TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH SUHU DAN KONDISI PERMUKAAN JALAN TERHADAP NILAI *SKID RESISTANCE* DENGAN PENGUJIAN *BRITISH PENDULUM TEST (BPT)* PADA JALAN KALIURANG KM 8-9 YOGYAKARTA

(ANALYSIS OF THE EFFECT OF TEMPERATURE AND ROAD SURFACE CONDITIONS ON THE VALUE OF SKID RESISTANCE WITH BRITISH PENDULUM TEST (BPT) ON KALIURANG STREET KM 8-9 YOGYAKARTA)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Desfilia Salsabiilaa
21511140

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2025

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH SUHU DAN KONDISI PERMUKAAN JALAN TERHADAP NILAI *SKID RESISTANCE* DENGAN PENGUJIAN *BRITISH PENDULUM TEST (BPT)* PADA JALAN KALIURANG KM 8-9 YOGYAKARTA

(ANALYSIS OF THE EFFECT OF TEMPERATURE AND ROAD SURFACE CONDITIONS ON THE VALUE OF SKID RESISTANCE WITH BRITISH PENDULUM TEST (BPT) ON KALIURANG STREET KM 8-9 YOGYAKARTA)

Disusun Oleh

Desfilia Salsabiilaa
21511140

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 28 November 2025

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Ir. Muhammad Abdul Hadi, S.T., M.T., IPP	Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D	Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng.
NIK: 215111307	NIK: 955110103	NIK: 165110105

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

Ir. Yamalia Muntafi., S.T., M.T., Ph.D. (Eng.) IPM
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan program sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagain laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 28 November 2025

Yang membuat pernyataan,

Desfilia Salsabiilaa

(21511140)

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur atas kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Analisis Pengaruh Suhu dan Kondisi Permukaan Jalan Terhadap Nilai *Skid Resistance* Dengan Pengujian *British Pendulum Test* (BPT) Pada Jalan Kaliurang KM 8-9 Yogyakarta" ini dengan sebaik-baiknya. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menempuh gelar sarjana strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dari banyak pihak baik dari segi bimbingan, arahan, serta saran dan kritik demi terselesaikannya laporan ini dengan hasil yang baik. Untuk itu, pada kesempatan kali ini penyusun ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T., IPP., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan koreksi sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik.
2. Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir I yang telah memberikan saran dan koreksi sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik.
3. Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir II yang telah memberikan saran dan koreksi sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi., S.T., M.T., Ph.D. (Eng.) IPM., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Saudara Giri Widhiatmoko, S.T., M.T., selaku Laboran Laboratorium Jalan Raya yang telah membantu penulis melaksanakan pengujian lapangan dengan lancar.

6. Papa Wilson, S.E., dan Mama Ani Septianingsih, S.E., selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir ini, sehingga penulis bersemangat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis berterima kasih tiada akhir atas semua doa, motivasi, dan ketulusan dalam membesarkan dan mendidik sehingga penulis menjadi seperti sekarang.
7. Abang Raelly Harza Wiltianza, S.T., M.Eng., dan Aak Delfien Wiltianza Akbar, S.T., M.Sc., selaku saudara penulis yang selalu mendoakan dan menyemangati penulis.
8. Satria Dhimas Wijaya yang telah membantu banyak penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Mendukung, memotivasi, dan menjadi tempat berdiskusi dikala penulis membutuhkan tempat bertukar pikiran selama masa perkuliahan.
9. Azizah Nadya Soraya Utami, Faiha Khoiruzzukhruf, dan Najmira Ghaida Nazihantya, selaku sahabat penulis yang selalu memberi semangat dan memberikan cerita-cerita berkesan selama masa perkuliahan, serta telah membantu penulis melaksanakan pengujian lapangan dengan lancar.
10. Dimas Dipo Putra Waluyan, selaku teman penulis yang telah membantu penulis melaksanakan pengujian lapangan dengan lancar.
11. Keluarga Teknik Sipil Angkatan 2021 yang telah menjadi rekan dan teman selama menjalani masa kuliah.
12. Seluruh pihak yang telah mendukung terselesainya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan masa yang akan datang.

Yogyakarta, 28 November 2025

Penulis

Desfilia Salsabiilaa

(21511140)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiv
ABSTRAK xv
ABSTRACT xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Manfaat Penelitian 7
1.5 Batasan Penelitian 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Tinjauan Pustaka 9
2.2 Penelitian Terdahulu 9
2.2.1 Faktor Suhu pada Pengujian *Skid Resistance* 9
2.2.2 Nilai *Skid Resistance* di Jalan Kaliurang 11
2.2.3 Metode *British Pendulum Test* 12
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang 13
BAB III LANDASAN TEORI 16
3.1 Keselamatan Pengguna Jalan 16
3.2 *Skid Resistance* 17
3.3 Koefisien Gesek 17

3.4 Faktor Pengaruh *Skid Resistance* 21
3.4.1 Suhu Permukaan Jalan 21
3.4.2 Kondisi Permukaan Jalan 23
3.5 *British Pendulum Tester* (BPT) 25
3.6 *British Pendulum Number* (BPN) 26
3.7 Relevansi Penelitian terhadap Kondisi Jalan Kaliurang KM 8-9 27
3.8 Jumlah Titik Uji 29
3.9 Analisis Korelasi Suhu dan Nilai *Skid Resistance* 32
3.9.1 Korelasi *Pearson* 33
3.9.2 Analisis Regresi Linier Sederhana 34
3.9.3 Interpretasi Hasil Regresi 39
3.9.4 Relevansi Analisis Regresi Linear Dalam Penelitian 40
BAB IV METODE PENELITIAN 42
4.1 Pendekatan Penelitian 42
4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian 42
4.2.1 Lokasi 42
4.2.2 Waktu 45
4.3 Metode Pengujian 45
4.3.1 Persiapan Pengujian 48
4.3.2 Prosedur Pengujian 49
4.4 Variabel Penelitian 50
4.5 Data Penelitian 52
4.6 Alat-Alat Penelitian 54
4.7 Metode Pengumpulan Data 55
4.7.1 Pengujian *British Pendulum Test* 55
4.7.2 Pengukuran Suhu Permukaan Perkerasan 56
4.8 Metode Analisis Data 57
4.8.1 Pengolahan Data Hasil Pengujian 57
4.8.2 Analisis Statistik Deskriptif 58
4.8.3 Analisis Korelasi *Pearson* 58

4.8.4 Analisis Regresi Linear Sederhana 59
4.8.5 Interpretasi dan Pembahasan Hasil Analisis 59
4.9 Tahapan Penelitian 59
BAB V HASIL, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN 61
5.1 Hasil 61
5.1.1 Nilai *Skid Resistance* pada Waktu Pagi 61
5.1.2 Nilai Skid Resistance pada Waktu Siang 62
5.1.3 Hasil Nilai BPN Koreksi 63
5.2 Analisis 65
5.2.1 Uji Normalitas dan Uji Linearitas 65
5.2.2 Uji Korelasi *Pearson* 73
5.2.3 Uji Regresi Linear Sederhana 76
5.3 Pembahasan 80
5.3.1 Perubahan Nilai *Skid Resistance* Akibat Suhu Permukaan 81
5.3.2 Klasifikasi Nilai BPN 88
5.3.3 Analisis Pengaruh Suhu Permukaan terhadap Nilai BPN 94
5.3.4 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu 109
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 110
6.1 Kesimpulan 110
6.1 Saran 112
DAFTAR PUSTAKA 113
LAMPIRAN 117

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang 14
Tabel 3.1 Nilai *Skid Resistance* Minimum yang Disarankan 20
Tabel 3.2 Koreksi Nilai BPN 22
Tabel 3.3 Nilai Minimum *Skid Resistance Yang Disarankan* 26
Tabel 3.4 Data Kecelakaan Lalu Lintas DIY Tahun 2021 s/d 2025 28
Tabel 3.5 Interval Koefisien Korelasi Antarvariabel 34
Tabel 3.6 *Student's Distribution Table* 36
Tabel 4.1 Jadwal Pengambilan Data Lapangan 45
Tabel 4.2 Definisi Variabel Terikat dan Variabel Bebas 51
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Nilai *Skid Resistance* Waktu Pagi Kondisi Kering 61
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Nilai *Skid Resistance* Waktu Pagi Kondisi Basah 62
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Nilai *Skid Resistance* Waktu Siang Kondisi Kering 62
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Nilai *Skid Resistance* Waktu Siang Kondisi Basah 63
Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Nilai BPN Koreksi Kondisi Kering 63
Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Nilai BPN Koreksi Kondisi Basah 64
Tabel 5.7 Hasil Uji Normalitas *Shapiro-Wilk* Kondisi Kering 68
Tabel 5.8 Hasil Uji Normalitas *Shapiro-Wilk* Kondisi Basah 68
Tabel 5.9 Hasil Uji Linearitas Kondisi Kering 72
Tabel 5.10 Hasil Uji Linearitas Kondisi Basah 72
Tabel 5.11 Hasil Analisis Korelasi *Pearson* Kondisi Kering 76
Tabel 5.12 Hasil Analisis Korelasi *Pearson* Kondisi Basah 76
Tabel 5.13 *Variables Entered/Removed* Kondisi Kering 79
Tabel 5.14 *Model Summary* Kondisi Kering 79
Tabel 5.15 *Anova* Kondisi Kering 79
Tabel 5.16 *Coefficient Table* Kondisi Kering 79
Tabel 5.17 *Variables Entered/Removed* Kondisi Basah 80
Tabel 5.18 *Model Summary* Kondisi Basah 80
Tabel 5.19 *Anova* Kondisi Basah 80

Tabel 5.20 *Coefficient Table* Kondisi Basah 80
Tabel 5.21 Tren Penurunan Nilai BPN Kondisi Kering dan Kondisi Basah Pagi 85
Tabel 5.22 Tren Penurunan Nilai BPN Kondisi Kering dan Kondisi Basah Siang 87
Tabel 5.23 Rekapitulasi Klasifikasi Nilai BPN Kondisi Kering 88
Tabel 5.24 Rekapitulasi Klasifikasi Nilai BPN Kondisi Basah 91
Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji dengan SPSS 102
Tabel 5.26 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu 109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Ruas Jalan Provinsi 4
Gambar 3.1 Gaya Gesekan Ban Kendaraan dan Permukaan Jalan 18
Gambar 3.2 Gesekan Trotoar dan Selip Ban 18
Gambar 3.3 Pengaruh Ketebalan Lapisan Air Terhadap Gesekan Perkerasan 24
Gambar 3.4 Peta Udara Jalan Kaliurang KM 8-9 28
Gambar 3.5 Titik Pengujian Melalui Peta Udara 31
Gambar 3.6 Titik *Wheel Path* pada Tiap Station 32
Gambar 4.1 Station Titik Uji BPT di Jalan Kaliurang KM 8-9 44
Gambar 4.2 Detail Titik Uji BPT di Jalan Kaliurang KM 8-9 44
Gambar 4.3 Alat Uji *British Pendulum Test* (BPT) 46
Gambar 4.4 Peralatan Pengujian Kekesatan Permukaan Perkerasan 48
Gambar 4.5 Potongan Melintang STA 8+000 s/d STA 8+400 53
Gambar 4.6 *Flowchart* Penelitian 60
Gambar 5.1 Input Data untuk Uji Normalitas 66
Gambar 5.2 Menentukan Variabel X dan Y Uji Normalitas 66
Gambar 5.3 Pilihan Opsi Uji Normalitas 67
Gambar 5.4 Menganalisis Variabel ke *Normalitas Tests* 67
Gambar 5.5 Tampilan *Output* Uji Normalitas *Shapiro-Wilk* 68
Gambar 5.6 Input Data untuk Uji Linearitas 69
Gambar 5.7 Menentukan Variabel X dan Y Uji Linearitas 70
Gambar 5.8 *Compare Means Variable* 70
Gambar 5.9 Tentukan Variabel Bebas dan Variabel Terikat 71
Gambar 5.10 Analisis Uji Linearitas di SPSS 71
Gambar 5.11 Tampilan *Output* Uji Linearitas 72
Gambar 5.12 Input Data Analisis Korelasi *Pearson* 73
Gambar 5.13 Pemilihan Langkah Analisis 74
Gambar 5.14 Penentuan Variabel Pakai 74
Gambar 5.15 Analisis Korelasi *Pearson* 75

Gambar 5.16 *Output* Korelasi *Pearson* 75
Gambar 5.17 Input Data untuk Analisis Regresi Linear Sederhana 77
Gambar 5.18 Pilihan Opsi Analisis Regresi Linear Sederhana 77
Gambar 5.19 Pengelompokkan Variabel Regresi Linear Sederhana 78
Gambar 5.20 *Output* Analisis Regresi Linear Sederhana 78
Gambar 5.21 Grafik Nilai BPN Waktu Pagi Kondisi Kering 81
Gambar 5.22 Grafik Nilai BPN Waktu Siang Kondisi Kering 81
Gambar 5.23 Grafik Nilai BPN Waktu Pagi Kondisi Basah 83
Gambar 5.24 Grafik Nilai BPN Waktu Siang Kondisi Basah 83
Gambar 5.25 Grafik Nilai BPN Waktu Pagi Kondisi Kering dan Kondisi Basah 84
Gambar 5.26 Grafik Nilai BPN Waktu Siang Kondisi Kering danKondisi Basah 86
Gambar 5.27 Sebaran Klasifikasi Nilai BPN di Setiap STA Waktu Pagi dan Siang Kondisi Kering 90
Gambar 5.28 Sebaran Klasifikasi Nilai BPN di Setiap STA Waktu Pagi dan Siang Kondisi Basah 93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir Pengujian British Pendulum Test (BPT) 117

Lampiran 2 Data Pengujian BPT Sesi Pagi (07.00-09.00 WIB) 119

Lampiran 3 Data Pengujian BPT Sesi Siang (12.00-14.00 WIB) 124

Lampiran 4 Dokumentasi Pengujian 129

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

BPT = *British Pendulum Tester*

BPN = *British Pendulum Number*

°C = Celcius

DIY = Daerah Istimewa Yogyakarta

EAN = *Equivalent Accident Number*

f = Koefisien Gesek *(Friction Coefficient)*

F = Gaya Gesek

FN = Nilai Gesek

TRRL = *Transport and Road Research Laboratory*

L = Gaya Tekan Beban Kendaraan

SRV = *Skid Resistance Value*

WFT = *Water Film Thickness*

r = Koefisien Korelasi *Pearson*

x = Variabel Nilai Suhu Permukaan

y = Variabel Nilai BPN

n = Jumlah Sampel

p = Nilai Signifikansi

b = Koefisien Regresi

k = Jumlah Parameter dalam Model Regresi

KM = Kilometer

SPSS = *Statistical Package for the Social Sciences*

R = *Correlation Coefficient*

R^2 = Koefisien Determinasi

STA = *Station*

Sig = Signifikansi

ABSTRAK

Kenaikan angka kecelakaan di Yogyakarta setiap tahun terus meningkat dari tahun ke tahun, hal tersebut mendorong keperluan evaluasi terhadap kondisi permukaan jalan, khususnya tahanan gesek (*skid resistance*) sebagai salah satu indikator keselamatan. Suatu permukaan perkerasan memiliki nilai *skid resistance* yang baik ketika tahanan gesek memenuhi. Nilai *skid resistance* tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi suhu dan kondisi permukaan jalan itu sendiri. Oleh karena itu, penelitian ini mengeksplorasi pengaruh suhu permukaan dan kondisi jalan terhadap nilai *skid resistance* di Jalan Kaliurang KM 8-9 menggunakan *British Pendulum Test* (BPT) yang nilai *skid resistance* dinyatakan dalam *British Pendulum Number* (BPN).

Pengumpulan data dilakukan melalui pengujian lapangan pada 10 titik STA dengan alat BPT dan termometer, sementara analisis data dilakukan menggunakan korelasi *Pearson* untuk menilai kekuatan hubungan antara suhu dan *skid resistance*, serta regresi linear sederhana untuk memperkirakan penurunan BPN akibat kenaikan suhu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu menyebabkan penurunan nilai BPN pada semua kondisi; untuk kondisi kering, nilai BPN berkisar antara 90–74, sedangkan kondisi basah berada pada rentang 58–43. Semua titik uji pada kondisi kering memenuhi standar TRRL (>65 BPN), tetapi pada kondisi basah hanya segmen STA 8+000–8+200 yang mencapai batas minimum (>55 BPN). Analisis menunjukkan hubungan negatif yang kuat antara suhu dan nilai *skid resistance*, dengan penurunan BPN sebesar 0,849 pada kondisi kering dan 0,950 pada kondisi basah untuk setiap kenaikan suhu 1 °C. Temuan ini menegaskan bahwa suhu dan keberadaan air merupakan faktor signifikan yang menurunkan *skid resistance*, sehingga pemeliharaan perkerasan Jalan Kaliurang KM 8-9 menjadi penting untuk mengurangi risiko kecelakaan.

Kata kunci: *skid resistance,* suhu permukaan*, British Pendulum Test,* BPN.

ABSTRACT

The number of accidents in Yogyakarta continues to increase every year, prompting the need to evaluate road surface conditions, particularly skid resistance as an indicator of safety. A pavement surface has good skid resistance when the friction resistance is adequate. This skid resistance value can be influenced by variations in temperature and the condition of the road surface itself. Therefore, this study explores the effect of surface temperatureand road conditions on the skid resistance value on Kaliurang Road KM 8 using the British Pendulum Test (BPT), where the skid resistance valueis expressed in British Pendulum Number (BPN).

Data collection was conducted through field testing at 10 STA points using BPT and thermometer instruments, while data analysis was performed using Pearson's correlation to assess the strength of the relationship between temperature and skid resistance, as well as simple linear regression to estimate the decrease in BPN due to temperature increase.

The results show that an increase in temperature causes a decrease in BPN values under all conditions; for dry conditions, BPN values range from 90 to 74, while wet conditions range from 58 to 43. All test points under dry conditions met the TRRL standard (>65 BPN), but under wet conditions only the STA 8+000–8+200 segment reached the minimum limit (>55 BPN). The analysis shows a strong negative relationship between temperature and skid resistance values, with a decrease in BPN of 0.849 in dry conditions and 0.950 in wet conditions for every 1 °C increase in temperature. These findings confirm that temperature and the presence of water are significant factors that reduce skid resistance, making maintenance of the Kaliurang Road KM 8 pavement important to reduce the risk of accidents.

Keyword**:** *skid resistance, surface temperature, British Pendulum Test, BPN.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Syahriza (2019) kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu faktor utama penyebab kematian akibat cedera, baik di negara maju maupun negara berkembang. Kecelakaan lalu lintas juga merupakan salah satu permasalahan utama di Yogyakarta yang berdampak signifikan pada berbagai aspek, termasuk keselamatan jiwa, kerugian ekonomi, dan kualitas hidup masyarakat. Berdasarkan data BAPPEDA DIY pada awal tahun 2025 sampai dengan bulan September 2025 tercatat 3.281 kejadian kecelakaan di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta, yang mengakibatkan 56 korban meninggal dunia, 54 luka berat, dan 3.193 luka ringan. Tingginya angka ini menunjukkan bahwa kecelakaan lalu lintas menjadi ancaman serius yang perlu ditangani dengan langkah-langkah strategis. Akibat dari kecelakaan lalu lintas dapat menyebabkan berbagai kerugian seperti kerusakan terhadap fasilitas umum dan timbulnya korban yang meninggal dunia (Surya dkk, 2020).

Salah satu faktor signifikan yang memengaruhi tingginya angka kecelakaan adalah kondisi permukaan jalan yang kurang optimal. Salah satu kondisi permukaan jalan yang dapat menyebabkan kecelakaan adalah kekesatan permukaannya, terutama nilai *skid resistance* pada jalan. Tahanan gesek permukaan jalan adalah faktor krusial dalam keselamatan lalu lintas karena berpengaruh besar terhadap ban kendaraan serta mengurangi jarak yang dibutuhkan saat melakukan pengeraman mendadak (Roshan dkk, 2024). Kemudian menurut Guo dkk (2021) *skid resistance* adalah kemampuan interaksi tekstur permukaan permukaan jalan dan ban kendaraan. Suatu permukaan perkerasan memiliki nilai *skid resistance* yang baik jika tahanan gesek antara ban dan jalan mencukupi, dan kondisi permukaan tidak licin, sehingga pada situasi kering maupun basah tidak menyebabkan ban halus mudah selip (Dhuha dkk, 2023). *Skid resistance* pada permukaan perkerasan perlu memenuhi standar

yang ditetapkan agar pengguna jalan dapat berkendara dengan aman (Pandia dkk, 2016). Ketika nilai kekesatan rendah, risiko tergelincirnya kendaraan akan meningkat, terutama pada saat hujan atau ketika permukaan jalan basah yang dapat memengaruhi tingkat kelicinan secara signifikan.

Kekesatan permukaan jalan yang mengacu pada kemampuan jalan memberikan gaya gesek terhadap ban kendaraan, sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik jalan, seperti tingkat keausan, keberadaan air, dan suhu permukaan. Permukaan jalan yang basah menimbulkan risiko lebih tinggi bagi kendaraan dengan ban berpermukaan halus dibandingkan saat kondisi jalan kering (Hakim dkk, 2021). Ketika jalan basah, air yang menutupi permukaan jalan dapat mengurangi gaya gesek antara ban kendaraan dan jalan, sehingga menurunkan kemampuan kendaraan untuk berhenti secara aman.

Selain itu, suhu pada permukaan jalan memiliki pengaruh terhadap tingkat kekesatan. Hal ini disebabkan karena aspal memiliki sifat viskoelastik, yang mana aspal dapat berubah menjadi lebih lunak dan elastis saat suhu tinggi dan berubah menjadi lebih keras atau padat ketika suhu rendah. Perubahan ini dapat terjadi karena aspal sendiri merupakan bahan hidrokarbon. Bahan hidrokarbon dalam aspal memungkinkan aspal fleksibel pada perubahan temperatur akibat struktur molekul yang terkandung di dalamnya. Maka ketika suhu pada permukaan jalan meningkat, aspal akan melunak dan membentuk permukaan yang rata dan licin. Sebaliknya, pada saat suhu menurun menyebabkan permukaan jalan menjadi lebih kasar dan kesat.

Oleh karena itu, ketika suhu meningkat kekesatan jalan cenderung menurun yang dapat mengakibatkan berkurangnya keselamatan berkendara. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Novamaulina dkk (2019) nilai *skid resistance* cenderung menurun pada siang hari akibat meningkatnya suhu permukaan jalan. Suhu pada antarmuka antara ban dan perkerasan jalan, meliputi suhu udara, ban, air, serta permukaan jalan, diketahui berpengaruh terhadap hasil pengukuran gesekan perkerasan (Baran, 2011). Pernyataan ini sebanding dengan Wu dkk (2020) yang mengungkapkan bahwa suhu memberikan pengaruh signifikan terhadap ketahanan selip pada permukaan basah, dan peningkatan suhu berbanding terbalik

dengan nilai ketahanan selip. Suhu yang meningkat dapat menyebabkan perkerasan lentur seperti aspal meludak yang kemudian dapat menurunkan kemampuan gesek permukaan jalan dengan ban kendaraan, sehingga nilai kekesatan jalan menurun (Fajri, 2025).

Begitu pula dengan roda kendaraan yang terbuat dari bahan viskoelastis yang sifatnya sama dengan aspal, dimana juga dapat dipengaruhi oleh perubahan suhu lingkungan dan suhu permukaan perkerasan. Secara umum, ketahanan selip antara ban dan aspal meningkat ketika suhu karet berada pada tingkat yang lebih rendah (Fwa, 2021). Hal ini terjadi karena sifat viskoelastis aspal yang menjadi lebih lunak pada suhu tinggi, sehingga tekstur mikro pada permukaan jalan yang berfungsi memberikan gesekan terhadap ban kendaraan menjadi kurang efektif. Akibatnya, peningkatan suhu dapat mengurangi kemampuan kendaraan untuk berhenti dengan aman, terutama saat jalan dalam kondisi basah. Namun, pada penelitian ini faktor suhu ban tidak begitu diperhitungkan dikarenakan pengaruh suhu ban terhadap nilai *skid resistance* cenderung lebih kompleks, juga dipengaruhi oleh kondisi lain seperti kecepatan kendaraan, tekanan ban, dan kondisi permukaan jalan. Sehingga faktor suhu permukaan jalan menjadi fokus utama dalam penelitian terkait nilai *skid resistance* dan keselamatan jalan.

Jalan Kaliurang yang terletak di utara Daerah Istimewa Yogyakarta, Kabupaten Sleman, merupakan jalan provinsi yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota atau menghubungkan antar ibu kota kabupaten/kota, dengan panjang ruas Yogyakarta – Pakem – Kaliurang sepanjang 20,550 KM. Pernyataan tersebut sebanding dengan Keputusan Gubernur DIY Nomor 41 Tahun 2023 Penetapan Ruas Jalan Menurut Statusnya sebagai Jalan Provinsi. Jalan Kaliurang sebagai jalan provinsi dapat dilihat pada peta ruas jalan provinsi pada Gambar 1.1 berikut.

