

Evaluasi Tebal Perkerasan Landasan Pacu Bandar Udara Silangit-Tapanuli Utara dengan Metode FAA

by I Wayan Agus Priyana Sudharma

Submission date: 26-Dec-2024 01:49AM (UTC-0800)

Submission ID: 2558161666

File name: Evaluasi_Tebal_Perkerasan_Landasan_Pacu_Bandar_Udara_Silangit-Tapanuli_Utara_dengan_Metode_FAA_-_Turnitin.pdf (1.06M)

Word count: 2406

Character count: 14391

Evaluasi Tebal Perkerasan Landasan Pacu Bandar Udara Silangit-Tapanuli Utara dengan Metode *Federal Aviation Administration* (FAA)

Abstrak

Perkembangan transportasi udara di Indonesia mengalami peningkatan yang pesat. Hal ini mendorong kebutuhan akan prasarana bandar udara (bandara) yang memadai, termasuk landasan pacu (*runway*). Perencanaan perkerasan *runway* yang tepat sangatlah penting untuk memastikan keamanan dan kelancaran operasional penerbangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan perkerasan *runway* Bandar Udara Silangit dengan menggunakan metode *Federal Aviation Administration* (FAA). Metode FAA merupakan metode yang umum digunakan dalam perencanaan perkerasan *runway* di Indonesia. Metode ini mempertimbangkan berbagai faktor seperti jenis pesawat, beban pesawat, kondisi tanah, dan iklim. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketebalan perkerasan *runway* Bandar Udara Silangit yang direkomendasikan adalah 70 cm. Penelitian ini juga menemukan bahwa pihak perencana bandar udara telah memperhitungkan kelebihan 15 cm dari hasil perhitungan FAA. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi pengembangan Bandar Udara Silangit di masa depan.

Kata Kunci: Beban pesawat, Desain landasan pacu, Perpanjangan landasan pacu.

Abstract

The rapid growth of air transportation in Indonesia has led to the increasing demand for adequate airport infrastructure, including runways. Proper runway pavement design is crucial for ensuring the safety and smooth operation of air traffic. This study aims to analyze the runway pavement design at Silangit Airport using the Federal Aviation Administration (FAA) method. The FAA method is a widely used approach for runway pavement design in Indonesia, considering various factors such as aircraft type, aircraft load, soil conditions, and climate. The analysis results indicate that the recommended thickness for the Silangit Airport runway pavement is 70 cm. Furthermore, the study reveals that the airport planners have incorporated an additional 15 cm to the FAA's recommended thickness to anticipate future expansion of Silangit Airport.

Keywords: Aircraft load, Runway design, Runway extension.

1. Pendahuluan

Pembangunan Bandar Udara (Bandara) Silangit telah berdampak positif bagi sektor pariwisata dengan meningkatkan kualitas fasilitas bandara, infrastruktur, dan kegiatan promosi, yang telah diterima dengan baik oleh wisatawan dan penduduk setempat (Taruna, 2017). Infrastruktur bandara, termasuk manajemen landasan pacu sangat penting untuk menjaga efisiensi dan keselamatan operasional sebuah bandara (de Moura dkk., 2021).

Penelitian ini mengevaluasi ketebalan perpanjangan perkerasan *runway* Bandara

Silangit-Tapanuli Utara dengan menerapkan metode *Federal Aviation Administration* (FAA). Metode FAA diakui secara luas sebagai pendekatan yang diterima untuk merancang dan mengevaluasi perkerasan *runway* bandara (S dkk., 2016). Hal ini dibuktikan melalui tinjauan literatur yang menunjukkan penerapan metode FAA di berbagai bandara di Indonesia. Sebagai contoh, penelitian di Bandara Internasional Minangkabau menggunakan metode FAA untuk merencanakan ketebalan perkerasan, menghasilkan ketebalan landasan pacu 141,28 cm untuk

mengakomodasi tingkat pertumbuhan 4-10% dalam pergerakan penumpang dan pesawat (Suryan dkk., 2023). Selain itu, evaluasi di Bandara Pattimura membandingkan metode FAA dan perangkat lunak FAARFIELD. Hasil dari penelitian tersebut ditemukan bahwa kedua metode menyarankan ketebalan perkerasan yang lebih besar daripada kondisi saat ini, di mana diperlukan perencanaan ulang untuk memenuhi kebutuhan masa depan (Lewa dkk., 2021). Studi Bandara Internasional Supadio juga menggunakan metode FAA untuk merancang ketebalan perkerasan kaku, mengingat kondisi tanah asli yang buruk dan kebutuhan tanggul besar untuk mencapai nilai CBR yang diperlukan (Deni dkk., 2023).

