 6$  meter dari garis tengah *runway*.

Panjang pendaratan pesawat yang didapatkan dalam metode tiga segmen adalah jumlah total dari segmen 2 dan segmen 3. Segmen 2 adalah area roda mulai menyentuh permukaan *runway* sedangkan segmen 3 adalah area pengurangan kecepatan pesawat.

Tebal *overlap* yang terjadi setiap pergerakan pesawat selama 1 hari, 1 minggu dan 1 bulan pada tahun 2015 dan 2016,

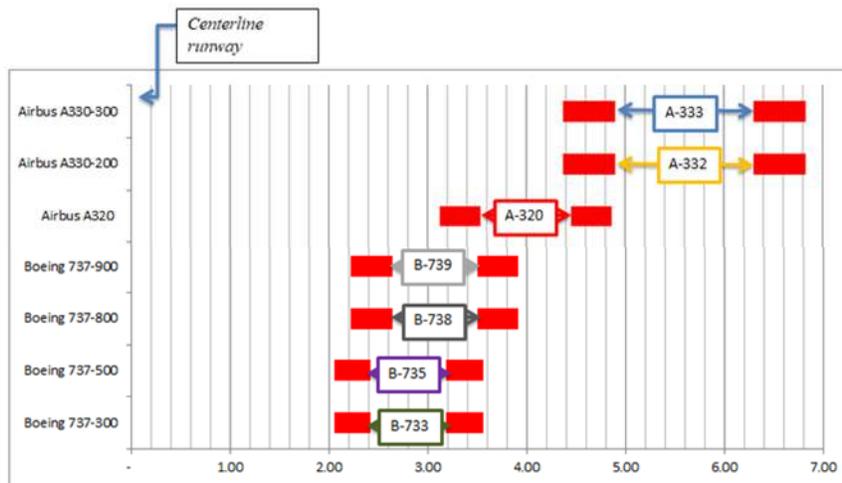
adalah bervariasi tergantung pada jarak dari garis tengah *runway*.

#### Daftar Pustaka

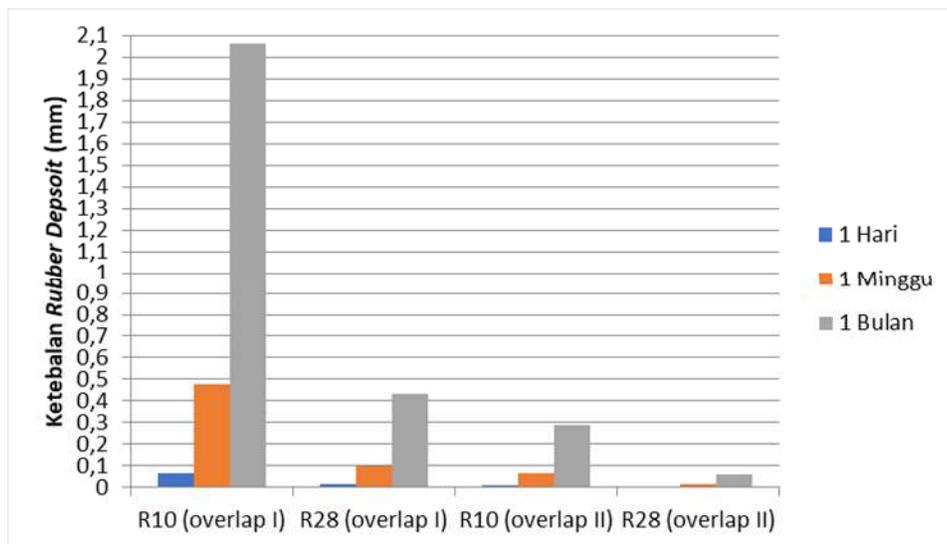
- [1] Douglass D. Gransberg, "Impact of Airport Rubber Removal Techniques on Runway". Aircraft Cooperative Research Program (ACRP) Synthesis 11, Washington D.C, 2018.
- [2] R. Haryo Triharso Seno, dan E. Ahyudanari, "Evaluasi Kekuatan Perkerasan Sisi Udara (Runway, Taxiway, Apron) Bandara Juanda Dengan Metode Perbandingan ACN-PCN", *Jurnal Teknik*, vol. 4 no.1 2015, <http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v4i1.8736>
- [3] Ervina Ahyudanari, "Identification and Modeling the Effect of Jet Engine Exhaust on Pavement Deterioration", PhD Thesis, Universiti Teknologi Petronas, 2014.
- [4] ICAO Doc 9157, "Aerodrome Design Manual – Part 2: Taxiways, Aprons and Holding Bays", 2005.
- [5] Akhmad Dharma Arianto, "Analisis Perkiraan Penumpukan Rubber deposit Berdasarkan Variasi Dan Frekuensi Pesawat (Studi Kasus di Bandar Udara Internasional Juanda)", Master Thesis, Program Magister Rekayasa Transportasi, Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2018
- [6] SNI 6478:2008 "Cara uji kekesatan pada permukaan perkerasan menggunakan alat Mu-meter", <http://pip2bdy.com/nspm/SNI%206748-2008.pdf>