Gambar 1.1 Peta Ruas Jalan Provinsi
(Sumber: SK Gubernur DIY No.41, 2023)

Jalan ini memiliki pergerakan lalu lintas yang cukup tinggi dan terus meningkat dari tahun ke tahun. Dengan jumlah kendaraan yang cukup tinggi, kondisi permukaan jalan sangat penting dalam menunjang keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Maka dari itu, permukaan jalan harus dalam kondisi baik guna meningkatkan fungsi pelayanannya.

Salah satu indikator yang digunakan untuk menilai kondisi fungsional jalan adalah *International Roughness Index* (IRI). Nilai IRI menggambarkan tingkat kekasaran longitudinal permukaan jalan, yang dapat memengaruhi kenyamanan berkendara sekaligus kinerja keselamatan. Permukaan jalan dengan nilai IRI yang tinggi umumnya memiliki ketidakrataan yang lebih besar, sehingga dapat menurunkan kekesatan (*skid resistance*) dan memperbesar risiko tergelincir, terutama pada kondisi basah.

Berdasarkan penelitian oleh Suwardo dan Utomo (2020) nilai IRI di Jalan Kaliurang sebesar 0,764 m/km, yang menyatakan bahwa kondisi permukaan jalan masih sangat rata dan fungsi pelayanan jalan yang sangat baik. Namun, tidak menutup kemungkinan nilai *skid resistance* bisa saja tinggi pada permukaan jalan yang nilai IRI nya rendah. Hal ini disebabkan oleh kondisi tekstur permukaan yang

dapat menentukan daya cengkeram ban. Seperti pada penelitian Fuentes dkk (2010) menerangkan bahwa penelitian yang dilakukan dengan membandingkan *skid resistance* pada permukaan dengan tekstur mikro dan makro yang serupa tapi *roughness* berbeda, dan ditemukan nilai *skid resistance* lebih rendah pada permukaan yang lebih kasar (nilai IRI tinggi). IRI dan *skid resistance* adalah dua parameter yang berbeda dalam penilaian kondisi jalan. IRI mengukur tingkat ketidakrataan atau kekasaran permukaan jalan dalam arah memanjang, yang mempengaruhi kenyamanan berkendara dan pelayanan jalan, sedangkan *skid resistance* mengukur kekesatan permukaan jalan yang memengaruhi tingkat keamanan atau kemampuan kendaraan untuk tidak tergelincir, terutama saat kondisi jalan basah. Disimpulkan bahwa efek *roughness* tidak selalu mempengaruhi hasil nilai *skid resistance* secara keseluruhan.

Jalan Kaliurang KM 8 menjadi salah satu lokasi yang memiliki catatan kecelakaan cukup tinggi dalam rentang waktu tertentu. Tercatat, pada penelitian Hay (2022) lokasi rawan kecelakaan teridentifikasi di KM 8 dengan nilai *Equivalent Accident Number* (EAN) sebesar 203. EAN merupakan metode pengidentifikasi lokasi rawan kecelakaan lalu lintas dengan membobotkan tingkat keparahan kecelakaannya. Faktor kondisi jalan menjadi salah satu penyebab angka kecelakaan yang terus meningkat, salah satunya ialah perkerasan jalan. Perkerasan jalan dikatakan memiliki kekesatan yang memadai apabila permukaannya mampu memberikan daya tahan gesek yang cukup untuk menopang manuver ban, serta tidak licin baik pada kondisi basah maupun kering (Asnawi dkk, 2018). Kondisi permukaan jalan yang licin dapat meningkatkan risiko tergelincir, terlebih lagi pada saat hujan turun. Upaya peningkatan keselamatan lalu lintas dan perbaikan infrastruktur sangat diperlukan untuk mengurangi angka kecelakaan di area ini. Maka dari itu, pengujian dan analisis nilai *skid resistance* pada Jalan Kaliurang KM 8-9 menjadi langkah penting untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada permukaan jalan yang mana sangat diperlukan untuk mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

Oleh karena itu, untuk menganalisis nilai kekesatan permukaan jalan dalam penelitian ini digunakan alat *British Pendulum Test* (BPT). Berdasarkan SNI

4427:2008, BPT merupakan alat uji jenis bandul (pendulum) dinamis, digunakan untuk mengukur energi yang hilang pada saat karet di bagian bawah telapak bandul menggesek permukaan yang diuji. Alat ini dimaksudkan untuk pengujian pada permukaan yang datar di lapangan atau laboratorium, dan untuk mengukur koefisien gesekan dinamis antara permukaan dan penggeser karet, yang memberikan penilaian kuantitatif terhadap ketahanan selip. Nilai yang diperoleh dari uji kekesatan permukaan perkerasan menggunakan BPT disebut *British Pendulum Number* (BPN). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lee dkk (2005) BPN ditentukan oleh jarak antar agregat (*gap width*) dan besarnya area kontak pada permukaan pengujian. Oleh karena itu, BPT dinilai sebagai metode yang efektif sekaligus dapat dipercaya dalam penentuan nilai *skid resistance*.

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini dilakukan untuk memastikan bahwa nilai *skid resistance* pada permukaan Jalan Kaliurang KM 8-9 memenuhi standar yang diperlukan guna mengantisipasi risiko kecelakaan serta meningkatkan keselamatan dan kenyamanan berkendara, melalui perbaikan dan pemeliharaan jalan. Yang mana hal tersebut telah sesuai dengan Hall dkk (2009) tentang penentuan kebutuhan pengujian *skid resistance* yaitu jumlah kecelakaan, kelas fungsional jalan, dan zona iklim.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang terjadi sebagai berikut.

1. Bagaimana nilai *skid resistance* pada permukaan jalan di Jalan Kaliurang KM 8-9 berdasarkan hasil pengujian menggunakan BPT?
2. Bagaimana hubungan antara nilai *skid resistance* terhadap faktor keberadaan air, dan suhu pada permukaan jalan?
3. Bagaimana dampak faktor suhu dan permukaan jalan yang basah terhadap keselamatan pengguna jalan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian berdasarkan rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis nilai *skid resistance* pada permukaan jalan di Jalan Kaliurang KM 8-9 menggunakan alat BPT.
2. Menganalisis hubungan antara nilai *skid resistance* dengan keberadaan air dan suhu pada permukaan jalan.
3. Mengidentifikasi dampak faktor suhu dan permukaan jalan yang basah terhadap keselamatan pengguna jalan.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak, yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai *skid resistance* pada permukaan jalan di Jalan Kaliurang KM 8-9 menggunakan alat BPT.
2. Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan dengan memperbaiki *skid resistance* yang sudah ada
3. Sebagai bahan untuk membantu pihak pembina jalan dalam mengevaluasi dan memperbaiki kondisi jalan secara berkala

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya dilakukan di lokasi Jalan Kaliurang KM 8-9
2. Pengukuran nilai *skid resistance* dilakukan pada permukaan perkerasan lentur (jalan beraspal).
3. Analisis hanya mencangkup faktor kondisi permukaan jalan dan suhu pada permukaan jalan.
4. Pengujian dilakukan pada variasi kondisi jalan kering dan basah, tanpa mempertimbangkan jenis kendaraan, tipe ban, volume kendaraan atau kecepatan kendaraan.
5. Alat pengujian yang digunakan ialah *British Pendulum* (BPT).

6. Uji Normalitas dan Uji Linearitas hanya sebagai syarat utama untuk analisis selanjutnya yaitu korelasi *Pearson* dan Regresi Linear Sederhana
7. Metode penelitian hasil data menggunakan metode korelasi *Pearson* dan Regresi Linear Sederhana.
8. Prosedur pengujian BPT mengacu pada SNI 4427:2008.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka adalah telah yang dilakukan untuk membangun kerangka teori serta merumuskan hipotesis dengan mengacu pada teori-teori yang memiliki keterkaitan dengan variabel penelitian (Sugiyono, 2019). Tujuan utama dari melakukan tinjauan terhadap penelitian sebelumnya adalah untuk memahami berbagai aspek yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Dengan melakukan tinjauan pustaka, penulis tidak hanya memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai konsep, teori, dan temuan-temuan yang telah ada, namun juga mampu mengidentifikasi kesenjangan atau kekurangan dalam penelitian terdahulu. Hal ini memberikan peluang bagi penulis untuk mengeksplorasi topik penelitian yang akan dibahas, atau menawarkan pendekatan baru terhadap permasalahan yang diangkat. Selain itu, peninjauan pustaka juga memungkinkan penulis untuk membandingkan topik penelitian yang akan diteliti dengan penelitian sebelumnya. Dengan demikian, tinjauan ini dapat menjadi landasan kuat untuk mendukung relevansi dan kontribusi penelitian yang dilakukan dalam konteks keilmuan yang lebih luas.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sejenis yang pernah dilakukan disajikan sebagaimana berikut.

2.2.1 Faktor Suhu pada Pengujian *Skid Resistance*

Berdasarkan penelitian oleh Baran (2011) tentang pengaruh suhu permukaan jalan terhadap nilai *skid resistance* (F60) di Queensland, Australia, dengan fokus pada pengembangan koreksi suhu guna meningkatkan akurasi pengukuran. Hasil penelitian menemukan bahwa nilai *skid resistance* cenderung menurun seiring peningkatan suhu permukaan, dan suhu referensi 20°C yang digunakan di wilayah Australia Selatan tidak sesuai untuk Queensland yang lebih

panas. Sebagai alternatif, suhu referensi 30°C diusulkan untuk Brisbane dan wilayah timur Queensland, dengan rumus koreksi F60(30) = F60(t) + 0.0015(t) − 0.045. Peneliti juga menyajikan rumus koreksi guna menyesuaikan hasil pengukuran terhadap suhu tersebut. Temuan ini berkontribusi pada upaya menjaga keselamatan jalan dengan mempertimbangkan kondisi iklim setempat.

Kemudian Wu dkk (2020) melakukan penelitian mengenai koreksi suhu terhadap kinerja *skid resistance* menggunakan data dari lintasan RIOHTrack. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode koreksi suhu yang ada, seperti untuk indeks BPN dan *Sideway Force Coefficient* (SFC), belum mampu mencerminkan pengaruh suhu secara akurat. Oleh karena itu, model koreksi berbasis *Boltzmann* dikembangkan untuk mengatasi masalah ini, dengan mempertimbangkan suhu setara harian pada lapisan aspal. Model ini terbukti lebih akurat, dengan koefisien korelasi tinggi R2 > 0,95. Penelitian juga menemukan bahwa kecepatan kendaraan, orientasi pengukuran, serta ketebalan lapisan air di permukaan jalan sangat memengaruhi hasil pengukuran. Selain itu, ada korelasi yang kuat antara dua pengukuran kekesatan BPN dan *Mean Texture Depth* (MDP), yang menunjukkan bahwa keduanya saling melengkapi dalam menghasilkan hasil pengukuran yang konsisten.

Shafii (2009) melakukan penelitian tentang pengaruh suhu permukaan jalan terhadap kekesatan *skid resistance* berbagai jenis campuran aspal. Terdapat lima benda uji aspal yang diuji meliputi *ACW 14, ACW 10, Porous Mix Grade A, Porous Mix Grade B, dan SMA 14*, dengan pengujian dilakukan menggunakan alat BPT pada suhu alami dan suhu terkontrol yang dipanaskan. Hasilnya menunjukkan bahwa saat suhu permukaan jalan naik, kekesatan cenderung menurun karena aspal menjadi lebih lunak yang menyebabkan berkurangnya daya cengkeram ban terhadap jalan. Selain itu, jenis campuran aspal juga berpengaruh, yang menunjukkan bahwa campuran tertentu memberikan kekesatan yang lebih baik pada suhu tertentu.

Selain itu, Asnawi dkk (2018) juga melakukan analisis tentang pengaruh suhu terhadap nilai *skid resistance* permukaan jalan di tiga bundaran di Kota Pontianak, yaitu Bundaran Digulis, Bundaran Kota Baru, dan Bundaran Kodam

XII/Tanjungpura, menggunakan alat BPT. Pengukuran dilakukan pada tiga waktu pengukuran: pagi, siang, dan sore hari dengan mempertimbangkan sisi kiri dan kanan jalan. Hasilnya menunjukkan bahwa suhu permukaan berpengaruh signifikan terhadap nilai kekesatan BPN, dengan suhu tinggi cenderung menurunkan kekesatan, sedangkan suhu rendah meningkatkan nilai tersebut. Dari tiga jenis perkerasan yang diuji, Bundaran Kota Baru dengan perkerasan *Hot Rolled Sheet* (HRS) memiliki nilai kekesatan tertinggi 43,84 BPN, diikuti Bundaran Digulis dengan perkerasan Laston, sebesar 40,70 BPN, dan Bundaran Kodam dengan perkerasan *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) memiliki kekesatan terendah 39,65 BPN. Selain itu, sisi kiri jalan umumnya memiliki kekesatan lebih tinggi dibandingkan sisi kanan karena perbedaan distribusi beban lalu lintas.

Novianto dkk (2017) melakukan penelitian tentang pengukuran nilai kekesatan permukaan jalan di Jalan Ahmad Yani 1, Pontianak. Pengukuran dilakukan menggunakan metode BPT untuk memperoleh nilai BPN yang menunjukkan tingkat kekesatan permukaan jalan. Dengan melakukan pengujian di 16 titik yang masing-masing diuji lima kali untuk mendapatkan rata-rata. Pengukuran dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari untuk mengamati pengaruh suhu terhadap kekesatan. Hasilnya menunjukkan bahwa suhu memiliki pengaruh signifikan, dengan nilai BPN cenderung menurun saat suhu meningkat. Misalnya, pada pagi hari dengan suhu permukaan 25°C, nilai BPN mencapai 44,8, sedangkan pada siang hari dengan suhu 42°C, nilai BPN turun menjadi 30. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa sisi kiri jalan yang lebih sering dilalui kendaraan roda dua memiliki nilai kekesatan lebih tinggi dibandingkan sisi kanan.

2.2.2 Nilai *Skid Resistance* di Jalan Kaliurang

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Novamaulina dkk (2019) tentang hubungan antara suhu permukaan perkerasan jalan dan nilai kekesatan pada pada jalan dengan gradien menurun. Penelitian dilakukan di tiga lokasi berbeda di Jalan Kaliurang, yakni KM 21, KM 22, dan KM 23, dengan karakteristik gradien menurun bervariasi di setiap lokasi. Penelitian ini dilakukan menggunakan alat BPT untuk nilai *skid resistance* dan termometer inframerah untuk suhu permukaan jalan. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa nilai rata-rata *skid resistance* pada

pagi hari adalah 44,8 BPN (KM 21), 46,2 BPN (KM 22), dan 51,2 BPN (KM 23). Nilai ini mengalami penurunan pada siang hari menjadi 38,8 BPN (KM 21), 45,2 BPN (KM 22), dan 50,6 BPN (KM 23). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *skid resistance* menurun dari pagi ke siang hari seiring meningkatnya suhu jalan, dengan korelasi moderat (R = -0,46158), meskipun tidak signifikan secara statistik. Nilai *skid resistance* di seluruh lokasi berada di bawah standar minimum *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL) sebesar 65 BPN, yang menunjukkan risiko keselamatan terutama pada kondisi basah. Penelitian ini merekomendasikan studi lanjutan pada kondisi jalan lain guna memperoleh pemahaman yang lebih mendalam.

2.2.3 Metode *British Pendulum Test*

Pandia dkk (2016) melakukan pengujian dengan menggunakan *British Pendulum Tester* untuk memperoleh nilai BPN. Dalam penelitian ini, metode BPT digunakan untuk mengukur *skid resistance* pada permukaan jalan dengan perkerasan lentur di dua lokasi, yaitu Jalan Ngumban Surbakti dan Jalan Jenderal Sudirman. Alat BPT menunjukkan keunggulan dalam kesederhanaan pengoperasian dan keakuratan hasil, sesuai standar SNI 4427:2008. Penelitian ini menunjukkan bahwa nilai BPN cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman tekstur permukaan jalan, dengan hasil yang konsisten di berbagai titik pengujian. Keunggulan BPT terletak pada efisiensinya dalam menghasilkan nilai kekesatan yang relevan untuk mengevaluasi keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan serta perencanaan pemeliharaan.

Selanjutnya, Lee dkk (2005) melakukan penelitian tentang pengujian kekesatan permukaan jalan menggunakan metode BPT. Alat BPT mengukur energi yang hilang saat bandul pendulum menggesek permukaan jalan, sehingga menghasilkan nilai BPN. Penelitian ini menunjukkan bahwa BPN dipengaruhi oleh jarak antar agregat *(gap width)* dan area kontak pada permukaan uji. Pada permukaan jalan dengan tekstur kasar, terjadi efek benturan tepi *(edge impact).* Efek ini menyebabkan nilai BPN sering kali tidak akurat dan cenderung lebih tinggi dari nilai sebenarnya. Pengujian dilakukan pada kondisi basah dan kering, dengan nilai BPN cenderung lebih rendah pada kondisi basah.

Fwa (2021) juga melakukan penelitian tentang metode BPT. BPT menghasilkan nilai BPN yang memiliki hubungan mekanistik dengan koefisien gesekan permukaan jalan. Data BPN digunakan untuk memprediksi kekesatan jalan pada berbagai kondisi, termasuk variasi suhu, kecepatan kendaraan, dan keberadaan lapisan air. Hasil penelitian ini memvalidasi kemampuan BPT dalam mendukung analisis kekesatan permukaan jalan, termasuk dalam kondisi hydroplaning. Penelitian ini juga menekankan pentingnya alat BPT untuk desain, pemeliharaan, dan keselamatan jalan. Dengan demikian, metode BPT membantu mengurangi risiko kecelakaan melalui evaluasi kekesatan permukaan jalan.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Membandingkan penelitian ini dengan penelitian terdahulu sejenis merupakan langkah penting untuk memahami perkembangan, metode, dan kontribusi dari penelitian yang sedang dilakukan. Hal ini memungkinkan penulis mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan *(research gap)*, metode yang digunakan, serta temuan yang relevan. Perbandingan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu yang sejenis dapat dilihat pada Tabel 2.1 di halaman berikutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Aspek	Novamaulina dkk (2019)	Baran (2011)	Wu dkk (2020)	Novianto dkk (2017)	Asnawi dkk (2018)	Hakim dkk (2021)	Salsabiilaa (2025)
1	Judul	Pengaruh Suhu Permukaan Perkerasan Jalan terhadap Nilai *Skid Resistance* pada Jalan Turunan	*Temperature Influence on Skid Resistance Measurement*	*Temperature Correction and Analysis of Pavement Skid Resistance Performance Based on RIOHTrack Full-Scale Track*	Pengujian Nilai Kekesatan Permukaan Jalan pada Jalan Utama Ahmad Yani 1 Pontianak	Pengujian Nilai Kekesatan Permukaan Jalan pada Daerah Bundaran di Kota Pontianak dan Sekitarnya	Analisis Pengaruh Kontaminan terhadap Kekesatan pada Permukaan Perkerasan (Studi Kasus Jln. Letnan Jendral Sutoyo)	Analisis Pengaruh Suhu dan Kondisi Permukaan Jalan Terhadap Nilai *Skid Resistance* dengan Pengujian *British Pendulum Test* (BPT) Pada Jalan Kaliurang KM 8-9 Yogyakarta
2	Faktor yang Mempengaruhi	Suhu permukaan jalan, kondisi basah atau kering, tekstur perkerasan	Suhu udara dan permukaan jalan, kecepatan kendaraan	Suhu, kedalaman tekstur permukaan, metode koreksi suhu	Suhu permukaan jalan, jenis kendaraan	Suhu permukaan, jenis perkerasan (Laston, HRS, AC-WC)	Kontaminan air dan pasir, jenis perkerasan (aspal dan beton)	Suhu permukaan jalan pagi dan siang hari serta kondisi basah dan kering
3	Metode Pengujian	*British Pendulum Tester,* metode korelasi	*Norsemeter* dan *ViaFriction*	*BM-III British Pendulum Tester*, analisis koreksi suhu berbasis model *Boltzmann*	*British Pendulum Tester,* metode korelasi	*British Pendulum Tester*	*British Pendulum Tester*	*British Pendulum Tester*

Sumber: Novamaulina dkk (2019), Baran (2011), Wu dkk (2020), Novianto dkk (2017), Asnawi dkk (2018), Hakim dkk (2021), Salsabiilaa (2025).

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

No.	Aspek	Novamaulina dkk (2019)	Baran (2011)	Wu dkk (2020)	Novianto dkk (2017)	Asnawi dkk (2018)	Hakim dkk (2021)	Salsabiilaa (2025)
4	Lokasi	Jalan Kaliurang KM 21, KM 22, dan KM 23, Yogyakarta	Queensland, Australia	*RIOHTrack Full-Scale Track,* China	Jalan Ahmad Yani 1, Pontianak	Bundaran Digulis, Kota Baru, dan Kodam XII, Pontianak	Jalan Letnan Jendral Sutoyo, Pontianak	Jalan Kaliurang KM 8-9, Yogyakarta
5	Hasil Pengujian	Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu tidak terlalu berpengaruh terhadap *skid resistance*, nilai rata-rata SRV pada kondisi basah di bawah standar minimum.	Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu sangat memengaruhi nilai *skid resistance,* koreksi suhu diperlukan untuk akurasi pengukuran.	Hasil pengujian menunjukkan bahwa model koreksi suhu baru menghasilkan prediksi yang lebih akurat untuk performa *skid resistance.*	Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu sangat berpengaruh dalam mengurangi nilai kekesatan (BPN), pada kondisi pagi hari menunjukkan nilai kekesatan yang lebih tertinggi.	Hasil pengujian menunjukkan bahwa jenis perkerasan memengaruhi nilai kekesatan, AC-WC memiliki nilai BPN terendah dibandingkan Laston dan HRS.	Hasil pengujian menunjukkan bahwa kontaminan dapat menurunkan nilai *skid resistance*, penurunan lebih signifikan pada kontaminan pasir dibandingkan air.	Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu permukaan berdampak signifikan terhadap nilai *skid resistance,* dan terdapat hubungan negatif yang kuat. Suhu yang tinggi dan kondisi permukaan yang basah menjadikan nilai BPN dibawah spesifikasi.

Sumber: Novamaulina dkk (2019), Baran (2011), Wu dkk (2020), Novianto dkk (2017), Asnawi dkk (2018), Hakim dkk (2021), Salsabiilaa (2025)

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Keselamatan Pengguna Jalan

Dalam kehidupan sehari-hari manusia menggunakan transportasi sebagai sarana untuk melakukan perjalanan. Hal ini sejalan dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat, sehingga jumlah kendaraan yang berlalu lintas di jalan raya meningkat. Peningkatan jumlah kendaraan berkontribusi pada kepadatan lalu lintas, yang meningkatkan potensi kecelakaan. Berdasarkan data BAPPEDA DIY pada awal tahun 2025 sampai dengan bulan September 2025 tercatat 3.281 kejadian kecelakaan di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta, yang mengakibatkan 56 korban meninggal dunia, 54 luka berat, dan 3.193 luka ringan. Oleh karena itu, masyarakat dihimbau untuk lebih mengutamakan keselamatan dan keamanan saat berkendara. Keselamatan pengguna jalan merupakan aspek penting dalam manajemen lalu lintas yang bertujuan untuk mengurangi risiko kecelakaan.

Terdapat berbagai faktor yang dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas. Menurut Marsaid (2013) hubungan antara faktor kendaraan dan kejadian kecelakaan lalu lintas disebabkan oleh beberapa hal, antara lain rem tidak berfungsi, ban pecah, kendaraan selip, dan lampu kendaraan tidak menyala. Rem merupakan komponen vital yang berfungsi memperlambat atau menghentikan kendaraan dengan mengubah energi kinetik menjadi energi panas melalui gesekan. Kecelakaan akibat selip sering berkaitan dengan pengereman dan kondisi jalan. Saat pengereman, roda kendaraan dan permukaan jalan saling bergesekan. Jika daya cengkram tidak cukup, kendaraan dapat selip. Kondisi jalan basah atau licin juga mengurangi kemampuan cengkram ban, sehingga meningkatkan risiko selip. Oleh karena itu, keselamatan pengguna jalan sangat penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan lalu lintas.