Penerapan metode FAA juga ditunjukkan dalam penelitian di Bandara Zainuddin Abdul Madjid, di mana metode ini digunakan untuk merancang ekstensi landasan pacu dan menghitung nilai *Pavement Classification Number* (PCN) dengan perangkat lunak COMFAA. Hal ini memastikan perkerasan *runway* dapat mendukung pesawat yang lebih besar seperti B777-300ER (Fatikasari dkk., 2022). Pentingnya evaluasi berkelanjutan kondisi perkerasan *runway* bandara menggunakan metode FAA ditekankan oleh kebutuhan untuk menilai daya dukung beban melalui nilai PCN. Hal ini seperti yang disorot dalam tinjauan metodologi untuk menentukan PCN menggunakan perangkat *Falling Weight Deflectometer* (FWD) atau *Heavy Weight Deflectometer* (HWD) (Sun dkk., 2023). Santoso dkk. (2017) melakukan perbandingan desain perkerasan lentur pada *runway* Bandara Internasional Ahmad Yani di Semarang. Studi ini menemukan bahwa metode FAA lebih efektif untuk perencanaan landasan pacu di Indonesia dengan ketebalan perkerasan total 127 cm dibandingkan metode *Load Classification Number* (LCN) yang memiliki ketebalan 70 cm. Meskipun perkerasan FAA lebih tebal, relevansinya terhadap kondisi yang berkelanjutan menjadi aspek penting yang perlu dipertimbangkan. Studi-studi ini secara kolektif menunjukkan ketahanan dan

penerapan metode FAA dalam memastikan integritas struktural dan umur perkerasan *runway* bandara di bawah tuntutan lalu lintas udara yang terus meningkat.

2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bandar Udara Silangit, yang terletak di Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Bandar Udara Silangit berada pada koordinat geografis 2°15'45.01" LU dan 98°59'15.16" BT (Gambar 1). Bandar Udara Silangit berfungsi sebagai hub transportasi udara utama di Tapanuli Utara, mendukung kegiatan ekonomi, pariwisata, dan mobilitas masyarakat lokal serta internasional. Fasilitas di bandara ini mencakup landasan pacu, terminal penumpang, dan berbagai fasilitas pendukung lainnya yang memastikan operasional penerbangan yang aman dan efisien. Lingkungan sekitar Bandar Udara Silangit didominasi oleh wilayah pedesaan dan pegunungan, serta berdekatan dengan Danau Toba, salah satu destinasi wisata utama di Sumatera Utara. Keadaan geografis ini menambah tantangan tersendiri dalam perencanaan dan pemeliharaan infrastruktur bandara (Angkasa Pura II, 2020).

2.2. Metode *Federal Aviation Administration* (FAA)

Perencanaan perkerasan dalam penelitian ini menggunakan metode dari FAA (*Federal Aviation Administration*, 2021). Metode ini didasarkan pada analisis statistik yang mempertimbangkan kondisi lokal tanah, sistem drainase, dan cara pembebanan untuk berbagai tingkatan beban. Topografi, jenis lapisan tanah, dan evaluasi air tanah sangat mempengaruhi kondisi lapangan. Selain itu, dalam merencanakan tebal perkerasan landasan pacu bandara, metode ini juga sangat memperhatikan tingkat keberangkatan tahunan pesawat (*annual departure*) yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan.



Gambar 1. Lokasi penelitian.

2.2.1. ³ Beban Roda Pendaratan Utama (W_2)

Beban Roda Pendaratan Utama (W_2) adalah parameter penting dalam perencanaan perkerasan landasan pacu bandara, yang mengacu pada beban yang diterima oleh roda utama pesawat saat mendarat. Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban roda pendaratan utama (W_2) adalah:

$$W_2 = P \times MSTOW \times \frac{1}{A} \times \frac{1}{B} \quad (1)$$

dengan P adalah persentase beban yang diterima roda pendaratan utama, $MSTOW$ adalah **Maximum Structural Take-Off Weight** atau **berat kotor pesawat saat lepas landas**, A adalah jumlah konfigurasi roda, dan B adalah jumlah roda per satu konfigurasi.