**Tabel 2.** Tabel Perhitungan Area Jejak Roda Pesawat [5]

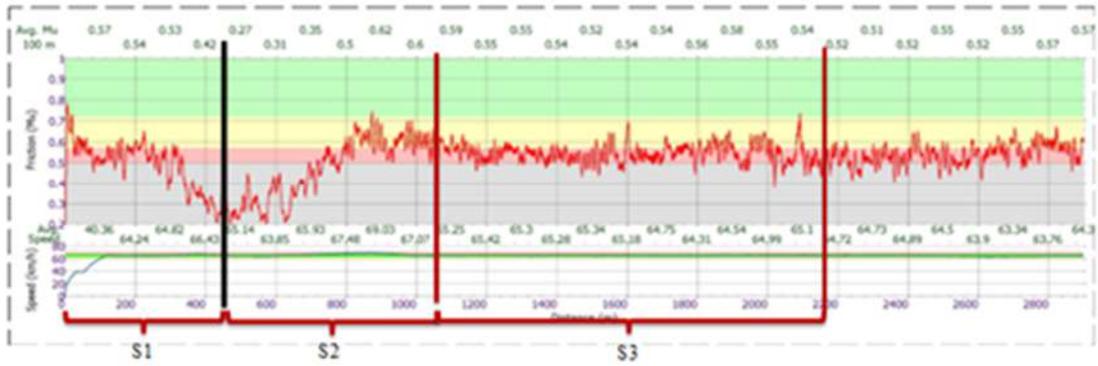
Type Pesawat	Konfigurasi Roda	Group	Perlambatan (a) (knot)	Vth	Vtd=Vth-5(knot)	Vba=Vth-15(knot)	Vex	S1 (m)	S2 (m)	S3 (m)	Panjang Landing (S2+S3)
B 737-300	Dual wheel	C	1.5	132	127	117	20	450	610	1107	1717
B 737-500	Dual wheel	C	1.5	128	123	113	20	450	590	1031	1621
B 737-800	Dual wheel	D	1.5	147	142	132	20	450	685	1419	2104
B 737-900	Dual wheel	D	1.5	150	145	135	20	450	700	1485	2185
A 320	Dual wheel	C	1.5	137	132	122	20	450	635	1207	1842
A 330-200	Dual tandem	C	1.5	140	135	125	20	450	650	1269	1919
A 330-300	Dual tandem	C	1.5	140	135	125	20	450	650	1269	1919



**Gambar 4.** Gambaran Posisi Roda Pendaratan Pesawat Pada Runway Dari Titik Tengah Runway [5]



**Gambar 5.** Grafik total rubber deposit yang tertinggal di kedua ujung runway pada tahun 2015 [5]



**Gambar 6.** Panjang Pendaratan Pesawat Boeing 737-300 Pada Data Mu-Meter 10-28 untuk 3 meter dari kanan centerline [5]