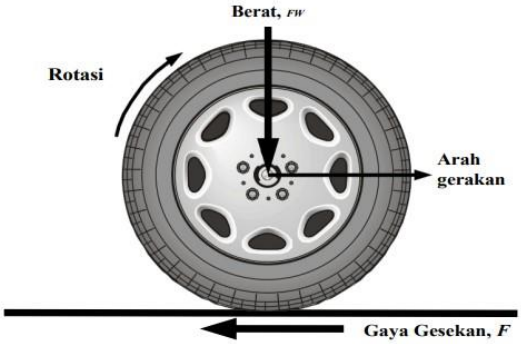
3.2 *Skid Resistance*

Skid resistance adalah gaya yang dihasilkan akibat gesekan antara permukaan jalan dan ban kendaraan saat pengereman. Menurut Aji (2011) kekesatan permukaan jalan adalah kondisi tahanan gesek antara permukaan jalan dan ban kendaraan, sehingga ban tidak mudah selip atau tergelincir, baik pada kondisi basah (saat hujan) maupun kering. Sedangkan menurut Hall dkk (2009) *skid resistance* adalah gaya yang menahan gerakan relatif antara ban kendaraan dan permukaan perkerasan. Kemudian menurut Pandia dkk (2016) nilai *skid resistance* dipengaruhi oleh tingkat kedalaman tekstur permukaan *(texture depth)* dari suatu perkerasan jalan. Semakin kasar dan tajam tekstur permukaan, semakin tinggi nilai *skid resistance* yang dihasilkan, sehingga memberikan kekuatan gesek yang lebih baik dibandingkan permukaan yang licin dan halus.

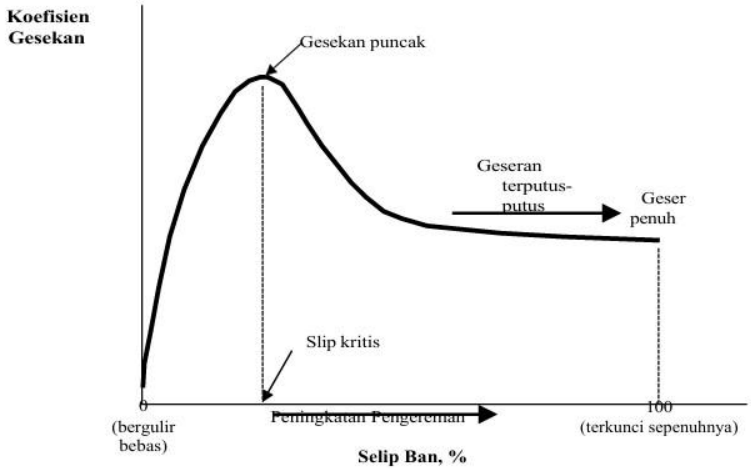
Skid resistance atau kekesatan pada permukaan jalan merupakan salah satu parameter penting dalam bidang keselamatan lalu lintas. Kekesatan ini mengacu pada kemampuan permukaan jalan untuk memberikan gaya gesek yang cukup antara ban kendaraan dan jalan, sehingga mengurangi risiko tergelincir atau selip saat kendaraan melakukan pengereman atau belok. Tingkat *skid resistance* yang baik sangat diperlukan untuk memastikan kendaraan dapat beroperasi dengan aman, terutama pada kondisi jalan basah, licin, atau saat kecepatan tinggi.

3.3 Koefisien Gesek

Koefisien gesek merupakan rasio antara gaya gesek yang terjadi antara ban dan permukaan jalan dengan gaya tekan atau beban yang bekerja tegak lurus pada permukaan tersebut (Fajri, 2025). Tahanan gesek menciptakan daya cengkram yang berhubungan langsung dengan kemampuan ban kendaraan berinteraksi dengan permukaan jalan. Hal ini mempengaruhi jarak pengereman serta stabilitas kendaraan saat melaju. Gesekan pada perkerasan berperan penting dalam memastikan kendaraan tetap berada di jalurnya, karena memberikan pengemudi kemampuan untuk mengendalikan dan bermanuver dengan aman. Penggambaran gaya tahanan ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 yang menunjukkan gaya yang dihasilkan saat ban menggelinding atau meluncur di atas permukaan jalan.



Gambar 3.1 Gaya Gesekan Ban Kendaraan dan Permukaan Jalan
(Sumber: Hall dkk, 2009)



Gambar 3.2 Gesekan Trotoar dan Selip Ban
(Sumber: Hall dkk, 2009)

Koefisien gesekan antara ban dan perkerasan bervariasi seiring dengan tingkat selip, seperti terlihat pada Gambar 3.2. Nilai koefisien gesekan akan meningkat tajam seiring bertambahnya selip hingga mencapai puncaknya, yang umumnya terjadi pada kisaran 10%–20% selip (selip kritis). Setelah itu, gesekan menurun hingga mencapai nilai yang disebut koefisien gesekan geser, yang terjadi pada selip 100 persen. Selisih antara koefisien gesekan puncak dan geser dapat mencapai 50 persen dari nilai slip, dan perbedaan ini cenderung lebih besar pada perkerasan basah dibandingkan perkerasan kering. Dalam artian jika selip melebihi batas, gaya gesek akan berkurang, sehingga daya cengkeram ban menurun. Penurunan ini lebih signifikan pada jalan dalam kondisi basah dibandingkan pada

jalan dengan kondisi kering, yang berarti permukaan jalan dengan kondisi basah lebih berisiko terjadi selip. Koefisien gesek dinyatakan dengan Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$f = \frac{F}{L} \tag{3.1}$$

Keterangan:
f = koefisien gesek,
F = gaya gesek antara ban dan permukaan jalan, dan
L = gaya tekan beban kendaraan.

Nilai gesek (FN) adalah ukuran kemampuan permukaan jalan untuk memberikan tahanan gesek terhadap ban kendaraan agar tidak mudah tergelincir, yang mana nilai ini didapatkan dari koefisien gesek dikali dengan 100. Berdasarkan prinsip hubungan antara gaya gesek dan gaya normal pada permukaan jalan, nilai gesek (FN) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2 berikut.

$$FN = 100 \text{ x } \frac{F}{L} \tag{3.2}$$

Nilai *skid resistance* minimum pada permukaan perkerasan jalan sangat penting untuk menjaga keamanan lalu lintas terutama pada kondisi jalan basah. Menurut Hall dkk(2009) nilai *skid resistance* minimum direkomendasikan berdasarkan tipe lokasi dan kondisi jalan guna menghindari risiko kecelakaan akibat hilangnya traksi atau daya cengkeram ban terhadap permukaan jalan. Nilai minimum *skid resistance* yang disarankan oleh Bullas (1969) dalam standar *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL) yang membagi lokasi ke dalam tiga kategori, yaitu lokasi sulit dengan nilai minimum 65, jalan utama dan berlalulintas berat dengan nilai 55, serta lokasi lainnya dengan nilai minimum 45. Nilai-nilai ini diukur dengan menggunakan alat *portable skid resistance tester* dan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama temperatur dan kondisi permukaan jalan, sehingga pengawasan nilai *skid resistance* harus dilakukan secara berkala agar tingkat keselamatan dapat terjamin.

Nilai *skid resistance* yang tidak memenuhi standar minimum ini menunjukkan permukaan jalan yang licin dan berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan, terutama pada tikungan, bundaran, dan area pendekat persimpangan dengan sinyal lalu lintas. Oleh karena itu, rekomendasi nilai *skid resistance* minimum menjadi acuan penting untuk perancangan dan pemeliharaan permukaan perkerasan jalan agar tercipta kondisi jalan yang aman dan nyaman bagi pengguna jalan Nilai *skid resistance* minimum disajikan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Nilai *Skid Resistance* Minimum yang Disarankan

Kategori	Tipe Lokasi	Nilai *Skid Resistance*
A	Lokasi-lokasi yang sulit seperti: 1. Bundaran 2. Belokan berjari-jari <150 m pada jalan bebas hambatan 3. Kemiringan, 1:20 atau lebih curam, dengan Panjang >100 m 4. Lengan pendekat simpang bersinyal pada jalan bebas hambatan	65
B	Jalan utama/cepat, menerus dan jalan kelas 1 dan jalan berlalu-lintas berat di perkotaan (>2000 kendaraan per hari)	55
C	Lokasi-lokasi lainnya	45

Sumber: Hall dkk (2009)

Skid resistance juga berkaitan erat dengan durabilitas dan perawatan jalan. Permukaan jalan yang mengalami aus atau kerusakan akan menurunkan nilai kekesatan, sehingga memerlukan penanganan seperti pengaspalan ulang atau penggunaan overlay khusus. Oleh karena itu, pemahaman tentang *skid resistance* tidak hanya penting dalam tahap perancangan jalan tetapi juga dalam pengelolaan dan pemeliharaan jaringan jalan agar tetap aman dan nyaman digunakan oleh pengguna jalan.

3.4 Faktor Pengaruh *Skid Resistance*

Nilai *skid resistance* pada permukaan jalan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi dan berkontribusi terhadap tingkat kekesatan permukaan. Salah satu faktor utama adalah jenis dan tekstur perkerasan jalan. Permukaan dengan tekstur kasar dan kedalaman tekstur yang memadai cenderung memberikan nilai *skid resistance* yang lebih tinggi dibandingkan permukaan yang halus dan licin. Ini terjadi karena tekstur kasar mampu meningkatkan efek pengikatan antara ban kendaraan dan permukaan jalan sehingga mengurangi risiko tergelincir, terutama pada kondisi basah (Pandia dkk, 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Shafii (2009) ketahanan selip pada perkerasan tergantung pada sejumlah faktor seperti karakteristik agregat, tekstur permukaan jalan, suhu (udara, ban, trotoar), dan faktor kendaraan. Faktor-faktor inilah yang menjadi pemicu terjadinya kecelakaan akibat selip yang dapat terjadi kapan saja. Berikut beberapa faktor yang mempengaruhi *skid resistance*.

3.4.1 Suhu Permukaan Jalan

Suhu permukaan jalan merupakan salah satu faktor lingkungan yang cukup signifikan mempengaruhi nilai *skid resistance*, khususnya pada perkerasan aspal yang bersifat viskoelastis. Pada suhu tinggi, aspal cenderung menjadi lebih lunak dan lentur, sehingga mengurangi gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, yang berakibat pada penurunan nilai *skid resistance*. Sebaliknya, pada suhu rendah permukaan menjadi lebih keras dan dapat meningkatkan nilai *skid resistance*.

Roda kendaraan terbuat dari bahan viskoelastis dan sifatnya yang dapat mempengaruhi secara signifikan oleh perubahan temperature udara dan temperatur permukaan perkerasan (Hakim, 2020). Hal ini dikarenakan sifat viskoelastis dari bahan perkerasan, terutama aspal, yang akan menjadi lebih lunak pada suhu tinggi. Sebab pada suhu tinggi, aspal yang melunak mengurangi efektivitas tekstur mikro dalam menciptakan gesekan.

Perkerasan aspal memiliki kemampuan menyerap panas dari sinar matahari, sehingga suhu permukaan perkerasan meningkat saat hari terang. Pada siang hari, suhu permukaan perkerasan bisa jauh lebih panas dibandingkan suhu udara di

sekitarnya. Ketika malam hari tiba, perkerasan mulai kehilangan panasnya, dan suhu permukaan akan mendekati atau bahkan sama dengan suhu udara di sekitar. Hal ini sesuai dengan penelitian Novianto dkk (2017) yang menyatakan bahwa perubahan suhu sepanjang hari dan tahun memengaruhi kinerja perkerasan secara signifikan.

Nilai *British Pendulum Number* (BPN) yang diperoleh dari hasil pengujian menggunakan *British Pendulum Tester* (BPT) dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, salah satunya adalah suhu permukaan perkerasan jalan**.** Semakin tinggi suhu permukaan, maka aspal cenderung menjadi lebih lunak sehingga gaya gesek antara ban dan permukaan jalan berkurang. Kondisi ini menyebabkan nilai kekesatan atau *skid resistance* yang terukur menjadi lebih rendah daripada kondisi standar. Sebaliknya, pada suhu yang lebih rendah, permukaan aspal menjadi lebih keras dan menghasilkan nilai kekesatan yang relatif lebih tinggi (SNI 4427:2008).

Agar hasil pengujian dari berbagai kondisi suhu dapat dibandingkan secara setara, maka perlu dilakukan koreksi suhu terhadap nilai BPN. Koreksi suhu berfungsi untuk menyesuaikan hasil pengujian dengan suhu standar acuan, yaitu 27°C, sebagaimana diatur dalam SNI 4427:2008 tentang *Cara Uji Permukaan Kekesatan dengan Alat British Pendulum Test*. Koreksi dilakukan dengan menambahkan nilai tertentu terhadap hasil BPN yang diperoleh di lapangan sesuai dengan rentang suhu saat pengujian. Tabel koreksi suhu terhadap nilai BPN dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Koreksi Nilai *BPN*

Temperatur (°C)	Koreksi
<27	0
27 – 32	+1
32 – 37	+2
>37	+3

Sumber: SNI 4427:2008 (2008)

Sebagai contoh, apabila pengujian dilakukan pada suhu permukaan jalan sebesar 35°C dan nilai BPN sebesar 50, maka nilai BPN terkoreksi diperoleh

dengan perhitungan BPN lapangan + koreksi suhu yang dihitung sebagai 50 + 2 = 52. Sehingga nilai BPN yang dihasilkan adalah 52.

Dengan demikian, nilai BPN yang digunakan untuk analisis adalah 52, yaitu nilai kekesatan yang telah disesuaikan terhadap suhu standar. Melalui koreksi suhu ini, hasil pengujian yang diperoleh pada berbagai kondisi suhu dapat dibandingkan secara objektif dan merepresentasikan nilai kekesatan yang sebenarnya dari perkerasan jalan.

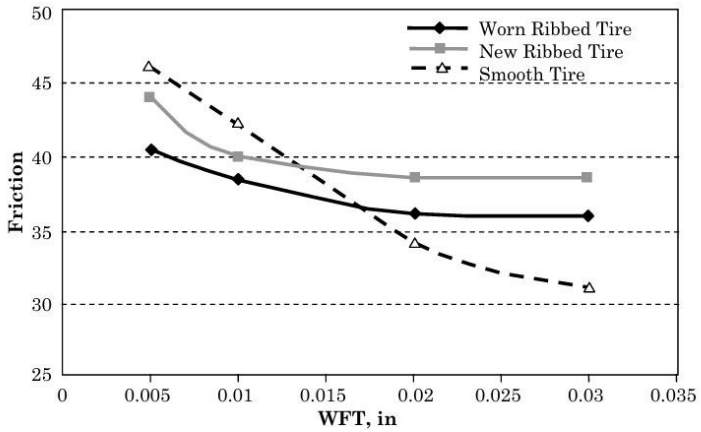
3.4.2 Kondisi Permukaan Jalan

Kondisi permukaan jalan dapat mempengaruhi nilai kekesatan yang terjadi antara ban kendaraan dengan permukaan jalan. Terutama permukaan jalan dengan kondisi lingkungan yang melingkupinya. Sehingga kondisi permukaan tersebut menentukan efektivitas kontak antara ban dan jalan. Adapun kondisi umum yang terjadi pada permukaan perkerasan oleh lingkungan diantara lain sebagai berikut.

1. Kondisi Basah

   Permukaan jalan yang basah adalah salah satu hal penting yang bisa memengaruhi keselamatan mengemudi. Saat hujan turun atau pagi hari dengan embun, air akan menumpuk di atas jalan. Air ini bisa mengurangi daya cengkeram ban mobil terhadap permukaan jalan. Akibatnya, mobil lebih mudah licin, terutama jika berkendara cepat atau melakukan pengereman mendadak. Selain itu, kondisi basah juga memengaruhi SRV, yaitu angka yang menunjukkan seberapa licin atau tidak permukaan jalan. Suwardo dkk (2014) mengatakan bahwa permukaan jalan yang basah lebih bahaya bagi mobil dengan ban yang licin dibandingkan saat permukaan kering. Hal ini terjadi karena terdapat lapisan air yang menghalangi kontak antara ban kendaraan dan permukaan jalan, sehingga interaksi antara keduanya berkurang. Akibatnya, gaya gesek yang terjadi antara ban kendaraan dan permukaan jalan menjadi lebih kecil. Saat permukaan jalan basah setelah hujan, kondisi kekasaran permukaan jalan menunjukkan nilai ketahanan terhadap *skid resistance* yang rendah. Permukaan jalan yang rata dan kuat belum tentu bisa menjamin bahwa permukaan jalan tersebut aman digunakan saat kondisi basah atau hujan (Sjahdanulirwan dkk, 2013). Pengaruh ketebalan lapisan air *(Water Film*

Thickness) terhadap gesekan minimum terjadi pada kecepatan yang rendah, yaitu 64 km/jam). Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3, koefisien gesekan ban kendaraan yang sedang meluncur di permukaan jalan basah menurun secara eksponensial seiring dengan meningkatnya ketebalan lapisan air. Tingkat penurunan koefisien gesekan secara umum semakin lambat ketika ketebalan lapisan air makin tebal. Sebagaimana digambarkan pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Pengaruh Ketebalan Lapisan Air Terhadap Gesekan Perkerasan

(Sumber: Henry, 2000)

2. Kondisi Kering

Permukaan jalan yang kering memberikan angka daya gesek yang lebih tinggi dibandingkan saat jalan basah. Saat jalan kering, ban kendaraan berkontak langsung dengan permukaan jalan secara maksimal, sehingga gaya gesek bisa bekerja dengan baik. Hal ini memungkinkan kendaraan untuk mengendalikan pengereman dan pergerakan dengan lebih baik, sehingga kecelakaan karena selip relatif lebih kecil. Permukaan jalan kering cenderung tetap mempertahankan tekstur dan kekasaran permukaannya, yang merupakan faktor utama dalam menentukan daya gesek. Oleh karena itu, kondisi permukaan jalan kering merupakan kondisi terbaik yang diinginkan untuk memastikan keselamatan berkendara (Fwa, 2021).

3.5 *British Pendulum Tester* (BPT)

Metode *British Pendulum Tester* (BPT) merupakan salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengukur kekesatan atau *skid resistance* permukaan perkerasan jalan. Metode ini menggunakan alat yang dikenal sebagai BPT, yaitu alat uji jenis bandul atau pendulum yang memiliki alas karet yang berfungsi untuk mensimulasikan kontak antara ban kendaraan dan permukaan jalan. Saat bandul dilepaskan, alas karet akan menggesek permukaan jalan, dan energi yang hilang selama kontak tersebut diukur untuk menentukan tingkat tahanan gelincir atau gesekan permukaan jalan

Dalam kata lain alat ini berfungsi untuk menentukan seberapa aman permukaan tersebut bagi kendaraan, terutama dalam kondisi basah. *BPT* bekerja dengan cara mengukur gaya gesek antara pelat yang bergerak dan permukaan yang diuji, memberikan nilai yang dapat digunakan untuk menilai risiko tergelincir. Hasil pengujian BPT dapat dipengaruhi oleh suhu permukaan jalan, sehingga koreksi suhu juga harus diperhatikan sesuai standar yang berlaku. Nilai BPN mempresentasikan sifat-sifat hambatan atau gesekan *(frictional)* (SNI 4427-2008, 2008). Untuk mendapatkan nilai BPN, proses pengujian menggunakan BPT melibatkan penempatan alat pada permukaan yang akan diuji, di mana sebuah pendulum yang terpasang pada alat akan berayun dan menyentuh permukaan tersebut. Nilai gesekan yang dihasilkan diukur dan dinyatakan dalam bentuk angka, yang kemudian dapat dibandingkan dengan standar keselamatan yang ada. Hasil pengujian ini sangat penting dalam perencanaan dan pemeliharaan infrastruktur jalan, terutama di daerah yang rawan kecelakaan akibat licinnya permukaan jalan.

Secara keseluruhan, BPT merupakan metode pengujian yang praktis, akurat, dan sesuai standar internasional untuk mengukur kekesatan permukaan perkerasan. Penggunaan metode ini mendukung peningkatan keselamatan lalu lintas dengan memastikan permukaan jalan memiliki tahanan gelincir yang memadai, mengurangi risiko kecelakaan terutama pada kondisi jalan basah. Oleh karena itu, penulis memilih meneliti *skid resistance* pada Jalan Kaliurang KM 8-9 dengan menerapkan metode BPT.

3.6 *British Pendulum Number* (BPN)

British Pendulum Number (BPN) adalah satuan yang diperoleh dari hasil uji kekesatan permukaan menggunakan alat BPT. BPT bekerja dengan mengukur energi yang hilang akibat gesekan antara karet pada bagian bawah bandul dengan permukaan yang diuji, sehingga angka BPN merepresentasikan tingkat hambatan gesekan yang mampu disediakan oleh permukaan tersebut, semakin tinggi angka BPN maka semakin kesat dan aman permukaan tersebut terhadap risiko selip.

Nilai BPN selain digunakan untuk mempresentasikan tingkat kekesatan permukaan juga berfungsi sebagai indikator langsung risiko kecelakaan akibat selip, serta faktor teknis dalam desain perkerasan dan pemeliharaan infrastruktur transportasi. BPN tidak hanya sekadar nilai empiris, namun juga mempunyai hubungan mekanistik dengan koefisien gesek permukaan yang diuji, sehingga BPN digunakan sebagai dasar penentuan layak atau tidaknya suatu perkerasan jalan.

Menurut standar oleh Bullas (1969) dalam standar *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL) untuk wilayah tropis seperti Indonesia, nilai minimum kekesatan permukaan jalan menggunakan BPT adalah 65 BPN dan nilai minimum 55 BPN untuk permukaan basah dengan arus lalu lintas harian rata-rata >2.000 kendaraan per hari. Pernyataan tersebut berdasarkan Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Nilai Minimum *Skid Resistance Yang Disarankan*

Kategori	Tipe Lokasi	Nilai *Skid Resistance*
A	Lokasi-lokasi yang sulit seperti : 1. Bundaran. 2. Belokan berjari-jari < 150m pada jalan bebas hambatan. 3. Kemiringan 1:20 atau lebih curam, 65 dengan panjang > 100m. 4. Lengan pendek simpang bersinyal pada jalan bebas hambatan.	65
B	Jalan utama/cepat, menerus dan jalan kelas 1 dan jalan berlalulintas berat di perkotaan (>2000 kendaraan per hari).	55
C	Lokasi-lokasi lainnya.	45

Sumber: TRRL (1989)

Selain digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan evaluasi perkerasan jalan, pengujian BPN juga sering diterapkan untuk inspeksi rutin, khususnya pada lokasi yang rawan terjadinya kecelakaan lalu lintas seperti tikungan tajam, persimpangan, maupun daerah penurunan dengan tingkat kemiringan tinggi. Data hasil pengujian BPN kemudian dicatat dan dianalisis untuk menentukan perlunya tindakan peningkatan kekesatan, misalnya melalui perbaikan lapisan permukaan atau penambahan material aggregate dengan tekstur kasar.

Dalam praktik pemeliharaan jalan, BPN menjadi parameter penting karena perubahan nilai kekesatan terjadi akibat faktor usia, abrasi, dan pengaruh lingkungan, sehingga pengecekan berkala sangat dianjurkan. Penurunan nilai BPN di bawah ambang batas yang telah ditetapkan perlu segera diatasi untuk meminimalisir risiko kecelakaan akibat permukaan jalan yang licin, terutama saat kondisi basah atau hujan.

Dengan demikian, penerapan dan pemantauan nilai BPN merupakan bagian integral dari upaya menjaga keselamatan serta kenyamanan pengguna jalan, sekaligus memastikan perkerasan memenuhi standar teknis yang berlaku.

3.7 Relevansi Penelitian terhadap Kondisi Jalan Kaliurang KM 8-9

Jalan Kaliurang merupakan salah satu jalur penting di Daerah Istimewa Yogyakarta, menghubungkan pusat kota dengan kawasan wisata di lereng Gunung Merapi. Jalan Kaliurang sendiri memiliki panjang ruas Yogyakarta – Pakem – Kaliurang sepanjang 20,550 KM dengan jalur yang menerus dan menanjak. Kondisi permukaan jalan pada Jalan Kaliurang tidak selalu mulus, beberapa titik terdapat permukaan jalan yang rusak, seperti jalan berlubang, permukaan jalan yang licin, dan lain sebagainya. Salah satu titik yang menjadi sorotan penelitian ini ialah Jalan Kaliurang KM 8-9 yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.

Gambar 3.4 Peta Udara Jalan Kaliurang KM 8-9
(Sumber: Google Earth, 2025)

Penelitian mengenai kondisi Jalan Kaliurang KM 8-9 sangat relevan mengingat tingginya angka kecelakaan di area tersebut. Pada penelitian Hay (2022) lokasi rawan kecelakaan teridentifikasi di KM 8 dengan nilai *Equivalent Accident Number* (EAN) sebesar 203. Tercatat 3.281 kejadian kecelakaan di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta, yang mengakibatkan 56 korban meninggal dunia, 54 luka berat, dan 3.193 luka ringan (BAPPEDA DIY, 2025). Data kecelakaan BAPPEDA DIY wilayah Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Data Kecelakaan Lalu Lintas DIY Tahun 2021 s/d 2025

Sub Elemen	Tahun					Satuan
	2021	2022	2023	2024	2025	
Jumlah Kecelakaan	5350	7830	6868	7174	3281	Kejadian
Korban Meninggal Dunia	452	570	94	82	56	Jiwa
Korban Luka Ringan	6390	10170	3893	4383	3193	Jiwa
Korban Luka Berat	6	-	58	87	54	Jiwa

Sumber: BAPPEDA DIY (2025)

Selain angka kecelakaan yang cukup tinggi tersebut, terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kecelakaan pada ruas jalan tersebut, salah satunya ialah permukaan jalan yang licin. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Suwardo, 2003) menggunakan *Wessex Skid Tester* menyebutkan bahwa perkerasan di Jalan

Kaliurang memiliki skor *skid resistance* lebih rendah dibandingkan dengan jenis perkerasan lain seperti *concrete block* dan *hot rolled sheet*. Hal tersebut mencerminkan bahwa Jalan Kaliurang teridentifikasi licin/basah, yang mana merupakan faktor penyebab kecelakaan lalu lintas, namun bukan faktor yang berisiko tinggi menyebabkan kematian. Namun tidak menutup kemungkinan, permukaan jalan yang licin dapat ditoleransi.