Tipe roda pendaratan utama memainkan peran krusial dalam perhitungan tebal perkerasan. Hal ini dikarenakan roda-roda ini mendistribusikan beban pesawat ke

perkerasan. Oleh karena itu, pemilihan roda pendaratan utama yang tepat sangatlah penting untuk memastikan ketahanan dan keamanan landasan pacu.

2.2.2. Keberangkatan Tahunan Ekuivalen (R_1)

⁶ Dalam perhitungan **Equivalent Annual Departure (R_1)** untuk pesawat berbadan lebar dengan roda pendaratan utama tunggal dan **Maximum Takeoff Weight (MTOW)** yang tinggi, beban roda tiap pesawat menjadi faktor penting. Beban ini mewakili 95% dari **berat total pesawat dan ditopang oleh roda pendaratan utama**. Persamaan yang digunakan untuk menghitung Keberangkatan Tahunan Ekuivalen (R_1) adalah:

$$\log R_1 = \log R_2 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

dengan R_2 adalah tipe roda pendaratan pesawat rencana, dan W_1 adalah jumlah roda per satu konfigurasi.

2.2.3. Tebal Perkerasan

Grafik perencanaan perkerasan FAA menunjukkan ketebalan total perkerasan yang diperlukan, termasuk tebal pondasi bawah, pondasi atas, dan lapisan permukaan. Ketebalan ini dihitung berdasarkan nilai CBR tanah dasar, berat lepas landas kotor (MSTOW), dan jumlah keberangkatan tahunan ekuivalen pesawat. Penggunaan grafik ini dimulai dengan menarik garis lurus dari sumbu CBR secara vertikal ke kurva MSTOW, lalu dilanjutkan secara horizontal ke kurva keberangkatan tahunan ekuivalen, dan akhirnya ditarik garis vertikal ke sumbu ketebalan perkerasan untuk mendapatkan ketebalan total yang dibutuhkan.

Beban lalu lintas pesawat umumnya tersebar secara lateral pada permukaan perkerasan selama operasi. Pesawat akan meneruskan beban ini ke perkerasan, sehingga FAA memperbolehkan variasi ketebalan perkerasan berdasarkan area penggunaan yang berbeda, yaitu 1) ketebalan penuh diterapkan pada area kritis, seperti apron, bagian tengah landasan, ujung, dan landasan pacu (*runway*), yang digunakan untuk tempat pesawat akan berangkat; 2) ketebalan 0,9 T digunakan pada jalur pesawat yang akan datang, seperti belokan landasan pacu

berkecepatan tinggi; dan 3) ketebalan 0,7 T digunakan pada area yang jarang dilalui pesawat, seperti tepi luar landasan hubung dan tepi luar landasan pacu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Jumlah Lintasan Tahunan

Jumlah lintasan tahunan direncanakan hingga tahun 2010 dengan cara mengalikan jumlah penerbangan setiap minggunya dalam satu tahun. Bila dalam 1 tahun dianggap terdapat 52 minggu, maka didapat perkiraan jumlah lintasan tahunan seperti terlihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari Tabel 1, dalam perencanaan dipilih tipe pesawat B – 737 – 200 sebagai pesawat rencana sesuai dengan jenis pesawat terbesar di mana jumlah lintasan tahunan berjumlah 832 kali keberangkatan. Tabel 2 memperlihatkan nilai *Maximum Structural Take Off Weight* (MSTOW) pada masing-masing jenis pesawat. Penentuan *Dual Gear Departure* (*R2*) bagi pesawat rencana Boeing B-737-200, yang memiliki tipe roda pendaratan *dual wheel*, dilakukan dengan menggunakan faktor konversi dari Tabel 3. Dari hasil tersebut dapat dilihat nilai *R2* pada tipe pesawat B – 737 – 200 adalah sebesar 832.