Permukaan jalan yang licin dapat meningkatkan risiko tergelincir, terutama saat hujan. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas dan memperbaiki infrastruktur sangat penting guna mengurangi angka kecelakaan di area ini. Pengujian dan analisis nilai *skid resistance* pada Jalan Kaliurang KM 8-9 menjadi langkah krusial untuk mengidentifikasi potensi bahaya. Selain itu, evaluasi dan peningkatan *skid resistance* pada permukaan jalan di Jalan Kaliurang KM 8-9 juga diperlukan untuk mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan keselamatan bagi pengguna jalan.

3.8 Jumlah Titik Uji

Titik uji adalah lokasi atau titik spesifik pada suatu objek, sistem, atau lingkungan di mana dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat, kinerja, kondisi, atau karakteristik tertentu sesuai tujuan pengujian tersebut. Titik uji sangat mempengaruhi keandalan data hasil pengujian dan harus dipilih secara cermat sesuai dengan tujuan, metode, dan standar yang berlaku. Titik uji pada pengujian BPT merupakan area permukaan perkerasan yang diuji nilai kekesatannya, umumnya titik uji ini ditentukan pada lokasi-lokasi spesifik yang sering mengalami kontak dengan roda kendaraan seperti lajur lalu lintas *(wheel path)* sesuai dengan kondisi lapangan.

Dalam penelitian ini, perlu adanya jumlah titik uji yang akan menjadi lokasi titik pengujian dan data penelitian yang kemudian akan diolah. Jumlah titik uji ini dimaksudkan untuk mempersempit titik pengujian guna mempermudah teknis pengujian. Untuk menentukan jumlah titik uji pengujian BPT tidak terdapat ketentuan baku, melainkan menggunakan prinsip representatif sesuai kebutuhan dan kondisi lapangan (SNI 4427:2008, 2008). Dengan demikian, tidak ada acuan

jumlah titik uji secara mutlak. Penentuan jumlah titik uji dalam penelitian ini berdasarkan beberapa ketentuan sebagai berikut.

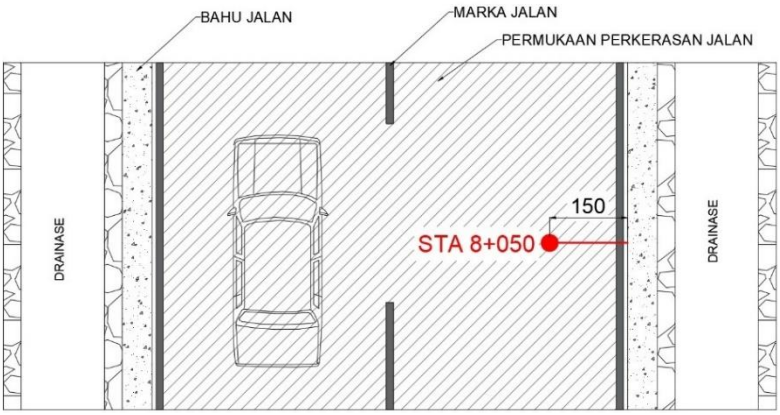
1. Titik uji berada pada area perkerasan yang rawan terjadi kecelakaan.
2. Titik uji tidak pada area yang menunjukkan kerusakan permukaan perkerasan seperti tambalan, retak, amblas, *bleeding* dan cekung.
3. Titik uji berada pada area yang sering dilalui roda kendaraan.
4. Titik uji dipilih merata sepanjang lintasan pengujian, misalnya setiap 10–20 meter menyesuaikan panjang lintasan.

Berdasarkan ketentuan tersebut, jumlah titik uji pada pengujian BPT dalam penelitian ini tidak mengikuti aturan baku tertentu, melainkan disesuaikan secara representatif dengan memperhatikan karakteristik ruas jalan dan kebutuhan penelitian. Penentuan jumlah titik uji dilakukan agar mampu mewakili kondisi permukaan perkerasan secara menyeluruh, dengan distribusi titik uji yang merata sepanjang lintasan serta mempertimbangkan aspek keselamatan dan karakteristik lalu lintas pada lokasi tersebut. Dengan demikian, jumlah titik uji dipilih untuk memberikan gambaran kekesatan perkerasan jalan secara akurat sesuai kondisi aktual di lapangan.

Jalan Kaliurang KM 8-9 memiliki panjang 1 kilometer, sehingga titik-titik pengujian diambil dengan jarak teratur, yaitu setiap 100 meter sepanjang ruas Jalan Kaliurang KM 8-9 hingga titik akhir pengujian dengan pola zig-zag guna mendapatkan interval nilai yang merata dan aktual. Untuk 1 kilometer, interval 100 meter menghasilkan 10 titik uji yaitu di STA 8+000, 8+100, 8+200, sampai 8+900. Area yang dipilih dipastikan tidak di permukaan jalan yang rusak seperti retak, tambalan, atau *bleeding* agar data valid. Untuk lebih memudahkan pembacaan lokasi pengambilan pengujian, disajikan skema gambar pada Gambar 3.5 sebagai berikut.

Gambar 3.5 Titik Pengujian Melalui Peta Udara
(Sumber: Google Earth, 2025)

Posisi *wheel path* merupakan jalur roda kendaraan yang menjadi area kontak langsung antara ban dan permukaan jalan. Jalur *wheel path* ini berdekatan dengan posisi roda kendaraan saat bergerak di jalan raya dan menjadi titik utama beban vertikal kendaraan yang memberi tekanan pada perkerasan jalan. Akibatnya potensi terjadinya kehilangan kekesatan pada permukaan jalan sangat besar, sehingga titik pengujian dipilih di jalur *wheel path* yang mempresentasikan kondisi sebenarnya yang terjadi oleh permukaan perkerasan jalan setiap hari. Pengujian dilakukan di titik *wheel path* pada kedua lajur yaitu lajur Selatan dan lajur Utara. Titik uji ditempatkan pada lajur roda kendaraan 1,5 meter dari tepi jalan di setiap station untuk mendapatkan konsistensi nilai dan mengurangi variabilitas pengujian. Adapun gambaran titik *wheel path* pada permukaan perkerasan jalan pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Titik *Wheel Path* pada Tiap Station

3.9 Analisis Korelasi Suhu dan Nilai *Skid Resistance*

Dalam penelitian ini, hubungan antara suhu dan nilai *skid resistance* perlu dianalisis guna mengetahui sejauh mana peningkatan suhu dapat berdampak pada tingkat kekesatan permukaan jalan, mengingat aspal sendiri memiliki sifat viskoelastik yang sensitif terhadap perubahan temperatur. Menurut Safitri (2016) analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan suatu besaran yang menyatakan bagaimana kuat hubungan suatu variabel dengan variabel lain dengan tidak mempersoalkan apakah suatu variabel tertentu tergantung kepada variabel lain. Dalam kata lain, analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan variabel yang berbeda. Pada penelitian ini, hubungan antara suhu dan nilai *skid resistance* dianalisis menggunakan analisis korelasi statistik, yang mana pemilihan korelasi ini disesuaikan dengan karakteristik data yang diperoleh dari hasil pengujian lapangan.

Suhu dinyatakan dalam derajat celcius (°C), dan *skid resistance* dinyatakan dalam satuan BPN, sehingga keduanya dapat diukur secara numerik dan memiliki jarak antar nilai tetap. Hubungan antara suhu dan *skid resistance* bersifat linier negatif, di mana peningkatan suhu cenderung menurunkan nilai kekesatan permukaan jalan. Karena hubungan yang diamati bersifat linier dan data yang diperoleh dari hasil pengujian lapangan berdistribusi normal, maka perlu adanya uji normalitas dan uji linearitas yang kemudian menjadi syarat data tersebut dapat diuji korelasinya menggunakan Korelasi *Pearson* dan Regresi Linear Sederhana yang menjadi metode paling sesuai untuk digunakan.

3.9.1 Koreksi *Pearson*

Korelasi *Pearson (Pearson Product-Moment Correlation Coefficient)* merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mengukur derajat dan arah hubungan linear antara dua variabel numerik. Metode ini mampu menunjukkan arah hubungan (positif atau negatif), juga tingkat kekuatan hubungan melalui nilai koefisien korelasi (r). Hasil korelasi *Pearson* kemudian dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis regresi linier sederhana, guna memprediksi besarnya perubahan nilai *skid resistance* akibat variasi suhu permukaan jalan.

Penggunaan korelasi Pearson membantu peneliti memahami pola keterkaitan awal antarvariabel sebelum masuk ke tahap analisis lanjutan. Tujuan akhirnya adalah memprediksi seberapa besar perubahan nilai skid resistance yang mungkin terjadi saat suhu permukaan jalan mengalami variasi. Dengan begitu, hubungan statistik yang ditemukan tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga bisa dimanfaatkan secara prediktif. Rumus koefisien korelasi *Pearson* (r) dapat dilihat pada Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$r = \frac{n(\Sigma\, xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \tag{3.2}$$

Keterangan:

r = koefisien korelasi *Pearson,*

x = nilai suhu permukaan jalan (°C),

y = nilai *skid resistance* (BPN), dan

n = jumlah data pengujian.

Sugiyono (2019) menjelaskan bahwa terdapat beberapa tingkat hubungan korelasi antarvariabel berdasar interval koefisien yaitu nilai (r) berkisar antara -1 hingga +1, dengan:

- Nilai r = +1 menunjukkan hubungan linear positif sempurna
- Nilai r = -1 menunjukkan hubungan linear negatif sempurna
- Nilai r = 0 menunjukkan tidak adanya hubungan linear antara dua variabel

Dengan interpretasi pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Interval Koefisien Korelasi Antarvariabel

Nilai (r)	Interpretasi	Arah Hubungan
0,00 – 0,19	Sangat lemah	Positif / Negatif
0,20 – 0,39	Lemah	Positif / Negatif
0,40 – 0,59	Sedang	Positif / Negatif
0,60 – 0,79	Kuat	Positif / Negatif
0,80 – 1,00	Sangat kuat	Positif / Negatif

Sumber: Sugiyono (2019)

Hasil dari analisis korelasi ini akan menunjukkan apakah terdapat kecenderungan bahwa kenaikan suhu permukaan jalan menyebabkan penurunan nilai *skid resistance*, dan apakah hubungan tersebut signifikan secara statistik berdasarkan nilai signifikansi (*p-value*), dengan kriteria:

- $p < 0{,}05$ = hubungan signifikan
- $p \geq 0{,}05$ = hubungan tidak signifikan

3.9.2 Analisis Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi linear merupakan teknik statistik untuk memodelkan dan meneliti pengaruh antara satu atau beberapa variabel bebas terhadap satu variabel terikat (Yusuf dkk, 2024). Pada penelitian ini metode regresi linear bertujuan untuk memprediksi atau menjelaskan bagaimana perubahan pada suhu akan mempengaruhi nilai *skid resistance* jalan. Regresi linear membantu menjelaskan bagaimana perubahan suhu (sebagai variabel bebas) dapat memengaruhi nilai *skid resistance* (sebagai variabel terikat). Dengan kata lain, analisis ini bertujuan untuk membentuk model matematis yang dapat menggambarkan hubungan antara kedua variabel tersebut.

Hubungan antara suhu permukaan perkerasan dan nilai *skid resistance* dianalisis menggunakan model regresi linear sederhana, yang dirumuskan sebagaimana Persamaan 3.3 pada halaman berikutnya.

$$Y = a + bX \quad (3.3)$$

Keterangan:

Y = nilai *skid resistance* (BPN),

X = suhu permukaan jalan (°C),

a = konstanta regresi (nilai Y ketika X = 0), dan

b = koefisien regresi (perubahan Y akibat perubahan X sebesar satu satuan).

Nilai koefisien regresi (b) menunjukkan arah hubungan antara suhu dan *skid resistance*. Jika nilai b bernilai negatif, maka hubungan bersifat berbanding terbalik, artinya semakin tinggi suhu permukaan jalan, nilai *skid resistance* cenderung menurun. Model persamaan ini menjadi dasar untuk menganalisis kecenderungan nilai *skid resistance* pada kondisi suhu tertentu, baik untuk keperluan evaluasi kinerja jalan maupun untuk perencanaan keselamatan lalu lintas.

Setelah diperoleh model persamaan regresi, dilakukan uji signifikansi untuk memastikan apakah variabel suhu benar-benar memiliki pengaruh terhadap nilai *skid resistance*. Dilakukan uji signifikansi dengan tahapan utama, yaitu:

1. Uji Hipotesis (Uji t)

   Uji t digunakan untuk mengetahui apakah variabel bebas (suhu) berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat (BPN). Pengujian hipotesis ini mengambil dasar keputusan dimana:

   a. Pengambilan keputusan:

      - $t_{hitung} > t_{tabel} \rightarrow$ variabel suhu berpengaruh terhadap variabel BPN
      - $t_{hitung} < t_{tabel} \rightarrow$ variabel suhu tidak berpengaruh terhadap variabel BPN

      Dimana untuk menghitung nilai t_{tabel} digunakan rumus sebagaimana Persamaan 3.4 berikut.

$$t_{tabel} = \frac{a}{2} ; n - k - 1 \quad (3.4)$$

Keterangan:

α = tingkat signifikansi (0,05),

n = jumlah sampel,

k = jumlah parameter dalam model regresi (1), dan

n – k = derajat kebebasan (*degree of freedom)*.

Kemudian untuk memperoleh nilai *t* tabel kritis, digunakan tabel distribusi *t (Student's t-Distribution Table),* yaitu tabel statistik yang berisi nilai-nilai kritis dari distribusi *t* pada berbagai tingkat signifikansi (*α*) dan derajat kebebasan (*df*). Tabel ini membantu menentukan apakah nilai *t* hasil perhitungan berada dalam zona penerimaan atau penolakan hipotesis, sehingga keputusan uji statistik bisa dibuat dengan lebih akurat. Melalui tabel tersebut, peneliti dapat mengetahui batas nilai *t* yang harus dilampaui agar hasil pengujian dianggap signifikan secara statistik. Tabel distribusi nilai t dapat dilihat pada Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.6 *Student's Distribution Table*

d.f	$t_{0.10}$	$t_{0.05}$	$t_{0.025}$	$t_{0.01}$	$t_{0.005}$
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	8,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861

Sumber: Ghozali (2019)

Lanjutan Tabel 3.6 *Student's Distribution Table*

d.f	$t_{0.10}$	$t_{0.05}$	$t_{0.025}$	$t_{0.01}$	$t_{0.005}$
20	1,325	1,725	2,056	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,570	2,750
31	1,309	1,696	2,040	2,453	2,744
32	1,309	1,694	2,037	2,449	2,738
33	1,308	1,692	2,035	2,445	2,733
34	1,307	1,691	2,032	2,441	2,728
35	1,306	1,690	2,030	2,438	2,724
36	1,306	1,688	2,028	2,434	2,719
37	1,305	1,687	2,026	2,431	2,715
38	1,304	1,686	2,024	2,429	2,712
39	1,303	1,685	2,023	2,426	2,708
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
41	1,303	1,683	2,020	2,421	2,701
42	1,302	1,682	2,018	2,418	2,698
43	1,302	1,681	2,017	2,416	2,695
44	1,301	1,680	2,015	2,414	2,692
45	1,301	1,679	2,014	2,412	2,690
46	1,300	1,679	2,013	2,410	2,687
47	1,300	1,678	2,012	2,408	2,685
48	1,299	1,677	2,011	2,407	2,682
49	1,299	1,677	2,010	2,405	2,680
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678
51	1,298	1,675	2,008	2,402	2,676
52	1,298	1,675	2,007	2,400	2,674
53	1,298	1,674	2,006	2,399	2,672
54	1,297	1,674	2,005	2,397	2,670
55	1,297	1,673	2,004	2,396	2,668
56	1,297	1,673	2,003	2,395	2,667
57	1,297	1,672	2,002	2,392	2,665
58	1,296	1,672	2,002	2,391	2,663
59	1,296	1,671	2,001	2,391	2,662

Sumber: Ghozali (2019)

Lanjutan Tabel 3.6 *Student's Distribution Table*

d.f	$t_{0.10}$	$t_{0.05}$	$t_{0.025}$	$t_{0.01}$	$t_{0.005}$
60	1,296	1,671	2,000	2,389	2,660
61	1,296	1,670	2,000	2,388	2,659
62	1,295	1,670	1,999	2,387	2,657
63	1,295	1,669	1,998	2,386	2,656
64	1,295	1,669	1,997	2,385	2,655
65	1,295	1,669	1,997	2,384	2,654
66	1,295	1,668	1,996	2,383	2,652
67	1,294	1,668	1,995	2,383	2,651
68	1,294	1,668	1,995	2,382	2,650
69	1,294	1,667	1,994	2,382	2,649
70	1,294	1,667	1,994	2,382	2,648
71	1,294	1,667	1,993	2,381	2,647
72	1,293	1,666	1,993	2,380	2,646
73	1,293	1,666	1,993	2,379	2,645
74	1,293	1,666	1,992	2,378	2,644
75	1,293	1,665	1,992	2,377	2,643
76	1,293	1,665	1,991	2,376	2,642
77	1,292	1,665	1,991	2,376	2,641
78	1,292	1,665	1,991	2,375	2,640
79	1,292	1,664	1,990	2,374	2,640
80	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639
81	1,292	1,664	1,990	2,373	2,638
82	1,292	1,664	1,989	2,373	2,637
83	1,292	1,663	1,989	2,373	2,636
84	1,292	1,663	1,989	2,372	2,636
85	1,292	1,663	1,988	2,371	2,635
86	1,291	1,663	1,988	2,370	2,634
87	1,291	1,663	1,987	2,370	2,634
88	1,291	1,662	1,987	2,369	2,633
89	1,291	1,662	1,987	2,369	2,632
90	1,291	1,662	1,987	2,368	2,632
91	1,291	1,662	1,986	2,368	2,631
92	1,291	1,662	1,986	2,368	2,630
93	1,291	1,661	1,986	2,367	2,630
94	1,291	1,661	1,986	2,367	2,629
95	1,291	1,661	1,985	2,366	2,629
96	1,290	1,661	1,985	2,366	2,628
97	1,290	1,661	1,985	2,365	2,627
98	1,290	1,661	1,984	2,365	2,627
99	1,290	1,660	1,984	2,365	2,626
Inf.	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626

Sumber: Ghozali (2019)

b. Membandingkan nilai Sig, (*p-value*) dari hasil analisis dengan taraf signifikansi ($\alpha = 0,05$):
   1) Jika Sig, < 0,05, maka H_0 ditolak → suhu berpengaruh signifikan terhadap *skid resistance*.
   2) Jika Sig, > 0,05, maka H_0 diterima → suhu tidak berpengaruh signifikan.

   Dengan uji t dan signifikansi, peneliti dapat memastikan bahwa perubahan suhu benar-benar memberikan dampak yang bermakna terhadap hasil pengukuran *skid resistance*.

Melalui uji tersebut, dapat dipastikan bahwa hubungan yang terbentuk antara suhu dan *skid resistance* bukan hanya kebetulan, tetapi benar-benar signifikan secara statistic.

Kemudian dilakukan uji koefisien determinasi (R^2) yang menunjukkan seberapa besar variasi pada variabel terikat (*skid resistance*) yang dapat dijelaskan oleh variabel bebas (suhu permukaan). Nilai R^2 berkisar antara 0 hingga 1, dengan interpretasi sebagai berikut:

1. Nilai R^2 mendekati 1 → hubungan antara suhu dan *skid resistance* sangat kuat.
2. Nilai R^2 mendekati 0 → hubungan antara keduanya sangat lemah.

Contohnya, jika diperoleh $R^2 = 0,82$, maka dapat diartikan bahwa 82% perubahan nilai *skid resistance* dapat dijelaskan oleh perubahan suhu, sedangkan 18% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti tekstur permukaan jalan, kelembaban udara, jenis material perkerasan, dan kondisi ban kendaraan.

Nilai R^2 yang tinggi memperlihatkan bahwa suhu merupakan faktor dominan yang memengaruhi daya cengkeram jalan terhadap ban kendaraan, terutama pada perkerasan aspal yang lebih sensitif terhadap perubahan temperature. Nilai R^2 ini membantu menilai seberapa baik model regresi yang dibentuk dalam menjelaskan hubungan antarvariabel pada penelitian.

3.9.3 Interpretasi Hasil Regresi

Setelah model regresi dan uji signifikansi dilakukan, hasilnya dapat diinterpretasikan untuk mengetahui arah dan besarnya pengaruh suhu terhadap *skid*

resistance. Hasil analisis regresi linear disajikan dalam bentuk persamaan dan grafik hubungan antara suhu dan *skid resistance*.

Sebagai contoh, dari hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak (*Statistical Package for the Social Sciences*) diperoleh persamaan Y = 85 + 0,6X. Maka didapatkan nilai konstanta (a) = 85 menunjukkan nilai *skid resistance* ketika suhu permukaan mendekati 0°C. Kemudian koefisien regresi (b) = -0,6 menunjukkan bahwa setiap kenaikan suhu sebesar 1°C akan menyebabkan penurunan nilai *skid resistance* sebesar 0,6 satuan BPN.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu memiliki pengaruh negatif terhadap nilai *skid resistance*. Dengan demikian, semakin tinggi suhu permukaan jalan, semakin rendah daya cengkeram ban terhadap permukaan jalan, yang dapat meningkatkan potensi terjadinya selip kendaraan terutama saat kondisi basah.

3.9.4 Relevansi Analisis Regresi Linear Dalam Penelitian

Analisis regresi linear memiliki peran penting dalam penelitian ini karena:

1. Menggambarkan hubungan kuantitatif yang jelas

   Melalui regresi linear, hubungan antara suhu dan *skid resistance* dapat digambarkan secara matematis. Ini membantu mengidentifikasi besarnya pengaruh suhu terhadap penurunan gaya gesek pada permukaan jalan.

2. Mendukung analisis empiris dari hasil pengujian lapangan

   Data hasil pengujian BPT yang dilakukan pada berbagai kondisi suhu dapat diolah untuk membentuk model prediktif yang akurat. Model ini dapat digunakan untuk memperkirakan nilai *skid resistance* pada suhu tertentu tanpa perlu melakukan pengujian langsung.

3. Memberikan dasar bagi perencanaan keselamatan jalan

   Hasil regresi membantu menentukan batas suhu kritis di mana nilai *skid resistance* menurun hingga level yang berpotensi berbahaya bagi pengguna jalan. Hal ini penting untuk wilayah beriklim tropis seperti Yogyakarta, yang memiliki intensitas panas tinggi dan fluktuasi suhu siang–malam yang besar.

4. Referensi dalam pengambilan keputusan teknis

   Dengan mengetahui pengaruh suhu terhadap *skid resistance*, pihak pengelola jalan dapat mempertimbangkan pemilihan material atau perawatan permukaan jalan yang tahan terhadap perubahan suhu, guna menjaga keselamatan berkendara.

Dengan demikian, analisis regresi linear menjadi salah satu metode utama dalam mengidentifikasi perubahan *skid resistance* akibat pengaruh suhu, terutama pada perkerasan jalan di wilayah beriklim panas seperti Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian eksperimental merupakan metode penelitian yang paling akurat dalam menentukan hubungan sebab-akibat karena peneliti dapat mengontrol variabel bebas sebelum dan selama penelitian (Akbar dkk, 2023). Penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif eksperimental, yang bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh suhu permukaan jalan terhadap nilai *skid resistance* pada perkerasan lentur di Jalan Kaliurang KM 8-9, Yogyakarta, Pendekatan kuantitatif digunakan karena data yang dikumpulkan berupa angka hasil pengukuran lapangan yang dapat dianalisis secara statistic.

Jenis penelitian ini bersifat eksperimen lapangan *(field experiment)*, karena pengujian dilakukan langsung di lokasi dengan menggunakan alat uji *British Pendulum Tester* (BPT) sesuai standar SNI 4427:2008. Data hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan metode Korelasi *Pearson* dan Regresi Linear Sederhana untuk mengetahui arah, kekuatan, dan besarnya pengaruh suhu terhadap nilai *skid resistance.*

4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

4.2.1 Lokasi

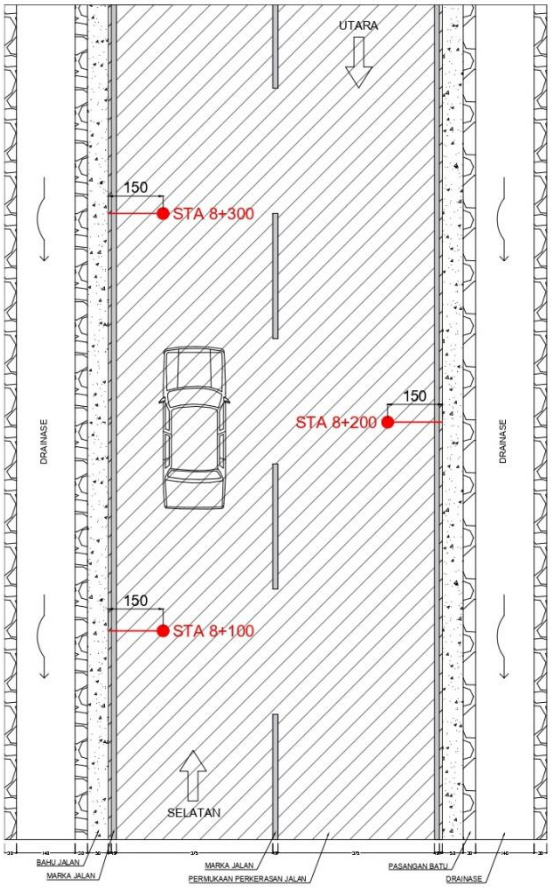
Penelitian berada di wilayah Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, tepatnya Jalan Kaliurang. Penelitian ini dilaksanakan di Jalan Kaliurang KM 8-9, yang merupakan ruas jalan dengan kategori jalan provinsi dengan karakteristik lalu lintas padat. Lingkungan sekitar jalan ini didominasi oleh kawasan pemukiman, perdagangan, dan pendidikan, sehingga intensitas lalu lintas tergolong tinggi, baik oleh kendaraan ringan maupun berat. Sehingga jalan yang baik dan memiliki kekesatan yang cukup, dapat meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

Dari sisi kondisi iklim, Yogyakarta termasuk wilayah dengan iklim tropis basah yang memiliki variasi suhu harian cukup signifikan. Pada siang hari, suhu permukaan aspal dapat meningkat cukup tinggi akibat paparan radiasi matahari, sedangkan pada pagi dan sore hari suhu cenderung menurun. Perbedaan suhu inilah yang berpotensi mempengaruhi nilai kekesatan jalan (*skid resistance*), sehingga lokasi Jalan Kaliurang KM 8-9 dianggap representatif untuk penelitian mengenai pengaruh suhu dan kondisi permukaan jalan terhadap hasil pengujian *British Pendulum Test* (BPT).

Jalan Kaliurang KM 8-9, yang terletak di Ngabean Kulon, Sinduharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan jenis jalan perkerasan lentur dengan 2 arah yaitu lajur Selatan dan lajur Utara. Panjang lintasan yang dijadikan area pengujian yaitu 1 kilometer, dengan titik permulaan berada di STA 8+000 sampai dengan STA 8+900 dengan jarak antar titik 100 meter. Sehingga jumlah titik pengujian didapatkan sebanyak 10 titik dengan minimal lima kali pengulangan ayunan di setiap titik. Adapun pola titik pengujian dilakukan secara zig-zag di sepanjang jalur guna mendapatkan sebaran data yang merata dan representatif terhadap kondisi kekesatan permukaan jalan.

Titik uji terletak di *wheel path* yang mempresentasikan beban vertikal kendaraan yang memberi tekanan paling besar pada perkerasan jalan yang dapat terjadi kehilangan kekesatan. Titik uji terletak 1,5 meter dari tepi jalan dengan lebar ruas jalan pada satu arah seluar 4 meter. Untuk mempermudah pemahaman lokasi pengambilan data, skema penentuan titik uji pada ruas Jalan Kaliurang KM 8-9 disajikan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut.

Gambar 4.1 Station Titik Uji BPT di Jalan Kaliurang KM 8-9



Gambar 4.2 Detail Titik Uji BPT Di Jalan Kaliurang KM 8-9

4.2.2 Waktu

Penelitian ini dilaksanakan dengan meliputi tahap survei pendahuluan, pengambilan data lapangan, serta pengolahan dan analisis data. Pengambilan data di lapangan dilakukan pada beberapa hari dengan perbedaan sesi waktu. Setiap satu hari memiliki satu sesi pengujian dibagi menjadi dua waktu. Pembagian sesi ini bertujuan untuk memperoleh variasi suhu permukaan jalan sehingga memungkinkan analisis hubungan antara suhu dan nilai *skid resistance* secara lebih komprehensif.

Pada pagi hari suhu cenderung akan menurun, sebaliknya pada siang hari suhu dapat meningkat yang mana hal tersebut dapat mempengaruhi kinerja aspal itu sendiri, sehingga waktu yang diambil ialah pada pagi dan siang hari. Dengan variasi waktu pengambilan data ini, perubahan karakteristik viskoelastik aspal akibat perbedaan suhu dapat diamati secara langsung melalui perubahan nilai BPN hasil pengujian. Adapun jadwal pengambilan data lapangan disajikan dalam Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Jadwal Pengambilan Data Lapangan

Tanggal	Sesi	Waktu (WIB)	Titik Uji
Senin, 3 November 2025	Pagi	07.00 – 08.00	5 titik (sisi timur)
		08.00 – 09.00	5 titik (sisi barat)
Selasa, 4 November 2025	Siang	12.00 – 13.00	5 titik (sisi timur)
		13.00 – 14.00	5 titik (sisi barat)

4.3 Metode Pengujian

Menurut SNI 4427:2008, alat *British Pendulum Test* (BPT) terdiri dari beberapa bagian yang meliputi:

1. Lengan pendulum *(pendulum arm),* merupakan batang utama yang dapat berayun bebas dan dilengkapi dengan pemberat di ujungnya. Lengan ini berfungsi sebagai media transfer energi potensial menjadi energi kinetik.
2. *Slider* (sepatu karet) terletak di ujung bawah lengan pendulum dan berfungsi sebagai elemen penggesek. Slider terbuat dari bahan karet standar (grade IRHD 55 ± 5) dengan dimensi panjang 76 mm, lebar 25 mm, dan tebal

sekitar 6,3 mm. Karet ini menggambarkan kondisi kontak ban dengan permukaan jalan.

3. Skala pengukur *(dial scale)* menunjukkan nilai kehilangan energi akibat gesekan dalam satuan BPN.
4. Sistem pelepas *(release mechanism)* yang memungkinkan pendulum dilepaskan dari posisi tertentu secara konsisten.
5. Basis atau rangka utama, yang dapat diatur ketinggiannya agar *slider* menyentuh permukaan uji dengan sudut dan posisi yang sesuai.
6. *Watering bottle* atau *sprayer*, digunakan untuk membasahi permukaan uji sesuai kondisi pengujian basah.
7. Kuas pembersih untuk membersihkan permukaan yang akan diuji dari kotoran.

Alat Uji BPT dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut.

Gambar 4.3 Alat Uji *British Pendulum Tester* (BPT)

Pada bagian utama alat BPT terdapat beberapa komponen penyusun yang berfungsi menunjang kinerja alat tersebut untuk menghasilkan pengukuran nilai skid resistance yang akurat. Berikut komponen-komponen penyusun alat BPT:

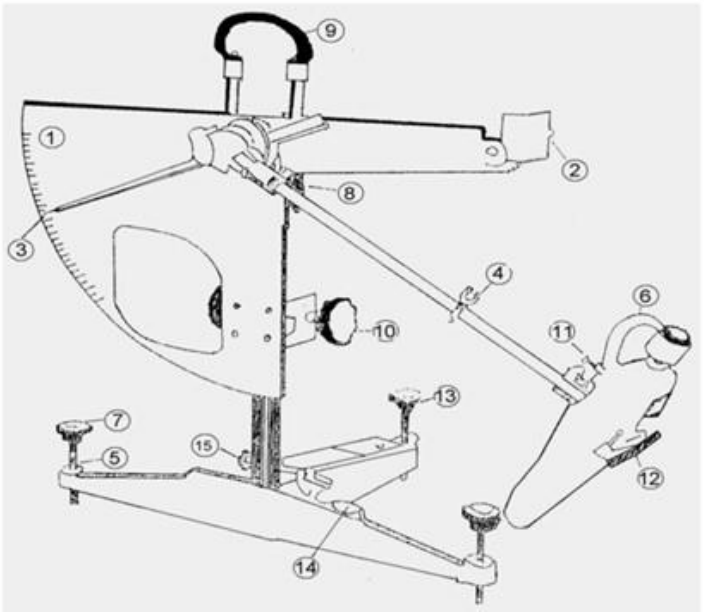
1. Piringan skala ukur

   Menunjukkan hasil pengukuran nilai kekesatan dalam satuan BPN.
2. Tombol pelepas bandul

Berfungsi untuk melepaskan bandul agar dapat berayun bebas saat pengujian dimulai.

3. Lingkaran skala kekesatan
   Tempat pembacaan nilai hasil uji kekesatan dari ayunan bandul.
4. Pengunci bandul
   Mengunci posisi bandul sebelum dilepaskan agar tidak bergerak.
5. Baut diameter 0,95 cm
   Sebagai pengikat komponen utama alat agar tetap kokoh.
6. Pegangan penangkap
   Menahan atau menangkap bandul setelah ayunan selesai.
7. Baut penyetel kedudukan datar kaki depan
   Mengatur keseimbangan alat di bagian depan.
8. Baut pengunci naik-turun
   Mengunci posisi tinggi rendahnya bandul agar tidak berubah.
9. Pegangan pengangkat alat
   Memudahkan dalam memindahkan atau mengangkat alat.
10. Baut pengatur naik-turun
    Menyesuaikan tinggi bandul sesuai kebutuhan pengujian.
11. Pengunci sepatu (peluncur)
    Mengatur posisi dan kekencangan peluncur pada bandul.
12. Karet peluncur
    Bagian yang menyentuh langsung permukaan jalan untuk mengukur koefisien gesek.
13. Baut penyetel kedudukan datar kaki belakang
    Menyeimbangkan posisi alat pada bagian belakang.
14. *Water pass*
    Alat bantu untuk memastikan posisi alat benar-benar datar dan sejajar permukaan.
15. Tombol kontrol kedudukan tegak
    Menyesuaikan agar posisi alat tetap tegak lurus (vertikal) saat pengujian.

Interpretasi dari komponen-komponen pendukung tersebut disajikan pada Gambar 4.4 berikut.



Keterangan:
1) Piringan skala ukur
2) Tombol pelepas bandul
3) Lingkaran skala kekesatan
4) Pengunci bandul
5) Baut diameter 0,95 cm
6) Pegangan penangkap
7) Baut penyetel kedudukan datar pada kaki depan
8) Baut pengunci naik-turun
9) Pegangan untuk pengangkat alat
10) Baut pengatur naik-turun
11) Pengunci sepatu (peluncur)
12) Karet peluncur untuk koefisien kekesatan
13) Baut penyetel kedudukan datar pada kaki belakang
14) Penyipat datar *(Water pass)*
15) Tombol kontrol untuk kedudukan tegak

Gambar 4.4 Peralatan Pengujian Kekesatan Permukaan Perkerasan

(Sumber: SNI 4427:2008, 2008)

4.3.1 Persiapan Pengujian

Sebelum pelaksanaan pengujian, dilakukan serangkaian langkah persiapan untuk memastikan hasil yang diperoleh akurat dan representatif. Tahapan persiapan menurut SNI 4427:2008 meliputi:

2. Pembersihan permukaan uji.

   Permukaan jalan yang akan diuji harus dibersihkan dari kotoran, debu, pasir, minyak, atau bahan asing lainnya. Hal ini penting karena adanya kontaminan dapat mengurangi atau meningkatkan gesekan secara tidak alami.

3. Pemeriksaan kondisi *slider.*

Slider karet harus dalam kondisi bersih, tidak aus, tidak keras, dan bebas dari keretakan. Bila sudah digunakan lebih dari 500 kali atau menunjukkan tanda keausan, maka harus diganti.

4. Persiapan alat.

   Alat diletakkan pada permukaan yang datar dan stabil. Tinggi alat disesuaikan agar permukaan *slider* menyentuh permukaan jalan tepat di bagian tengah lintasan ayunan pendulum dengan sudut kontak 0° ± 5°. Penyetelan ini penting agar energi gesekan yang dihasilkan sesuai dengan standar.

5. Kondisi permukaan pengujian.

   Pengujian dapat dilakukan dalam kondisi kering *(dry test)* maupun basah *(wet test)*. Untuk pengujian basah, permukaan disiram dengan air bersih secara merata sesaat sebelum pendulum dilepaskan.

6. Kalibrasi awal alat

   Sebelum pengujian dimulai, pendulum dilepaskan tanpa menyentuh permukaan uji untuk memastikan jarum pengukur kembali ke nol, menandakan alat bekerja dengan baik.

4.3.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Posisikan alat dan slider.

   Setelah alat disetel dan *slider* menyentuh permukaan uji, pastikan posisi pendulum sejajar dan siap dilepaskan dari ketinggian yang telah ditentukan.

2. Lepaskan pendulum.

   Pendulum dilepaskan secara perlahan menggunakan tuas pelepas sehingga *slider* menyapu permukaan uji sepanjang 125 ± 5 mm.

3. Catat hasil pembacaan.

   Setelah ayunan selesai, baca nilai maksimum pada skala pengukur (*dial*). Nilai tersebut menunjukkan kehilangan energi akibat gesekan yang kemudian dikonversi langsung menjadi nilai BPN.

4. Ulangi pengujian.

Pengujian dilakukan minimal lima kali pada titik yang sama untuk memperoleh hasil yang konsisten. Bila terdapat perbedaan hasil lebih dari ±3 BPN, dilakukan pengujian tambahan hingga nilai stabil.

5. Catat suhu permukaan pengujian.

   Suhu permukaan dicatat karena mempengaruhi nilai gesekan yang hasil pengukuran suhu permukaan aspal biasanya diambil bersamaan menggunakan termometer.

6. Hitung nilai rata-rata.

   Nilai akhir BPN ditentukan dari rata-rata pembacaan stabil setelah pengulangan minimal lima kali.

4.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan komponen utama yang diperlukan untuk menganalisis pengaruh suhu dan kondisi permukaan jalan terhadap nilai *skid resistance*. Dalam penelitian ini, variabel yang dikumpulkan terdiri atas variabel terikat dan variabel bebas, variabel terikat dan variabel bebas diperoleh langsung melalui kegiatan pengukuran di lapangan dengan menggunakan alat BPT dan thermometer. Jenis variabel yang dimaksudkan berupa dua variabel berikut.

1. Variabel Terikat (Y)

   Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya dapat dipengaruhi oleh variabel bebas (Yusuf, 2014). Variabel terikat yang dimaksud dalam penelitian ini adalah nilai *skid resistance* yang diukur menggunakan BPT, nilai ini dinyatakan dalam satuan BPN yang menggambarkan tingkat kekesatan atau kemampuan permukaan jalan untuk memberikan gaya gesek terhadap ban kendaraan. Variabel terikat nilai *skid resistance* didefinisikan dengan variabel (Y). Nilai BPN diperoleh melalui pengujian langsung di lapangan pada beberapa titik pengamatan, nilai BPN ini menjadi variabel *dependent* dalam penelitian karena secara langsung merepresentasikan tingkat keamanan permukaan jalan terhadap potensi selip (*skid*). Adapun kondisi permukaan jalan yang diteliti pada saat pengujian BPT ini yaitu:

a. Kondisi kering

b. Kondisi basah

2. Variabel Bebas (X)

Variabel bebas adalah variabel yang berdiri sendiri dan menjadi faktor yang memengaruhi atau diduga menjadi penyebab terjadinya perubahan pada variabel lain (Yusuf dkk, 2024). Dalam penelitian ini variabel bebas yang dimaksud adalah suhu permukaan perkerasan jalan. Variabel bebas nilai suhu permukaan perkerasan jalan didefinisikan dengan variabel (X). Pengukuran suhu permukaan perkerasan menggunakan alat termometer yang diarahkan langsung ke permukaan aspal. Suhu permukaan jalan berperan sebagai variabel *independent* utama karena aspal bersifat viskoelastik yang dapat mengalami perubahan kekakuan dan elastisitas akibat variasi temperature. Dengan meningkatnya suhu, aspal cenderung menjadi lebih lunak sehingga gaya gesek yang dihasilkan dapat berkurang. Oleh karena itu, data suhu diambil secara konsisten bersamaan dengan setiap pengujian BPT untuk memastikan keterkaitan antara perubahan suhu dan nilai kekesatan yang terukur.

Definisi variabel yang digunakan dalam penelitian ini telah sesuai dengan konseptual korelasi pada penjelasan sebelumnya, yang kemudian disajikan dalam Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Definisi Variabel Terikat dan Variabel Bebas

No	Variabel Penelitian	Definisi	Satuan
1	Nilai *Skid Resistance* (Y)	Nilai koefisien gesek antara ban kendaraan dan permukaan perkerasan jalan	μ
2	Suhu Permukaan (X)	Suhu permukaan perkerasan jalan saat pengujian	°C

4.5 Data Penelitian

Data penelitian merupakan bahan utama dalam menganalisis suatu fenomena yang diteliti guna menarik kesimpulan yang objektif dan ilmiah. Dalam penelitian ini data penelitian terbagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder. Adapun data primer dan data sekunder yang dimaksud sebagai berikut.

1. Data Primer

   Data primer pada penelitian ini adalah data yang diperoleh secara langsung dari hasil pengukuran di lapangan, tanpa melalui perantara atau sumber lain. Data tersebut dikumpulkan peneliti sendiri melalui pengujian langsung terhadap permukaan jalan menggunakan alat BPT sesuai dengan SNI 4427:2008 tentang Cara Uji Kekesatan Permukaan Perkerasan Jalan. Berikut merupakan data primer yang dikumpulkan peneliti.

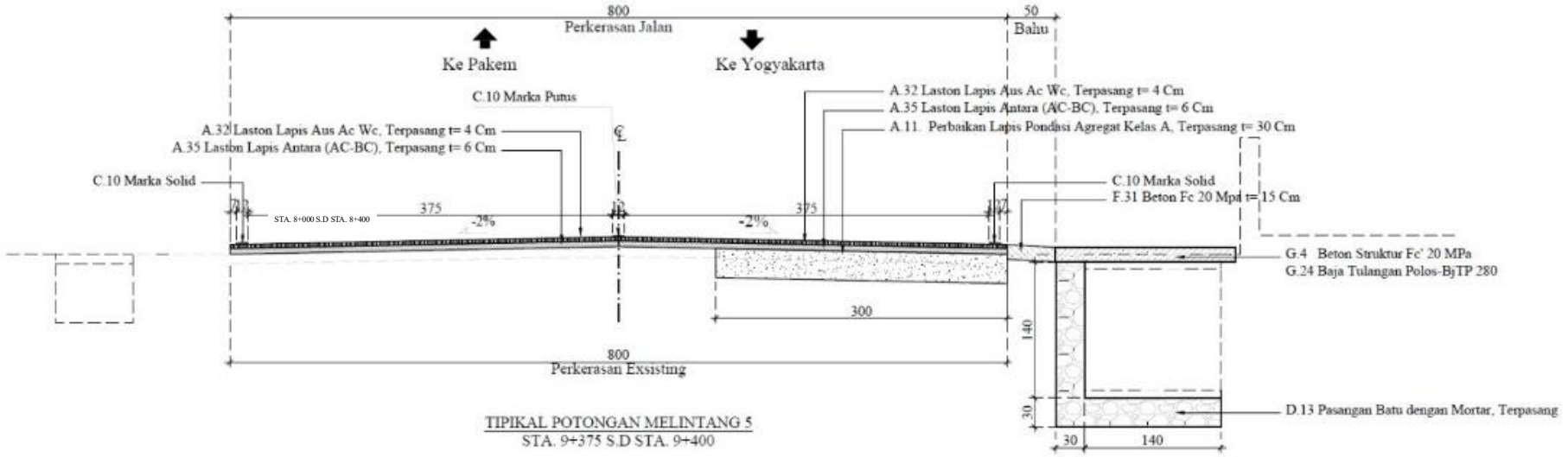
   a. Nilai BPN hasil uji kekesatan permukaan jalan di setiap titik pengamatan.
   b. Suhu permukaan perkerasan yang diukur secara langsung di lokasi menggunakan termometer.

   Data primer digunakan untuk menganalisis hubungan antara suhu permukaan jalan dan nilai *skid resistance*, serta untuk mengetahui bagaimana kondisi permukaan jalan memengaruhi tingkat kekesatan secara empiris.

2. Data Sekunder

   Data sekunder dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari sumber lain yang telah tersedia sebelumnya, bukan hasil pengukuran langsung oleh peneliti. Data sekunder yang dikumpulkan mencakup informasi teknis mengenai jenis perkerasan yang digunakan, data kecelakaan, tipe jalan, serta nilai EAN pada ruas Jalan Kaliurang KM 8-9. Data sekunder yang diperoleh melalui instansi terkait seperti DPU-PESDM DIY Bidang Bina Marga yaitu gambar potongan melintang STA 8+000 sampai dengan STA 8+400 Jalan Kaliurang, data kecelakaan dari BAPPEDA DIY, dan nilai EAN Jalan Kaliurang KM 8 hasil penelitian (Hay, 2022). Berikut data sekunder yang didapatkan dari instansi dan penelitian terkait.

a. Potongan melintang perkerasan Jalan Kaliurang KM 8-9 STA 8+000 sampai dengan STA 8+400 disajikan pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Potongan Melintang STA 8+000 s/d STA 8+400
(Sumber: DPU-PESDM, 2025)

b. Tipe jalan pada Jalan Kaliurang merupakan jalan provinsi
c. Data kecelakaan lalu lintas tahun 2021 s/d 2025 disajikan pada Gambar 3.4
d. Jenis perkerasan merupakan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan keterangan lapis perkerasan sebagai berikut.
    1) Lapisan Permukaan (*Surface Course*):
        a) Laston Lapis Aus (AC-WC) tebal 4 cm
        b) Laston Lapis Antara (AC-BC) tebal 6 cm
    2) Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)
        Terdapat perbaikan lapisan pondasi agregat kelas A dengan tebal 30 cm
e. Nilai EAN di Jl Kaliurang KM 8 yang telah disebutkan pada BAB I

4.6 Alat-Alat Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, digunakan beberapa alat untuk menunjang proses pengumpulan data di lapangan maupun pengukuran yang dibutuhkan. Alat-alat yang digunakan diuraikan sebagai berikut.

1. *British Pendulum Test (BPT)*

    BPT merupakan alat utama yang digunakan untuk mengukur tingkat *skid resistance* atau tahan gesek permukaan jalan. Sebelum dilaksanakan pengujian, alat BPT harus dalam kondisi sebagai berikut sebagaimana sesuai dengan acuan SNI 4427:2008.

    a. Seperangkat alat BPT memiliki berat (1500 ± 30) g.
    b. Jarak antara titik pusat pendulum dan pusat oskilasi (*oscillation*) ialah 411± 5 mm.
    c. Alat uji disetel dan kedudukan kontak karet peluncurnya harus sepanjang 124 mm sampai 127 mm untuk pengujian pada permukaan yang rata, dan sepanjang 75 mm sampai 78 mm untuk pengujian pemolesan pada benda uji berbentuk lengkung.
    d. Berat per dan pengatur kontak peluncur atau berat dalam keadaan normal rata-rata (2,500 ± 100) g, serta menyentuh karet peluncur selebar 76 mm.

2. *Thermometer*

   Termometer digunakan untuk mengukur suhu permukaan jalan. Pengukuran suhu ini penting untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap nilai *skid resistance*. Pengukuran dilakukan pada saat yang bersamaan dengan pengujian BPT agar korelasi antara suhu dan nilai BPN dapat dianalisis.

3. *Roll meter*

   Alat ini digunakan untuk mengukur jarak antar titik sampel pada saat pengujian berlangsung. Serta mengukur titik pengujian di jalur *wheelpath*.

4. Kamera *Handphone*

   Kamera *handphone* digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan pengujian di lapangan, termasuk kondisi cuaca, permukaan jalan, dan tahapan pengujian. Dokumentasi ini bermanfaat sebagai pelengkap laporan serta bukti visual dalam proses penelitian.

5. Alat Tulis dan Lembar Pencatatan Data

   Digunakan untuk mencatat hasil pengukuran *BPN*, suhu permukaan, waktu, dan kondisi cuaca pada saat pengujian. Data ini nantinya diolah untuk dianalisis dalam bab selanjutnya.

6. Cat Semprot

   Cat semprot digunakan untuk menandai titik sampel pada saat pengujian agar pada pengujian selanjutnya dapat mudah dilaksanakan.