Tabel 1. Jumlah lintasan bandara Silangit tahun 2010.

| Bandara asal | Tipe pesawat | Jumlah penerbangan perminggu | Lintasan tahunan | Perkiraan penumpang |
|--------------------------|--------------|------------------------------|------------------|---------------------|
| I. Domestik | | | | |
| 1. Soekarno Hatta | B-737-200 | 3 | 156 | 11.000 |
| 2. Halim Perdana K | B-737-200 | 3 | 156 | 10.500 |
| 3. SM. Baharuddin II | F-27 | 2 | 104 | 3.500 |
| 4. Simpang Tiga | F-100 | 2 | 104 | 5.300 |
| 5. Hang Nadim | F-100 | 2 | 104 | 5.500 |
| 6. Tabing | F-28 | 2 | 104 | 3.250 |
| 7. Blang Bintang | F-27 | 2 | 104 | 3.000 |
| 8. Medan | F-27 | 7 | 364 | 13.000 |
| II. Internasional | | | | |
| 1. Penang | B-737-200 | 3 | 156 | 12.000 |
| 2. Kuala Lumpur | B-737-200 | 3 | 156 | 11.350 |
| 3. Singapore | B-737-200 | 2 | 104 | 7.800 |
| 4. Bangkok | B-737-200 | 2 | 104 | 7.000 |

Tabel 2. Data Annual Departure Tahun 2010.

| Tipe Pesawat | Jumlah Lintasan | Tipe Roda Pendaratan | MSTOW (Pon) |
|---------------|-----------------|----------------------|-------------|
| B – 737 – 200 | 832 | Dual Wheel | 100.500 |
| F – 100 | 208 | Single Wheel | 98.000 |
| F – 28 | 104 | Single Wheel | 64.000 |
| F – 27 | 572 | Single Wheel | 45.000 |

Tabel 3. Perhitungan Dual Gear Departure (R2).

| Tipe Pesawat | Forecast Annual Departure 2010 | Faktor Konversi Roda Pendaratan | Dual Gear Departure (R2) |
|---------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | (a) | (b) | (a x b) |
| B – 737 - 200 | 832 | 1,0 | 832 |
| F – 100 | 208 | 0,8 | 166 |
| F – 28 | 104 | 0,8 | 83 |
| F – 27 | 572 | 0,8 | 458 |

Untuk menghitung *wheel load* (W_2), pendaratan (*landing*) maupun lepas landas (*take off*) pesawat sangat bertumpu pada roda belakang, sehingga roda belakang benar-benar direncanakan harus mampu mendukung seluruh beban pesawat saat beroperasi. Roda depan hanya berfungsi sebagai penyeimbang gerakan pesawat pada saat bergerak (*moving*). Pada kondisi inilah *International Civil Aviation Organization* (ICAO) maupun FAA mengeluarkan ketentuan pembebanan pesawat agar diperoleh keseragaman dalam perhitungan, dengan menganggap bahwa roda belakang sebagai "*wheel load*" (roda pendaratan utama) yang menyalurkan beban sebesar 95% dari berat kotor. Hasil dari perhitungan W_2 dan R_1 pada masing-masing tipe pesawat dapat dilihat pada Tabel 4.

3.2. Tebal Perkerasan

3.2.1. Tebal Perkerasan Total (H)

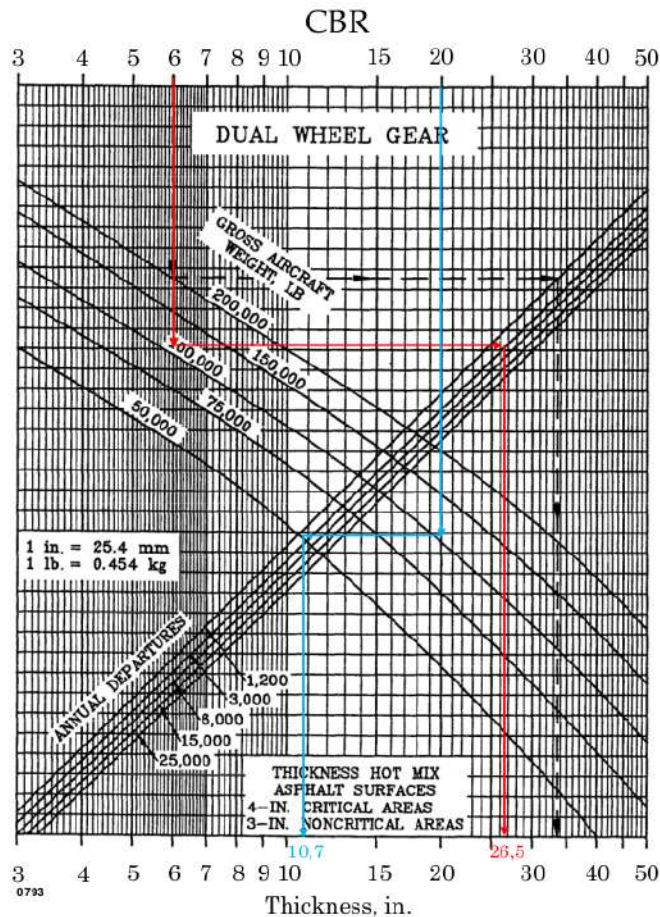
Bila ditentukan nilai CBR *subgrade* sebesar 6 %, dengan *Maximum Structural Take Off Weight* (MSTOW) sebesar 100.500 lbs, dan *annual departure* 2.568, maka berdasarkan Gambar 2 diperoleh tebal perkerasan total sebesar 26,5 inci atau ± 68 cm.

3.2.2. Tebal Lapisan Subbase

Nilai CBR *subbase* ditentukan sebesar 20 % dengan *Maximum Structural Take Off Weight* (MSTOW) sebesar 100.500 lbs, dan *annual departure* 2.568, maka dari Gambar 2 diperoleh nilai sebesar 10,7 inci atau ± 27 cm. Selanjutnya, tebal *subbase* dihitung dengan mengurangi nilai total tebal perkerasan dengan nilai tebal lapisan *subbase* berdasarkan *plot* grafik tersebut, yaitu sebesar 15,8 inci atau ± 40 cm.

Tabel 4. Hasil perhitungan beban roda pendaratan utama (W_2) dan *Equivalent Annual Departure* (R_1).

| Tipe Pesawat | W_2 (lbs) | R_1 |
|---------------|-------------|--------------|
| B – 737 - 200 | 23.869 | 832 |
| F – 100 | 46.550 | 1.260 |
| F – 28 | 30.400 | 146 |
| F – 27 | 213.755 | 330 |
| Total | | 2.568 |



Gambar 2. Penentuan tebal perkerasan total (garis merah) dan lapisan *subbase* (garis biru) menggunakan metode FAA.

3.2.3. Tebal Lapisan Permukaan (Surface)

Tebal lapisan permukaan diambil 4 inci atau ± 10 cm. Ketebalan lapisan ini tidak bertambah karena total keberangkatan (*annual departure*) kurang dari 25.000, sehingga tidak berpengaruh pada ketebalannya.

3.2.4. Tebal Lapisan Base Course

Menurut Federal Aviation Administration (1995), ketebalan minimum *base course* untuk jenis pesawat *dual wheel* dan berat 100.500 lbs adalah sebesar 8 inci atau ± 20 cm. Tebal lapisan *base course* dapat dihitung dengan mengurangi nilai tebal lapisan *subbase* berdasarkan *plot* grafik pada Gambar 2 dengan tebal lapisan

permukaan, yaitu $10,7 \text{ inci} - 4 \text{ inci} = 6,7 \text{ inci}$. Hasil tersebut kurang dari nilai minimum yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, tebal lapisan *base course* diambil 8 inci atau ± 20 cm.

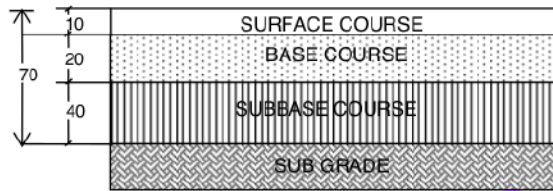
Tabel 5 memperlihatkan perbandingan tebal perkerasan antara hasil perhitungan dengan realisasi di lapangan. Tebal total lapisan perkerasan hasil perhitungan lebih kecil daripada hasil pekerjaan di lapangan yaitu setebal 15 cm. Hasil ini mengindikasikan bahwa pekerjaan di lapangan melebihi dari standar perhitungan menggunakan metode FAA. Oleh karena itu, hasil pekerjaan di lapangan diharapkan dapat mengantisipasi [12](#) pengembangan bandar udara Silangit sesuai dengan

kebutuhan di masa yang akan datang. Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan tebal lapisan perkerasan lentur dari hasil

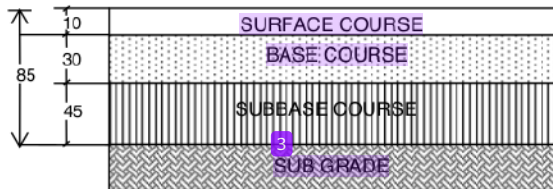
perhitungan pada penelitian ini dan pada saat pelaksanaan di lapangan.