4.7 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan tahapan penting untuk memperoleh data yang akurat dan representatif terhadap kondisi sebenarnya di lapangan. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara langsung di lapangan. Data yang dikumpulkan terdiri dari data nilai *skid resistance* dan suhu permukaan perkerasan jalan. Tahapan pengumpulan data dilakukan sebagai berikut.

4.7.1 Pengujian *British Pendulum Test*

Pengujian dilakukan menggunakan alat BPT. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 4427:2008, dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Penentuan Titik Lokasi Pengujian

   Lokasi pengujian ditentukan secara sistematis pada ruas Jalan Kaliurang KM 8-9 dengan menggunakan persamaan 3.1, dengan total titik pengujian sebanyak 10 titik dengan 5 titik di sisi Barat dan 5 titik di sisi Timur dengan jarak antar titik sebesar 100 meter sebagaimana yang terlampir pada Gambar 4.1 dan 4.2. Titik pengujian terdapat pada jalur *wheelpath* kendaraan yang berada 1,5 meter dari tepi jalan.

2. Persiapan Alat dan Permukaan Uji

   Permukaan perkerasan dibersihkan dari debu, pasir, dan benda asing lainnya. BPT dikalibrasi dan diletakkan tegak lurus terhadap permukaan uji. Slider karet dipastikan dalam kondisi bersih dan tidak aus.

3. Kondisi Permukaan (Kering dan Basah)

   Pengujian dilakukan pada dua kondisi:

   a. Kering : tanpa pembasahan tambahan
   b. Basah : permukaan disemprot menggunakan air bersih secara merata, lalu dibiarkan selama ± 1 menit sebelum dilakukan pengujian.

4. Pelaksanaan Pengujian

   Lengan pendulum dilepas dan dibiarkan berayun sehingga slider menyentuh permukaan uji. Nilai BPN dibaca dari skala yang tersedia. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap titik untuk mendapatkan rata-rata nilai yang lebih akurat.

5. Pencatatan Data

   Setiap nilai hasil ayunan pendulum dicatat, beserta suhu permukaan, dan waktu saat pengujian. Kemudian akan didapatkan hasil nilai BPN koreksi dengan melihat Tabel 3.2.

4.7.2 Pengukuran Suhu Permukaan Perkerasan

Suhu permukaan perkerasan jalan diukur menggunakan termometer, dengan prosedur sebagai berikut:

1. Pengukuran Dilakukan Sebelum Uji BPT

   Untuk memastikan suhu yang tercatat adalah suhu aktual saat pengujian berlangsung, pengukuran dilakukan tepat sebelum setiap uji BPT.

2. Pengukuran Pada Permukaan Uji yang Sama

   Termometer diarahkan langsung ke titik permukaan yang akan diuji oleh BPT.

3. Pengukuran di Kondisi Kering dan Basah

   Suhu dicatat baik sebelum maupun sesudah permukaan dibasahi, untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi tersebut.

4. Pencatatan Data Suhu

   Nilai suhu permukaan dicatat dalam satuan derajat celcius (°C), kemudian mencatat hasil nilai BPN koreksi dengan cara melihat Tabel 3.2, dimana angka koreksi ditentukan dengan melihat suhu yang didapat, kemudian nilai SRV ditambah angka koreksi sehingga dapat langsung mendapatkan hasil nilai BPN koreksi.

4.8 Metode Analisis Data

Metode analisis data merupakan tahapan untuk mengolah dan menafsirkan data hasil pengujian sehingga dapat menjawab rumusan masalah penelitian. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan dengan pendekatan statistik deskriptif, analisis Korelasi *Pearson*, dan analisis Regresi Linear Sederhana. Dalam melakukan analisis data pada penelitian ini, dilakukan olah data dengan pengerjaan sebagai berikut.

4.8.1 Pengolahan Data Hasil Pengujian

Tahapan pertama dalam analisis data adalah pengolahan hasil pengujian yang diperoleh dari lapangan. Data yang digunakan meliputi hasil pengukuran nilai BPN dan suhu permukaan jalan dari setiap titik uji. Proses pengolahan dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Menginput seluruh data hasil pengujian ke dalam tabel menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel.*

2. Menghitung nilai rata-rata dari lima kali pengujian BPN pada setiap titik uji untuk memperoleh hasil yang stabil dan representatif.
3. Melakukan koreksi suhu terhadap nilai BPN sesuai ketentuan SNI 4427:2008 agar hasil uji dari berbagai kondisi suhu dapat dibandingkan dengan suhu standar 27°C.
4. Menyajikan hasil nilai BPN akhir dalam bentuk tabel dan grafik pada kondisi kering dan basah di dua sesi.

Langkah ini bertujuan untuk menyiapkan data yang bersih, terstruktur, dan siap dianalisis secara statistik pada tahap berikutnya.

4.8.2 Analisis Statistik Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menggambarkan karakteristik umum dari data yang diperoleh. Parameter yang digunakan antara lain nilai maksimum, minimum, rata-rata *(mean),* serta simpangan baku *(standard deviation)*. Analisis ini berfungsi untuk mengetahui:

1. Kisaran nilai BPN yang diperoleh dari hasil pengujian.
2. Perbedaan nilai BPN pada kondisi permukaan basah dan kering.
3. Pola penurunan atau peningkatan nilai BPN seiring perubahan suhu permukaan jalan.

Hasil dari analisis deskriptif kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar kecenderungan perubahan nilai *skid resistance* dapat dilihat secara visual. Dengan cara ini, peneliti dapat memahami distribusi data dan tingkat variasi antar titik uji di lapangan.

4.8.3 Analisis Korelasi *Pearson*

Setelah data diolah secara deskriptif, tahap selanjutnya adalah analisis Korelasi Pearson untuk mengetahui tingkat hubungan antara suhu permukaan jalan (variabel bebas) dan nilai *skid resistance* (variabel terikat). Koefisien korelasi (r) menggunakan rumus 3.2 dengan penjelasan sebagai berikut.

Nilai r berkisar antara -1 sampai +1, di mana:

1. Nilai r positif menunjukkan hubungan searah (suhu naik, BPN naik).
2. Nilai r negatif menunjukkan hubungan berlawanan arah (suhu naik, BPN turun).

3. Nilai r mendekati 0 menunjukkan tidak ada hubungan yang signifikan.

Uji signifikansi dilakukan pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Jika nilai p-value < 0,05, maka hubungan antar variabel dianggap signifikan secara statistik.

4.8.4 Analisis Regresi Linear Sederhana

Untuk mengetahui besarnya pengaruh suhu terhadap perubahan nilai *skid resistance*, digunakan analisis regresi linear sederhana. Model persamaan yang digunakan berdasarkan rumus 3.3. Hasil regresi kemudian diuji menggunakan *R-squared (R^2)* untuk melihat seberapa besar variabel suhu mempengaruhi perubahan nilai BPN. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan hubungan yang kuat, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan pengaruh yang lemah,

4.8.5 Interpretasi dan Pembahasan Hasil Analisis

Tahapan akhir adalah interpretasi hasil korelasi dan regresi yang diperoleh. Hasil tersebut dibandingkan dengan standar nilai kekesatan minimum yang disarankan oleh Bullas (1969) dalam standar *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL) yang membagi lokasi ke dalam tiga kategori, yaitu lokasi sulit dengan nilai minimum 65, jalan utama dan berlalulintas berat dengan nilai 55, serta lokasi lainnya dengan nilai minimum 45.

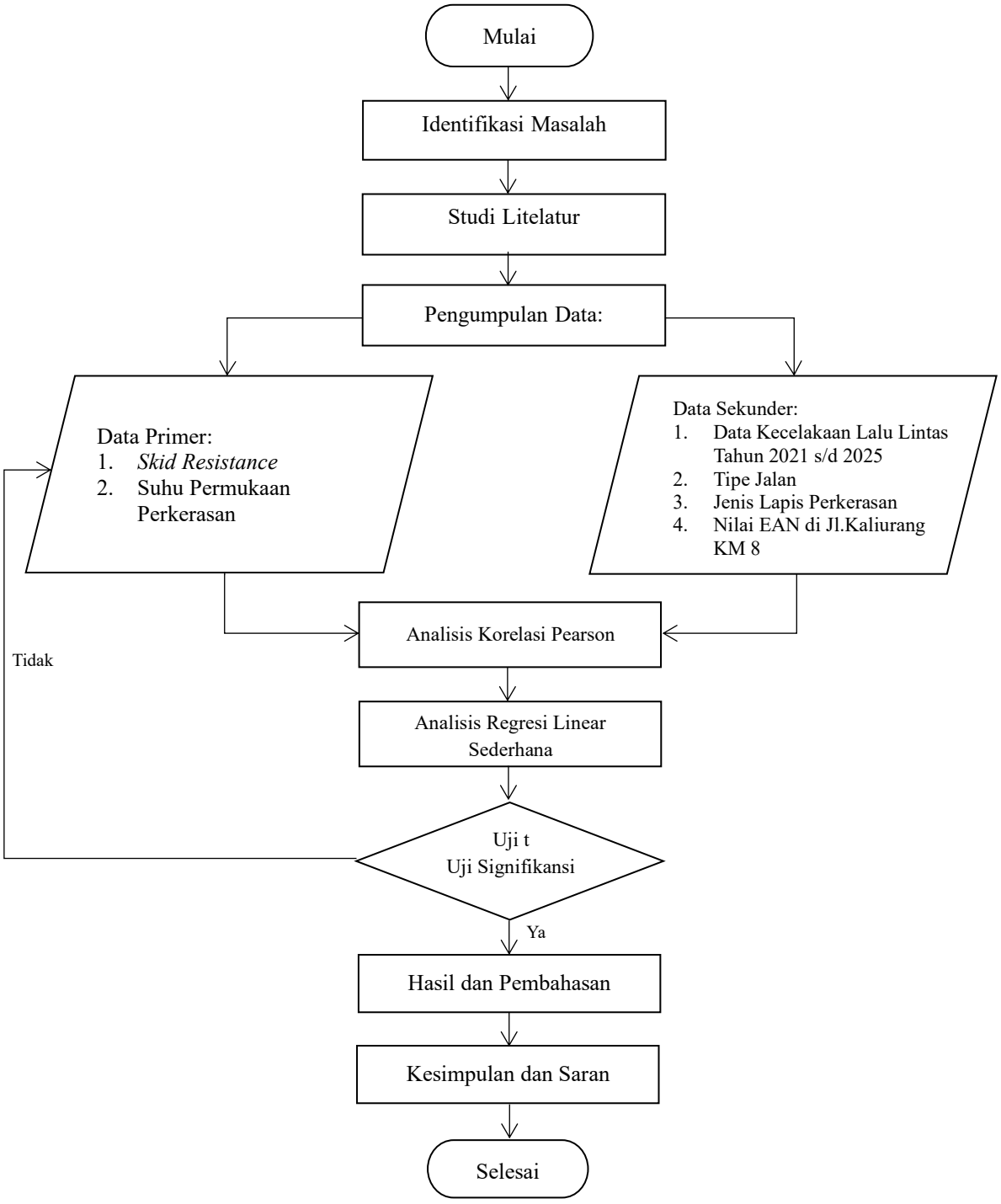
Interpretasi dilakukan dengan menjawab beberapa aspek utama, yaitu:

1. Nilai *skid resistance* pada permukaan jalan di Jalan Kaliurang KM 8-9 berdasarkan hasil pengujian menggunakan BPT.
2. Hubungan antara nilai *skid resistance* terhadap faktor keberadaan air, dan suhu pada permukaan jalan.
3. Dampak faktor suhu dan permukaan jalan yang basah terhadap keselamatan pengguna jalan.

Dari hasil analisis tersebut, dapat ditarik kesimpulan mengenai hubungan fungsional antara suhu dan kekesatan jalan, serta rekomendasi teknis terhadap upaya peningkatan keselamatan pengguna jalan.

4.9 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian ini dapat dilihat dalam *flowchart* pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 *Flowchart* Penelitian

BAB V
HASIL, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil

Berdasarkan pengujian lapangan yang telah dilakukan di Jalan Kaliurang KM 8-9, didapatkanlah hasil nilai *skid resistance* dan suhu permukaan jalan dengan berbagai kondisi dan waktu. Adapun hasil pengujian tersebut adalah sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Nilai *Skid Resistance* pada Waktu Pagi

Pengujian pada waktu pagi dilakukan pada pukul 07.00–09.00 WIB. Pengujian dilakukan di sepuluh titik uji pada ruas Jalan Kaliurang KM 8-9, dengan masing-masing titik diukur sebanyak lima kali menggunakan *British Pendulum Tester* (BPT). Pengamatan dilakukan pada dua kondisi, yaitu permukaan kering dan permukaan basah. Hasil pengujian nilai *skid resistance* menggunakan alat BPT pada waktu pagi dengan kondisi kering dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Nilai *Skid Resistance* Waktu Pagi Kondisi Kering

No.	Sisi	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	*Skid Resistance Value (SRV)*					Rata-rata
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	
1	Barat	8+000	24,5	91	91	90	89	90	90,20
		8+200	25	89	89	88	88	89	88,60
		8+400	25,5	89	87	87	86	89	87,60
		8+600	26	86	86	85	87	89	86,60
		8+800	26,5	85	85	86	85	86	85,40
2	Timur	8+100	27	82	83	82	82	82	82,20
		8+300	27,5	80	80	81	81	81	80,60
		8+500	28	78	79	80	81	79	79,40
		8+700	28	80	81	79	80	79	79,80
		8+900	29	78	78	79	77	77	77,80

Adapun hasil pengujian nilai *skid resistance* menggunakan alat BPT pada waktu pagi dengan kondisi basah dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Nilai *Skid Resistance* Waktu Pagi Kondisi Basah

No.	Sisi	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	*Skid Resistance Value (SRV)*					Rata-rata
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	
1	Barat	8+000	24	58	56	57	59	58	57,60
		8+200	24,5	56	55	56	56	55	55,60
		8+400	24	53	54	54	55	54	54,00
		8+600	25,5	52	53	53	54	52	52,80
		8+800	26	50	49	50	51	50	50,00
2	Timur	8+100	26,5	48	50	50	49	48	49,00
		8+300	27	47	46	48	48	47	47,20
		8+500	27,5	47	48	49	47	48	47,80
		8+700	27	46	46	47	48	47	46,80
		8+900	28	45	44	45	43	44	44,20

5.1.2 Hasil Nilai *Skid Resistance* pada Waktu Siang

Pengujian pada waktu siang dilakukan pada pukul 12.00–14.00 WIB. Pengujian dilakukan di sepuluh titik uji pada ruas Jalan Kaliurang KM 8-9, dengan masing-masing titik diukur sebanyak lima kali menggunakan BPT. Pengamatan dilakukan pada dua kondisi, yaitu permukaan kering dan permukaan basah. Hasil pengujian nilai *skid resistance* menggunakan alat BPT pada waktu siang dengan kondisi kering dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Nilai *Skid Resistance* Waktu Siang Kondisi Kering

No.	Sisi	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	*Skid Resistance Value (SRV)*					Rata-rata
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	
1	Barat	8+000	30	84	85	86	84	84	84,60
		8+200	31	83	83	84	84	83	83,40
		8+400	32	82	84	86	85	84	84,20
		8+600	33	82	83	83	83	82	82,60
		8+800	33,5	81	81	80	80	81	80,60
2	Timur	8+100	34	78	79	81	82	79	79,80
		8+300	34,5	77	75	77	78	76	76,60
		8+500	35	75	74	73	75	73	74,00
		8+700	35,5	72	74	72	72	73	72,60
		8+900	36	71	73	72	72	73	72,20

Adapun hasil pengujian nilai *skid resistance* menggunakan alat BPT pada waktu pagi dengan kondisi basah dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Nilai *Skid Resistance* Waktu Siang Kondisi Basah

No.	Sisi	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	*Skid Resistance Value (SRV)*					Rata-rata
				Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	
1	Barat	8+000	29,5	53	52	51	52	53	52,20
		8+200	30,5	52	51	50	50	52	51,00
		8+400	31	45	47	47	46	46	46,20
		8+600	31,5	44	46	45	44	45	44,80
		8+800	32	45	44	43	43	44	43,80
2	Timur	8+100	32,5	45	44	43	45	45	44,40
		8+300	33	43	44	44	45	44	44,00
		8+500	33,5	42	43	43	42	44	42,80
		8+700	34	44	44	42	43	42	43,00
		8+900	35	44	42	41	41	42	42,00

5.1.3 Hasil Nilai BPN Koreksi

Koreksi nilai *Skid Resistance Value* (SRV) perlu dilakukan guna menghilangkan pengaruh suhu terhadap elastisitas karet pendulum dan memperoleh nilai yang mewakili kondisi standar (20°C), sebagaimana telah tercantum pada SNI 4427:2008 tentang *Cara Uji Permukaan Kekesatan dengan Alat British Pendulum Test*. Koreksi dilakukan dengan menambahkan nilai tertentu terhadap hasil BPN yang diperoleh di lapangan sesuai dengan rentang suhu pada Tabel 3.2 yang kemudian di peroleh nilai BPN koreksi. Rekapitulasi hasil nilai BPN koreksi kondisi kering dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Nilai BPN Koreksi Kondisi Kering

Sesi Waktu	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	Rata-rata SRV	Angka Koreksi	Nilai BPN
Pagi	8+000	24,5	90,20	0	90,20
	8+200	25	88,60	0	88,60
	8+400	25,5	87,60	0	87,60
	8+600	26	86,60	0	86,60
	8+800	26,5	85,40	0	85,40
	8+100	27	82,20	1	83,20
	8+300	27,5	80,60	1	81,60
	8+500	28	79,40	1	80,40
	8+700	28	79,80	1	80,80

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Nilai BPN Koreksi Kondisi Kering

Sesi Waktu	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	Rata-rata SRV	Angka Koreksi	Nilai BPN
Pagi	8+900	29	77,80	1	78,80
Siang	8+000	30	84,60	1	85,60
	8+200	31	83,40	1	84,40
	8+400	32	84,20	1	86,20
	8+600	33	82,60	2	84,60
	8+800	33,5	80,60	2	82,60
	8+100	34	79,80	2	81,80
	8+300	34,5	76,60	2	78,60
	8+500	35	74,00	2	76,00
	8+700	35,5	72,60	2	74,60
	8+900	36	72,20	2	74,20

Adapun hasil koreksi nilai BPN pada kondisi basah dapat dilihat pada rekapitulasi hasil pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Nilai BPN Koreksi Kondisi Basah

Sesi Waktu	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	Rata-rata SRV	Angka Koreksi	Nilai BPN
Pagi	8+000	24	57,60	0	57,60
	8+200	24,5	55,60	0	55,60
	8+400	24	54,00	0	54,00
	8+600	25,5	52,80	0	52,80
	8+800	26	50,00	0	50,00
	8+100	26,5	49,00	0	49,00
	8+300	27	47,20	1	48,20
	8+500	27,5	47,80	1	48,80
	8+700	27	46,80	1	47,80
	8+900	28	44,20	1	45,20
Siang	8+000	29,5	52,20	1	54,20
	8+200	30,5	51,00	1	53,00
	8+400	31	46,20	1	48,20
	8+600	31,5	44,80	1	46,80
	8+800	32	43,80	2	45,80
	8+100	32,5	44,40	2	46,40
	8+300	33	44,00	2	45,00
	8+500	33,5	42,80	2	43,80
	8+700	34	43,00	2	44,00
	8+900	35	42,00	2	43,00

5.2 Analisis

Tahap analisis mencangkup pengujian normalitas, uji linearitas, uji korelasi Pearson, dan analisis regresi linear sederhana guna mengetahui pengaruh suhu permukaan terhadap nilai *skid resistance*. Analisis statistik tersebut menggunakan perangkat lunak *Statistical Program for Social Science* (SPSS) v.25 untuk mengolah, menganalisis, dan menafsirkan data penelitian secara kuantitatif.

5.2.1 Uji Normalitas dan Uji Linearitas

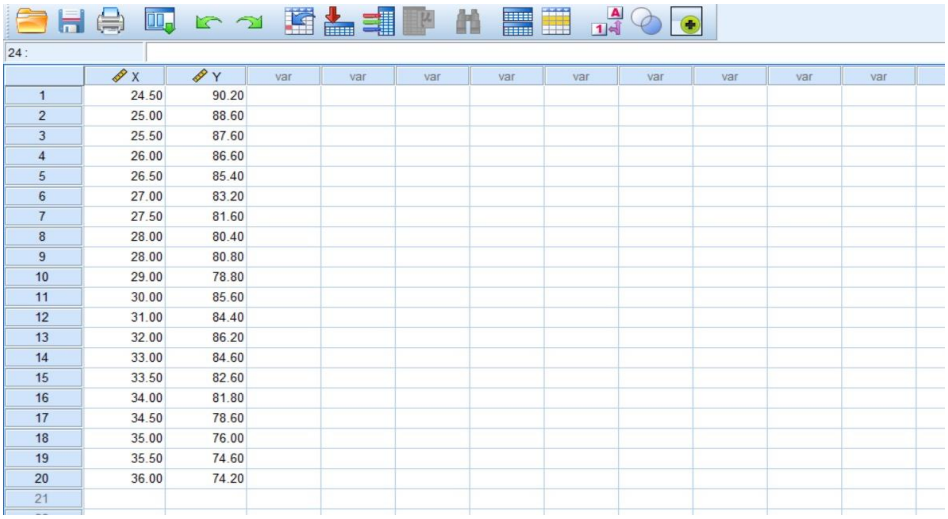
Sebagai syarat dilakukannya uji korelasi *Pearson* dan regresi linear sederhana, variabel harus terdistribusi normal dan linear. Maka dari itu, perlu dilakukan uji normalitas dan uji linieritas.

1. Uji Normalitas

   Uji normalitas digunakan untuk menentukan apakah data yang digunakan berupa data yang berdistribusi normal atau tidak. Jenis uji normalitas yang digunakan adalah *Shapiro-Wilk,* dikarenakan jumlah sampel uji <50.

   Uji normalitas dengan perangkat lunak SPSS dapat dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut.

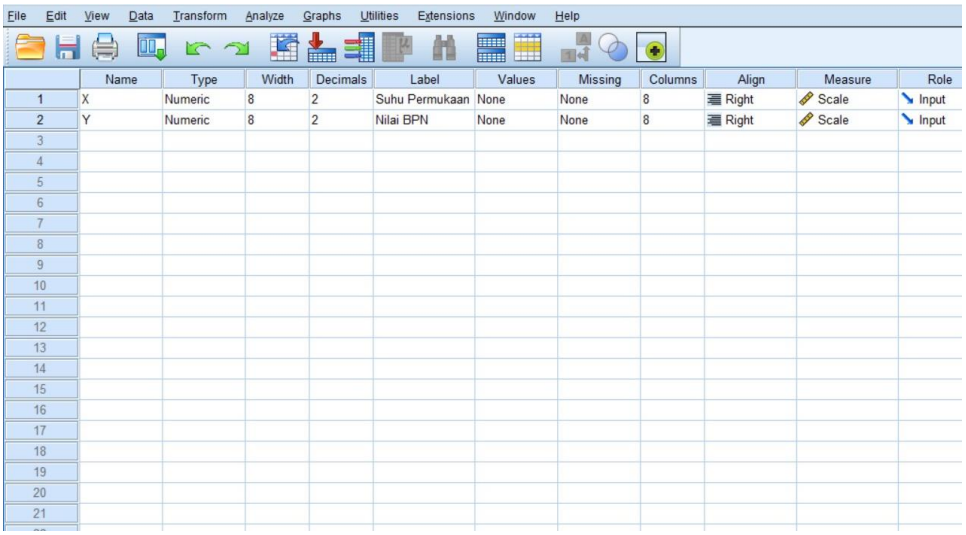
   a. Input data primer suhu permukaan dan rata-rata nilai BPN di setiap STA dengan menggabungkan sesi waktu pagi dan waktu siang sehingga didapatkan total sampel yaitu 20 sampel dari *Microscoft Excel* menuju SPSS. Pada tampilan *data view*, kolom pertama isikan suhu permukaan jalan dan kolom kedua isikan nilai BPN. Langkah pertama dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



	X	Y	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	24.50	90.20									
2	25.00	88.60									
3	25.50	87.60									
4	26.00	86.60									
5	26.50	85.40									
6	27.00	83.20									
7	27.50	81.60									
8	28.00	80.40									
9	28.00	80.80									
10	29.00	78.80									
11	30.00	85.60									
12	31.00	84.40									
13	32.00	86.20									
14	33.00	84.60									
15	33.50	82.60									
16	34.00	81.80									
17	34.50	78.60									
18	35.00	76.00									
19	35.50	74.60									
20	36.00	74.20									
21											

Gambar 5.1 Input Data untuk Uji Normalitas

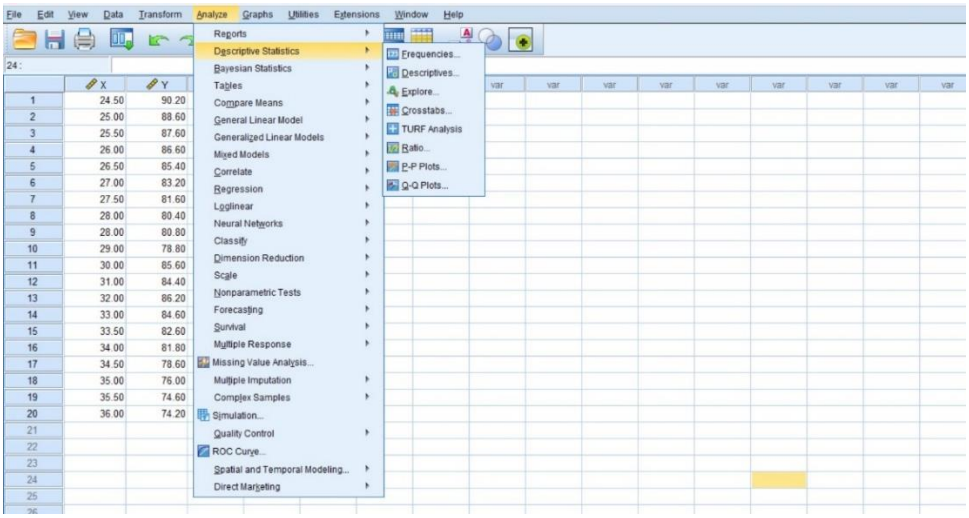
b. Kemudian, alihkan tampilan ke *variable view* dan ganti nama pada baris satu dengan variabel X untuk suhu permukaan, dan pada baris kedua ganti nama dengan variabel Y untuk nilai BPN. Langkah kedua dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	X	Numeric	8	2	Suhu Permukaan	None	None	8	Right	Scale	Input
2	Y	Numeric	8	2	Nilai BPN	None	None	8	Right	Scale	Input
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											

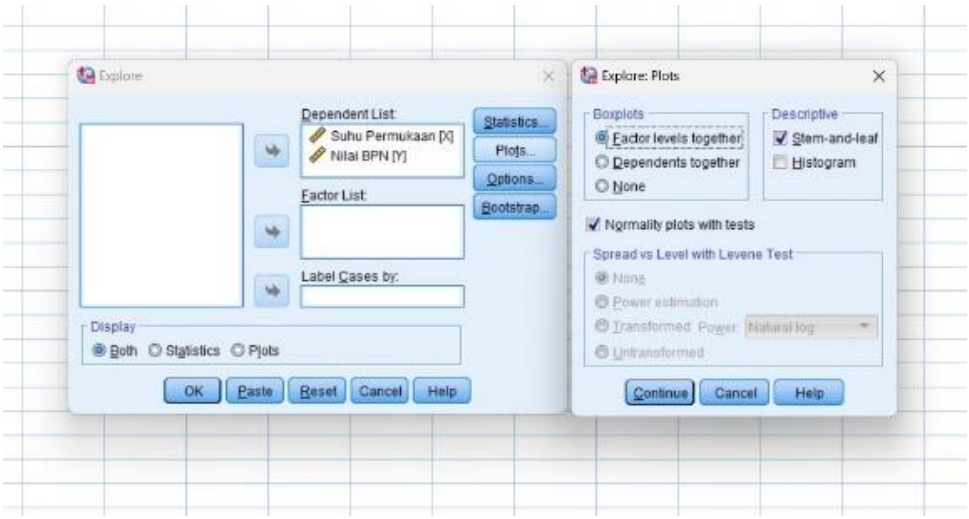
Gambar 5.2 Menentukan Variabel X dan Y Uji Normalitas

c. Kembali ke *data view*, dan klik *Analyze* pada *toolbar*, lalu klik *Descriptive Statistics* dan kemudian klik *Explore*. Langkah ketiga dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



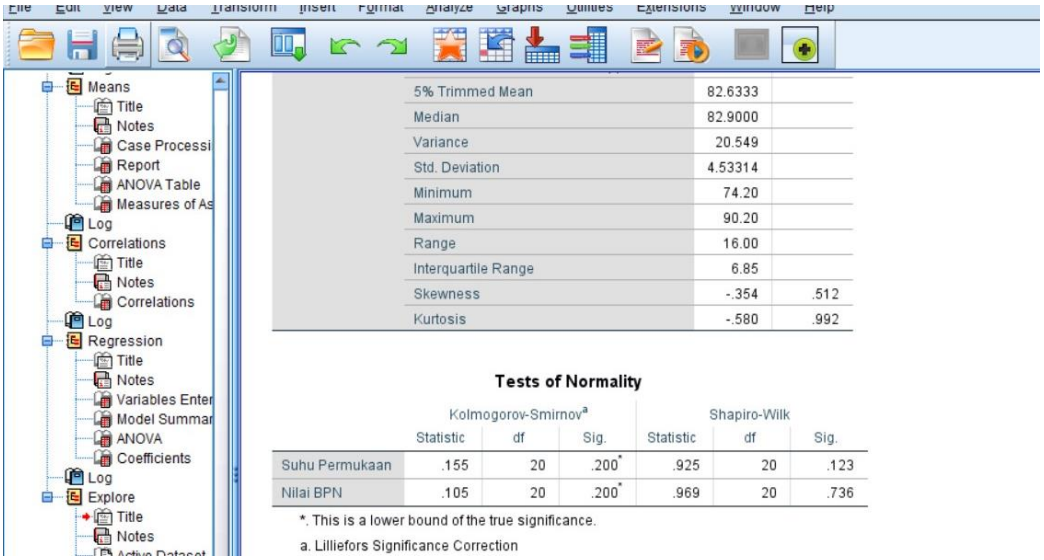
Gambar 5.3 Pilihan Opsi Uji Normalitas

d. Input variabel X dan Y menuju kolom *Dependent List*. Selanjutnya klik *Plots*, dan centang pilihan *Normality plots with tests*, lalu *Continue*. Langkah akhir, klik OK. Langkah keempat dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Menganalisis Variabel ke *Normalitas Tests*

e. Hasil analisis uji normalitas dapat dilihat pada *windows output* baru yang akan ditampilkan. Langkah kelima dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Tampilan *Output* Uji Normalitas *Shapiro-Wilk*

Setelah dilakukannya uji normalitas *Shapiro-Wilk* menggunakan SPSS didapatkan hasil uji normalitas pada kondisi kering dan basah yang disajikan dalam Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Hasil Uji Normalitas *Shapiro-Wilk* Kondisi Kering

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov[a]			*Shapiro-Wilk*		
	Statistic	*df*	*Sig.*	*Statistic*	*df*	*Sig.*
Suhu Permukaan	0,155	20	0,200*	0,925	20	0,123
Nilai BPN	0,105	20	0,200*	0,969	20	0,736
**. This is a lower bound of the true significance.*						
a. Lilliefors Significance Correction						

Tabel 5.8 Hasil Uji Normalitas *Shapiro-Wilk* Kondisi Basah

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov[a]			*Shapiro-Wilk*		
	Statistic	*df*	*Sig.*	*Statistic*	*df*	*Sig.*
Suhu Permukaan	0,126	20	0,200	0,939	20	0,227
Nilai BPN	0,215	20	0,200	0,802	20	0,214
**. This is a lower bound of the true significance.*						
a. Lilliefors Significance Correction						

2. Uji Linearitas

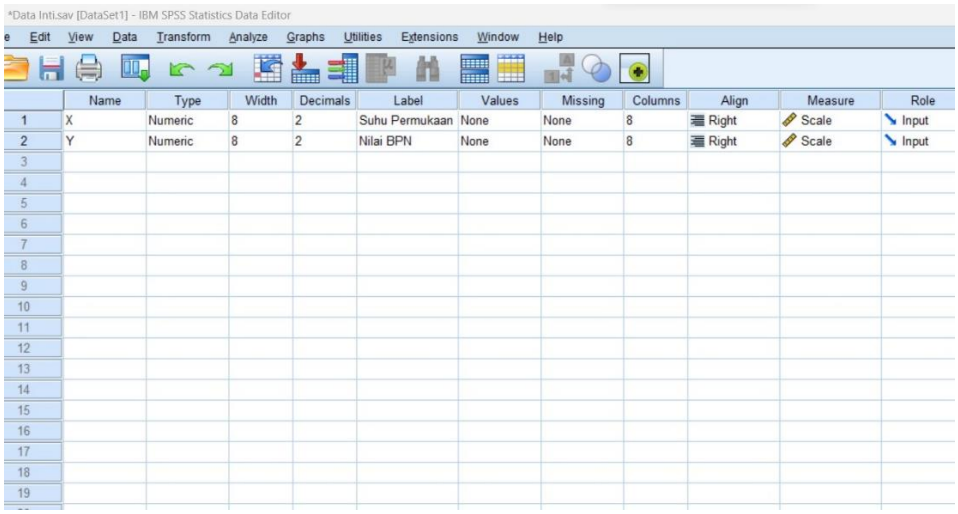
Uji linearitas merupakan analisis statistik yang digunakan untuk mengetahui apakah hubungan antara variabel yang kemudian membentuk pola garis lurus atau tidak. Dalam menganalisis uji linearitas dilakukan menggunakan SPSS v.25 dengan tahapan sebagaimana dijelaskan pada langkah-langkah berikut.

a. Data primer berupa suhu permukaan dan rata-rata nilai BPN pada setiap STA diolah dengan menggabungkan hasil pengukuran dari sesi pagi dan siang, sehingga diperoleh total 20 sampel. Selanjutnya, data tersebut diimpor dari *Microsoft Excel* ke dalam program SPSS. Pada tampilan *data view*, kolom pertama diisi dengan nilai suhu permukaan jalan, sedangkan kolom kedua berisi data BPN. Proses pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.

	X	Y	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	24.50	90.20									
2	25.00	88.60									
3	25.50	87.60									
4	26.00	86.60									
5	26.50	85.40									
6	27.00	83.20									
7	27.50	81.60									
8	28.00	80.40									
9	28.00	80.80									
10	29.00	78.80									
11	30.00	85.60									
12	31.00	84.40									
13	32.00	86.20									
14	33.00	84.60									
15	33.50	82.60									
16	34.00	81.80									
17	34.50	78.60									
18	35.00	76.00									
19	35.50	74.60									
20	36.00	74.20									
21											
22											

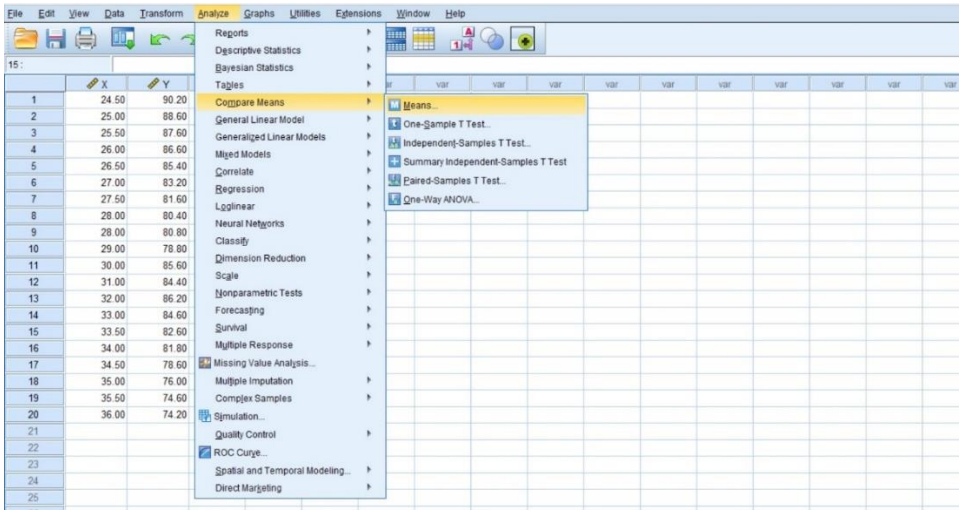
Gambar 5.6 Input Data Untuk Uji Linearitas

b. Selanjutnya, ubah tampilan ke *variable view*, lalu baris pertama beri nama variabel X (suhu permukaan), dan pada kedua ubah menjadi variabel Y (nilai BPN). Tahapan ini ditampilkan pada Gambar 5.7.



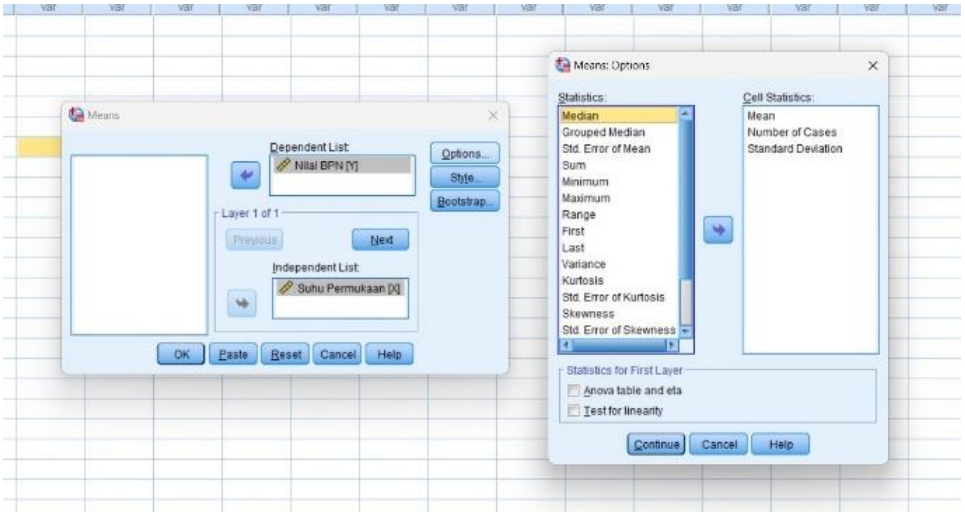
Gambar 5.7 Menentukan Variabel X dan Y Uji Linearitas

c. Alihkan kembali ke tampilan *data view*, kemudian klik *Analyze* klik *Compare Means*, dan klik *Means*. Tahap ini dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



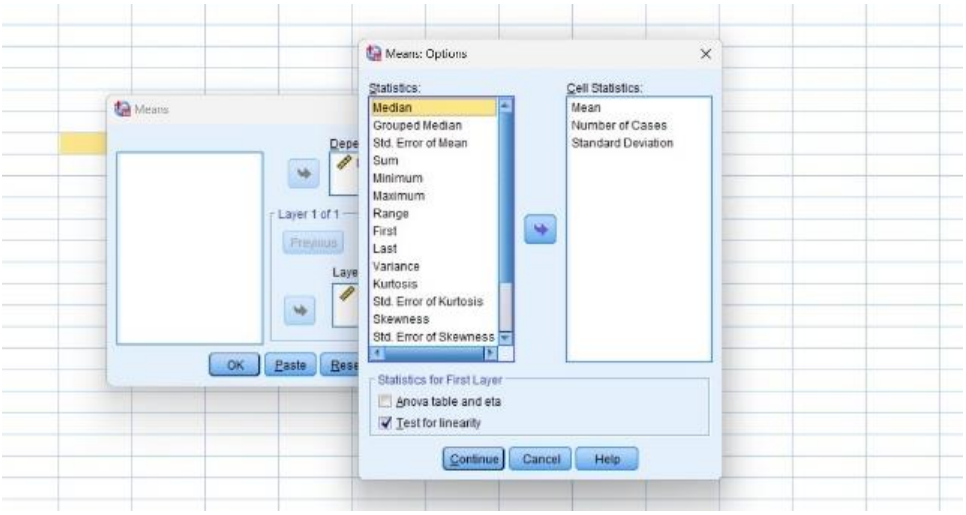
Gambar 5.8 *Compare Means Variable*

d. Masukkan variabel X ke kolom *Independent,* dan variabel Y ke kolom *Dependent*. Lalu klik *Options*. Proses pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



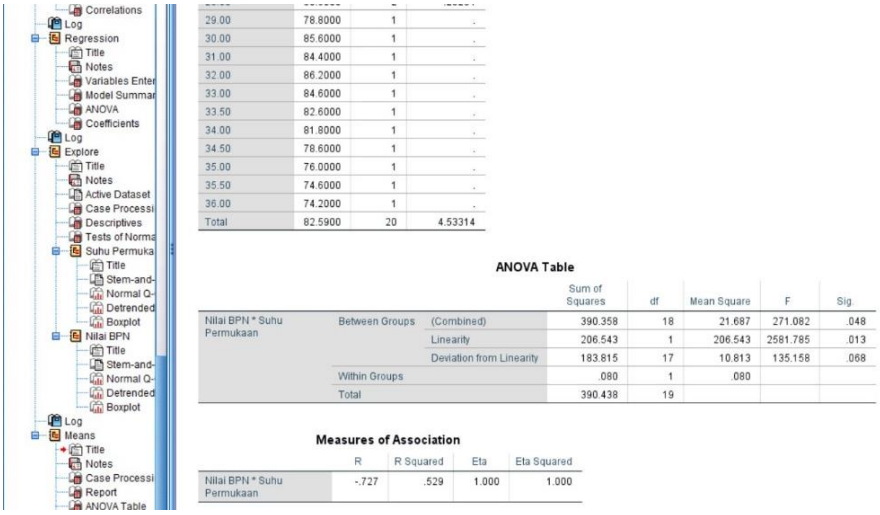
Gambar 5.9 Tentukan Variabel Bebas dan Variabel Terikat

e. Selanjutnya pada jendela *Options* ini, centang *Test for linearity*, kemudian *Continue* dan klik *OK*. Proses pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 Analisis Uji Linearitas di SPSS

f. Hasil dari analisis uji linearitas akan muncul pada jendela *output* baru yang secara otomatis ditampilkan oleh SPSS. Proses pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Tampilan *Output* Uji Linearitas

Setelah dilakukan uji linearitas dengan dua kondisi, yaitu kondisi basah dan kering. Adapun hasil analisis uji linearitas adalah Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Hasil Uji Linearitas Kondisi Kering

ANOVA Table							
			Sum of Squares	*df*	*Mean Square*	*F*	*Sig.*
Nilai BPN * Suhu Permukaan	*Between Groups*	*(Combined)*	390,358	18	21,687	271,082	0,048
		Linearity	206,543	1	206,543	2581,785	0,013
		Deviation from Linearity	183,815	17	10,813	135,158	0,068
	Within Groups		0,080	1	0,080		
	Total		390,438	19			

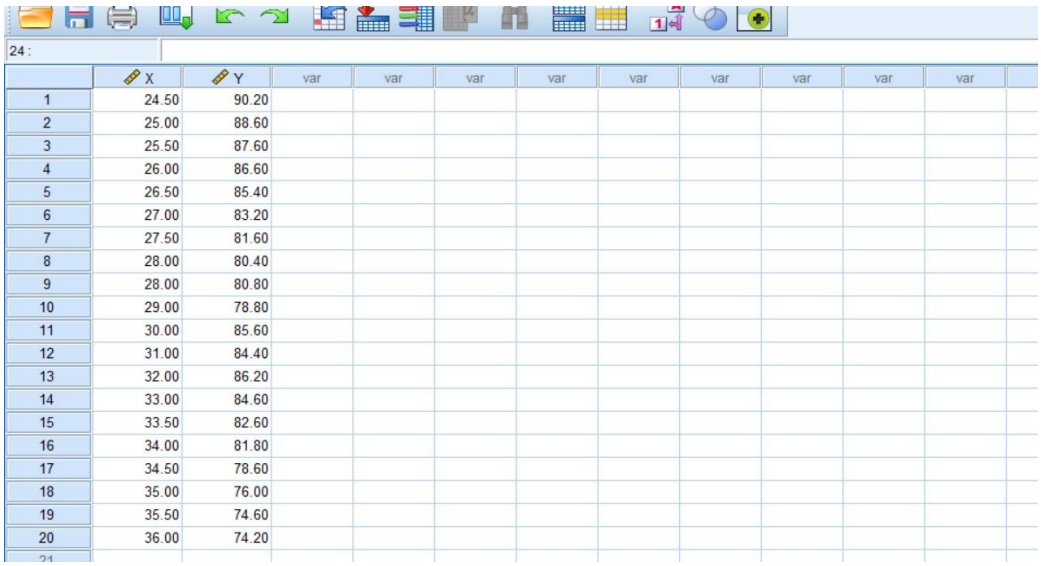
Tabel 5.10 Hasil Uji Linearitas Kondisi Basah

ANOVA Table							
			Sum of Squares	*df*	*Mean Square*	*F*	*Sig.*
Nilai BPN * Suhu Permukaan	*Between Groups*	*(Combined)*	950,088	17	55,888	17,039	0,057
		Linearity	291,908	1	291,908	88,996	0,011
		Deviation from Linearity	658,180	16	41,136	12,542	0,076
	Within Groups		6,560	2	3,280		
	Total		956,648	19			

5.2.2 Uji Korelasi *Pearson*

Uji korelasi *Pearson* digunakan untuk mengetahui tingkat keeratan dan arah hubungan antara suhu permukaan jalan dengan nilai *skid resistance* yang diperoleh dari pengujian BPT yang dinyatakan dengan koefisien korekasi (r). Langkah-langkah uji korelasi *Pearson* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS v.25 Berikut langkah-langkah analisis korelasi *Pearson*.

1. Masukkan data hasil pengukuran suhu permukaan (variabel X) dan nilai BPN (variabel Y) ke dalam lembar kerja SPSS pada kolom satu dan dua di *Data View*. Langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.