Tabel 5. Perbandingan tebal perkerasan.

| LAPISAN PERKERASAN | TEBAL HASIL PERHITUNGAN | TEBAL REALISASI DI LAPANGAN | SELISIH TEBAL LAPIS PERKERASAN |
|---|---|-----------------------------|--------------------------------|
| Lapisan Permukaan (Surface Course) | 10 cm | 10 cm | Dipakai tebal minimum |
| Lapisan Pondasi Atas (Base Course) | 20 cm | 30 cm | 10 cm |
| Lapisan Pondasi Bawah (Subbase Course) | 40 cm | 45 cm | 5 cm |
| Tanah Dasar (Sub Grade) | Tanah asli yang dipadatkan hingga mencapai CBR 6% | | |



Gambar 3. Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Hasil Perhitungan dengan Metode FAA.



Gambar 4. Tebal Tiap Lapisan Perkerasan pada saat Pelaksanaan.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara hasil perhitungan perencanaan tebal lapisan perkerasan dengan realisasi di lapangan. Lapisan permukaan (*surface course*) memiliki tebal perhitungan dan realisasi yang sama yaitu 10 cm, lapisan pondasi atas (*base course*) hasil perhitungan 20 cm namun direalisasikan 30 cm (selisih 10 cm), dan lapisan pondasi bawah (*subbase course*) hasil perhitungan 40 cm namun direalisasikan 45 cm (selisih 5 cm). Tanah dasar (*subgrade*) menggunakan tanah asli yang dipadatkan hingga mencapai CBR 6%. Perbedaan ini disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu kelebihan tebal 10 dan 5 cm pada lapisan pondasi bertujuan untuk

mengantisipasi pengembangan Bandar Udara Silangit di masa depan, dan metode perhitungan yang digunakan oleh pihak perencana tidak diketahui secara pasti sehingga mengakibatkan perbedaan hasil antara peneliti dan pihak perencana. Selama masa penggunaan 20 tahun ke depan, sebaiknya dilakukan pemeliharaan secara berkala terhadap lapisan permukaan landasan pacu untuk menghindari permukaan yang licin melalui *overlay*. Pelaksanaan *overlay* sebaiknya tidak berdasarkan waktu tertentu, melainkan berdasarkan pengecekan kontinu dan sesuai dengan pertumbuhan jumlah pesawat yang beroperasi.

Evaluasi Tebal Perkerasan Landasan Pacu Bandar Udara Silangit-Tapanuli Utara dengan Metode FAA

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | repository.its.ac.id Internet Source | 11% |
| 2 | docplayer.info Internet Source | 1% |
| 3 | core.ac.uk Internet Source | 1% |
| 4 | text-id.123dok.com Internet Source | 1% |
| 5 | repositori.usu.ac.id Internet Source | 1% |
| 6 | f1a009123.wordpress.com Internet Source | <1% |
| 7 | Kadek Liony Maya Paramahamsa, Anggi Nidya Sari. "Studi Perencanaan Perkerasan Runway dan Taxiway dengan Metode Federal Aviation Administration", Journal of Airport Engineering Technology (JAET), 2022 Publication | <1% |

| | | |
|----|---|------|
| 8 | www.researchgate.net Internet Source | <1 % |
| 9 | jurnal.unsil.ac.id Internet Source | <1 % |
| 10 | media.neliti.com Internet Source | <1 % |
| 11 | nanopdf.com Internet Source | <1 % |
| 12 | 123dok.com Internet Source | <1 % |
| 13 | bangrholand.blogspot.com Internet Source | <1 % |
| 14 | docshare.tips Internet Source | <1 % |
| 15 | ojs.uho.ac.id Internet Source | <1 % |
| 16 | repository.trisakti.ac.id Internet Source | <1 % |
| 17 | www.coursehero.com Internet Source | <1 % |
| 18 | qdoc.tips Internet Source | <1 % |
| 19 | Rosario, Blanch Ancintha. "Assessing the Efficacy of Maternal Anthropometric | <1 % |

Measurements and Clinical Estimates of Fetal Weight in Isolation and in Combination as Predictors of Cephalopelvic Disproportion (CPD)", Rajiv Gandhi University of Health Sciences (India), 2023

Publication

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Evaluasi Tebal Perkerasan Landasan Pacu Bandar Udara Silangit-Tapanuli Utara dengan Metode FAA

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8