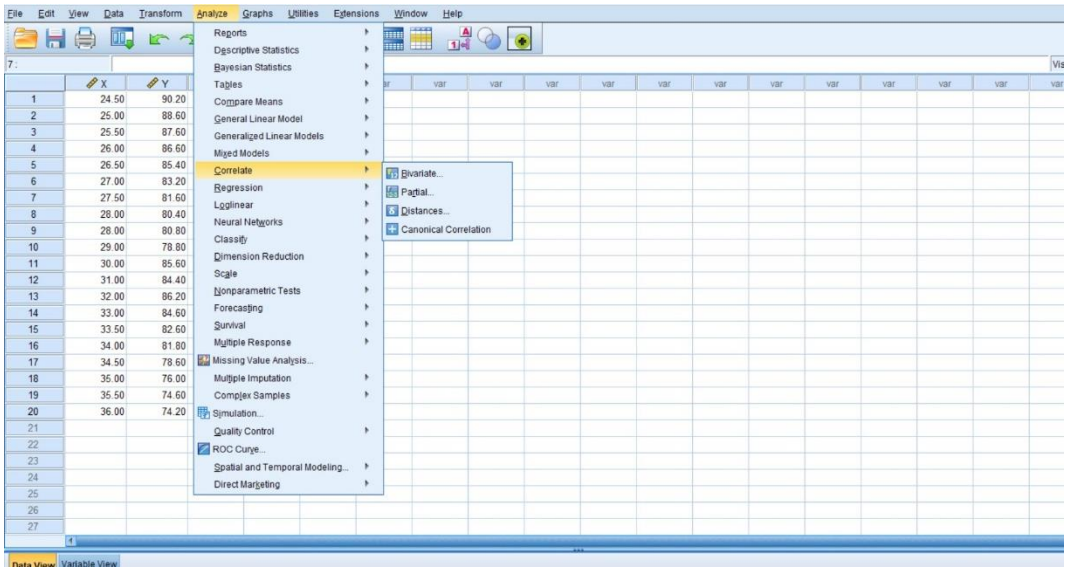


24 :

	X	Y	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	24.50	90.20									
2	25.00	88.60									
3	25.50	87.60									
4	26.00	86.60									
5	26.50	85.40									
6	27.00	83.20									
7	27.50	81.60									
8	28.00	80.40									
9	28.00	80.80									
10	29.00	78.80									
11	30.00	85.60									
12	31.00	84.40									
13	32.00	86.20									
14	33.00	84.60									
15	33.50	82.60									
16	34.00	81.80									
17	34.50	78.60									
18	35.00	76.00									
19	35.50	74.60									
20	36.00	74.20									

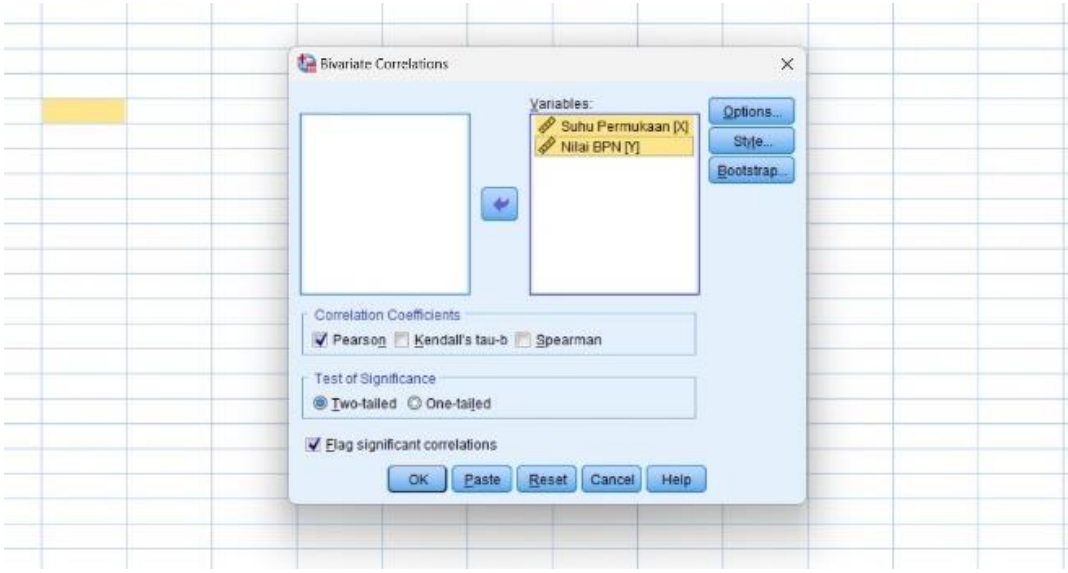
Gambar 5.12 Input Data Analisis Korelasi Pearson

2. Kemudian, pada *toolbar* klik *Analyze* dan klik *Correlate*, setelah itu klik *Bivariate* untuk membuka jendela pengaturan analisis korelasi. Langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Pemillihan Langkah Analisis

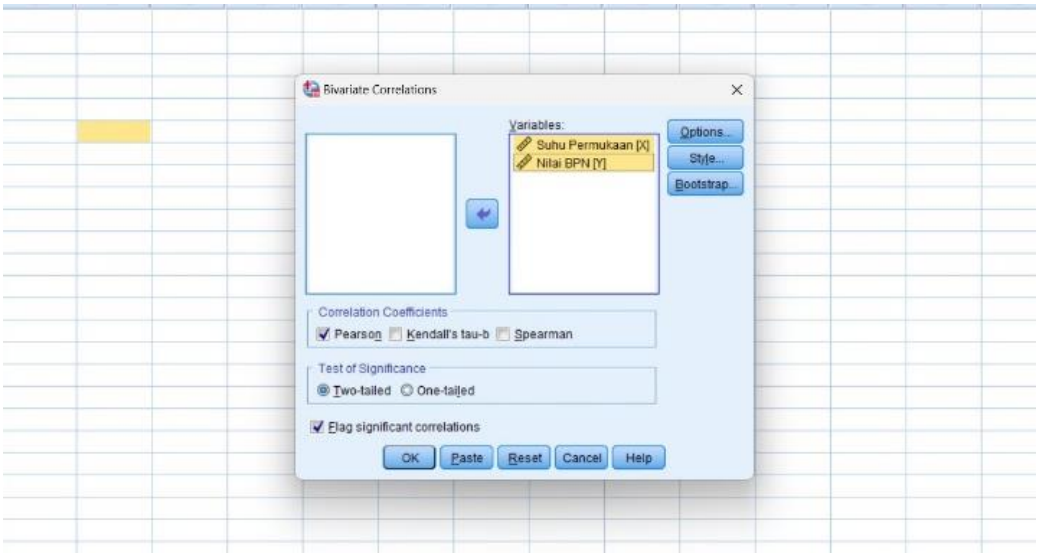
3. Pindahkan kedua variabel, yaitu suhu permukaan (X) dan nilai BPN (Y), ke dalam kotak *Variables* sebagai pasangan data yang akan dianalisis. Langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Penentuan Variabel Pakai

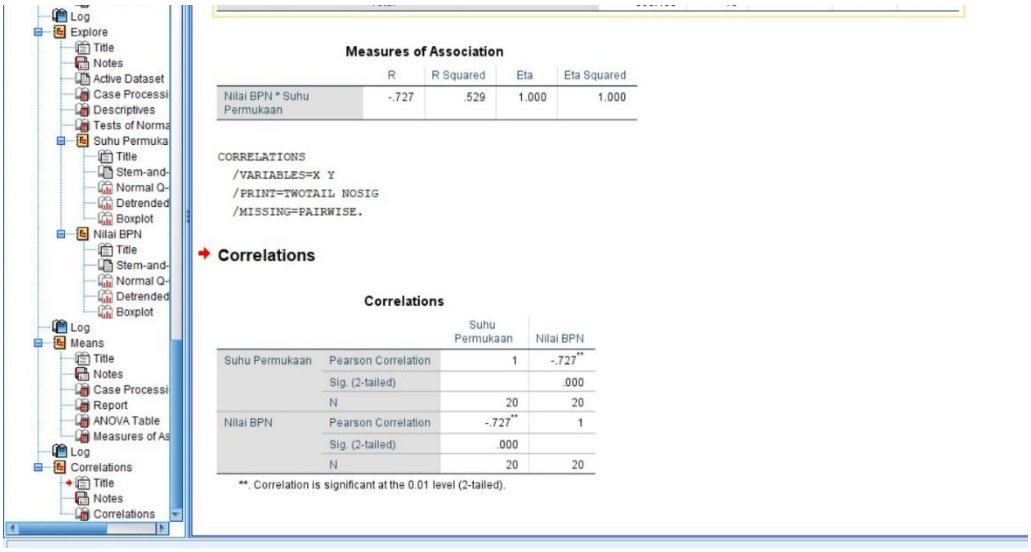
4. Centang pilihan *Pearson* pada bagian *Correlation Coefficients*, kemudian pilih opsi *Two-tailed* pada *Test of Significance* untuk menguji hubungan dua

arah antar variabel. Langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5.15 Analisis Korelasi Pearson

5. Klik *OK* untuk memproses data dan menampilkan hasil uji pada jendela output. Langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.16 *Output* Korelasi *Pearson*

Dari hasil analisis didapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5.11 Hasil Analisis Korelasi *Pearson* Kondisi Kering

Correlations			
		Suhu Permukaan	Nilai BPN
Suhu Permukaan	*Pearson Correlation*	1	-0,727
	Sig. (2-tailed)		0,000
	N	20	20
Nilai BPN	*Pearson Correlation*	-0,727	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	
	N	20	20
***. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*			

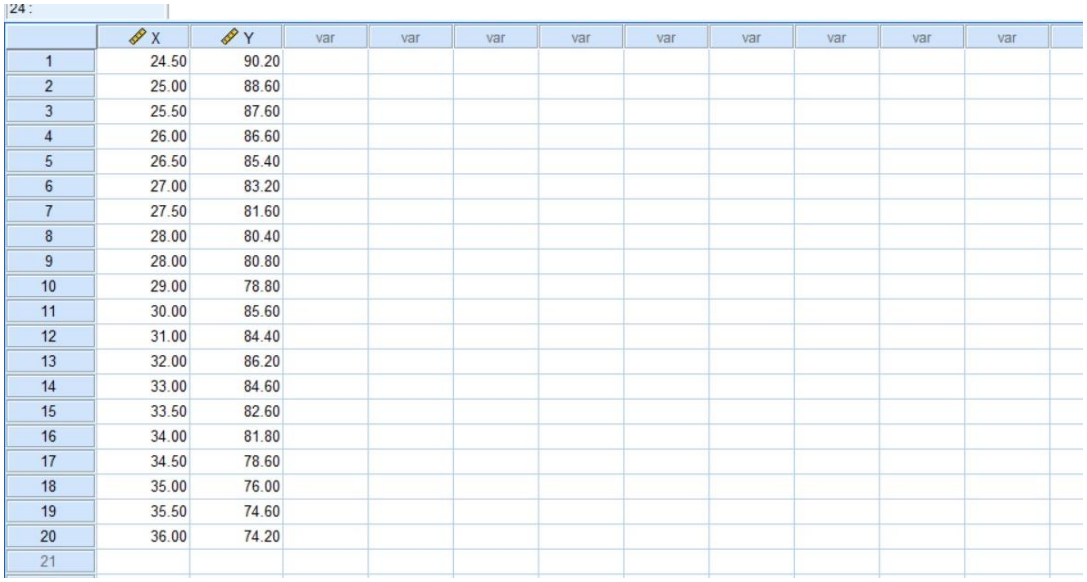
Tabel 5.12 Hasil Analisis Korelasi *Pearson* Kondisi Basah

Correlations			
		Suhu Permukaan	Nilai BPN
Suhu Permukaan	*Pearson Correlation*	1	-0,552
	Sig. (2-tailed)		0,012
	N	20	20
Nilai BPN	*Pearson Correlation*	-0,552	1
	Sig. (2-tailed)	0,012	
	N	20	20
***. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*			

5.2.3 Uji Regresi Linear Sederhana

Uji ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh suhu terhadap nilai *skid resistance* secara kuantitatif, sekaligus memperoleh persamaan regresi yang dapat menggambarkan arah dan besarnya perubahan nilai BPN akibat variasi suhu permukaan jalan. Karena kedua variabel telah terbukti memenuhi asumsi normalitas dan linearitas, maka regresi linear sederhana dapat diterapkan secara valid untuk menjelaskan hubungan sebab-akibat antara suhu dan nilai BPN pada perkerasan jalan. Sebagai bagian dari analisis ini, dilakukan serangkaian langkah sistematis menggunakan perangkat lunak SPSS v.25. Berikut langkah-langkah uji regresi linear sederhana.

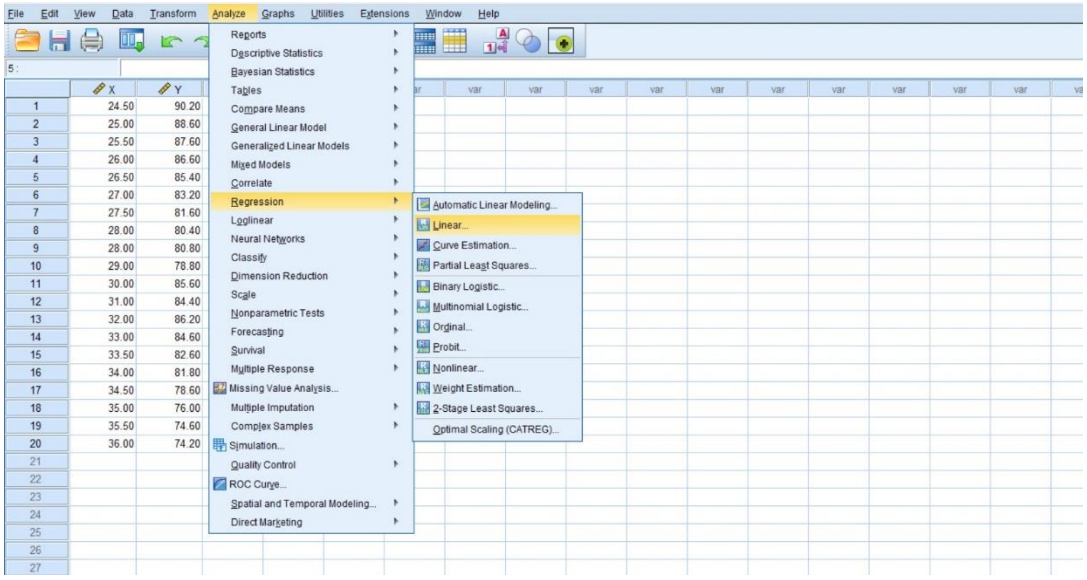
1. Input seluruh data pengukuran suhu permukaan dan nilai BPN ke dalam lembar kerja SPSS, dengan setiap variabel ditempatkan pada kolom yang berbeda. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



	X	Y	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	24.50	90.20									
2	25.00	88.60									
3	25.50	87.60									
4	26.00	86.60									
5	26.50	85.40									
6	27.00	83.20									
7	27.50	81.60									
8	28.00	80.40									
9	28.00	80.80									
10	29.00	78.80									
11	30.00	85.60									
12	31.00	84.40									
13	32.00	86.20									
14	33.00	84.60									
15	33.50	82.60									
16	34.00	81.80									
17	34.50	78.60									
18	35.00	76.00									
19	35.50	74.60									
20	36.00	74.20									
21											

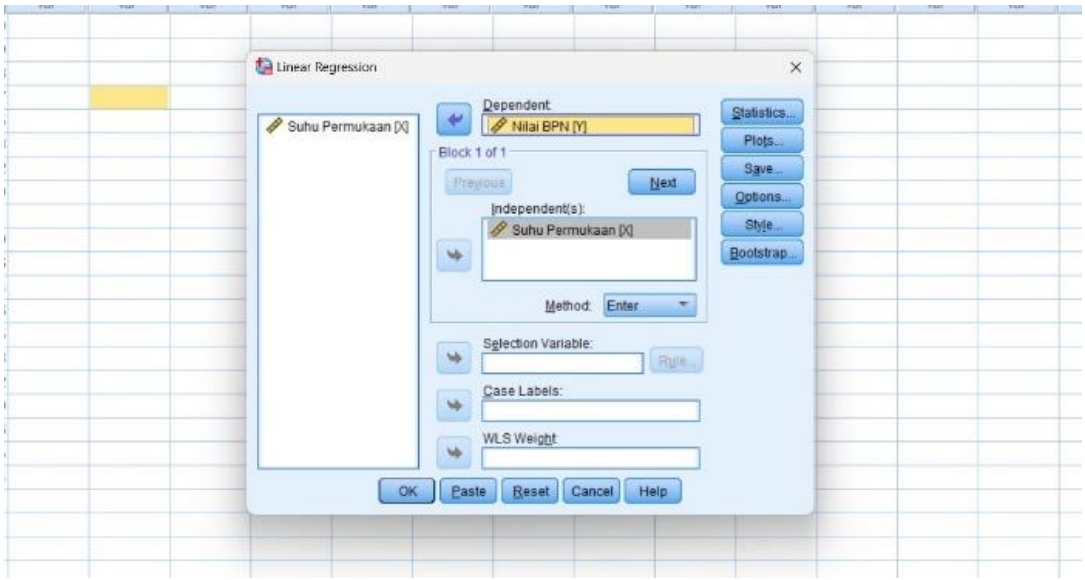
Gambar 5.17 Input Data untuk Analisis Regresi Linear Sederhana

2. Pada *toolbar*, klik *Analyze* kemudian klik *Regression* dan klik *Linear* untuk membuka jendela pengaturan model regresi linear sederhana. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut.



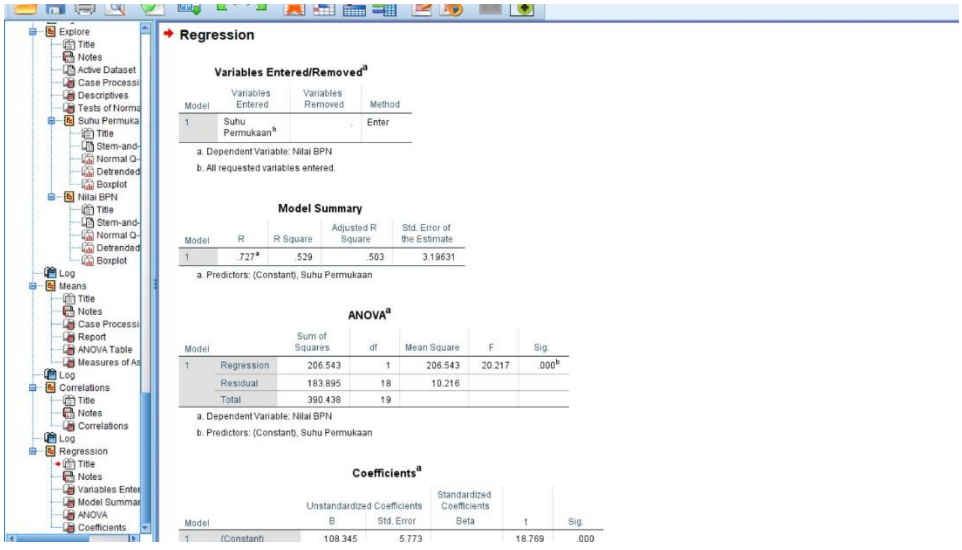
Gambar 5.18 Pilihan Opsi Analisis Regresi Linear Sederhana

3. Posisikan variabel suhu permukaan (X) sebagai *Independent Variable* dan variabel nilai BPN (Y) sebagai *Dependent*. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5.19 Pengelompokkan Variabel Regresi Linear Sederhana

4. Setelah itu klik *OK* untuk menjalankan perhitungan. *Output* yang dihasilkan akan disajikan dalam jendela output sehingga dapat diinterpretasi. Tahapan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut.



Gambar 5.20 *Output* Analisis Regresi Linear Sederhana

Output yang dihasilkan dari analisis regresi liner sederhana ini berupa *Variables Entered/Removed, Model Summary, ANOVA, dan Coefficients*. Hasil dari

analisis regresi linear sederhana dalam kondisi kering disajikan pada Tabel 5.13, Tabel 5.14, Tabel 5.15 dan Tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5.13 *Variables Entered/Removed* Kondisi Kering

Variables Entered/Removed[a]			
Model	*Variables Entered*	*Variables Removed*	*Method*
1	Suhu Permukaan[b]	.	*Enter*
a. Dependent Variable: Nilai BPN			
b. All requested variables entered.			

Tabel 5.14 *Model Summary* Kondisi Kering

Model Summary				
Model	*R*	*R Square*	*Adjusted R Square*	*Std. Error of the Estimate*
1	0,727[a]	0,529	0,503	3,196
a. Predictors: (Constant), Suhu Permukaan				

Tabel 5.15 *ANOVA* Kondisi Kering

ANOVA[a]						
Model		*Sum of Squares*	*df*	*Mean Square*	*F*	*Sig.*
1	*Regression*	206,543	1	206,543	20,217	0,000[b]
	Residual	183,895	18	10,216		
	Total	390,438	19			
a. Dependent Variable: Nilai BPN						
b. Predictors: (Constant), Suhu Permukaan						

Tabel 5.16 *Coefficients Table* Kondisi Kering

Coefficients[a]						
Model		*Unstandardized Coefficients*		*Standardized Coefficients*	*t*	*Sig.*
		B	*Std. Error*	*Beta*		
1	(*Constant*)	108,345	5,773		18,769	0,000
	Suhu Permukaan	-0,856	0,190	-0,727	-4,496	0,000
a. *Dependent Variable*: Nilai BPN						

Adapun output yang dihasilkan dari analisis regresi liner sederhana dalam kondisi basah berupa *Variables Entered/Removed, Model Summary, ANOVA, dan Coefficients*. Hasil dari analisis regresi linear sederhana dalam kondisi basah disajikan pada Tabel 5.17, Tabel 5.18, Tabel 5.19 dan Tabel 5.20 di bawah ini.

Tabel 5.17 *Variables Entered/Removed* Kondisi Basah

Variables Entered/Removed[a]			
Model	*Variables Entered*	*Variables Removed*	*Method*
1	Suhu Permukaan[b]	.	Enter
a. Dependent Variable: Nilai BPN			
b. All requested variables entered.			

Tabel 5.18 *Model Summary* Kondisi Basah

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,552[a]	0,305	0,267	6,077
a. Predictors: (Constant), Suhu Permukaan				

Tabel 5.19 *ANOVA* Kondisi Basah

ANOVA[a]						
Model		*Sum of Squares*	*df*	*Mean Square*	*F*	*Sig.*
1	*Regression*	219,908	1	291,908	7,904	0,012[b]
	Residual	664,740	18	36,930		
	Total	956,648	19			
a. Dependent Variable: Nilai BPN						
b. Predictors: (Constant), Suhu Permukaan						

Tabel 5.20 *Coefficients Table* Kondisi Basah

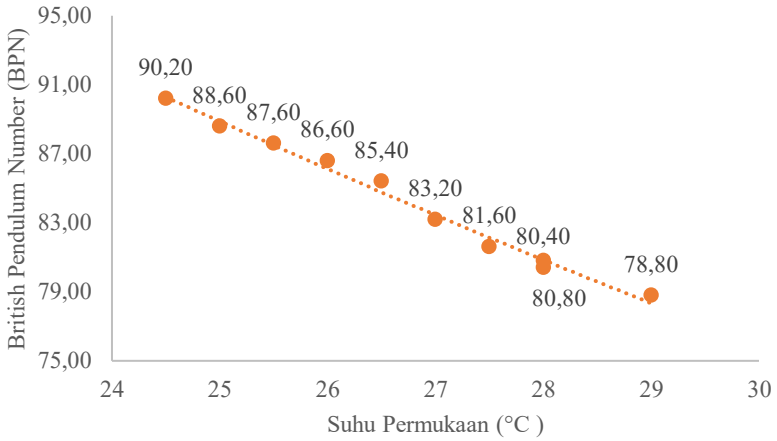
Coefficients[a]						
Model		*Unstandardized Coefficients*		*Standardized Coefficients*	*t*	*Sig.*
		B	*Std. Error*	*Beta*		
1	(*Constant*)	79,585	11,507		6,916	0,000
	Suhu Permukaan	-1,103	0,392	-0,552	-2,811	0,012
a. Dependent Variable: Nilai BPN						

5.3 Pembahasan

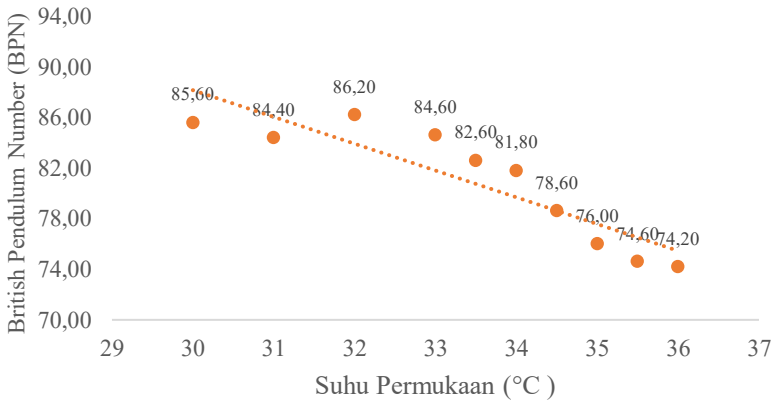
Pembahasan hasil pengujian dimaksudkan untuk menafsiran dan mengaitkan hasil analisis yang telah diperoleh terhadap teori, standar, serta hasil penelitian sebelumnya yang relevan.

5.3.1 Perubahan Nilai *Skid Resistance* Akibat Suhu Permukaan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan berupa nilai SRV dan suhu permukaan jalan di berbagai STA, didapatkan hasil akhir yaitu nilai BPN yang telah dikoreksi. Hasil tersebut disajikan dalam bentuk grafik guna mempermudah mengamati data yang dihasilkan. Adapun grafik tersebut disajikan pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22 sebagai berikut.



Gambar 5.21 Grafik Nilai BPN Waktu Pagi Kondisi Kering



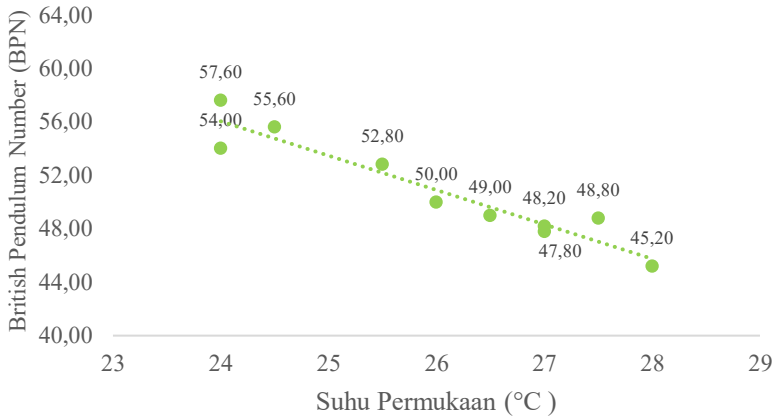
Gambar 5.22 Grafik Nilai BPN Waktu Siang Kondisi Kering

Berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22 tersebut menunjukkan hubungan antara suhu permukaan jalan dengan nilai BPN pada kondisi kering di waktu pagi hari dan waktu siang hari. Terlihat bahwa seiring

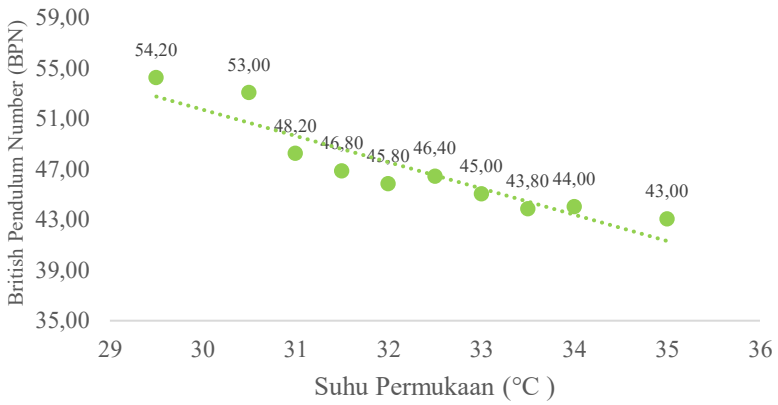
dengan meningkatnya suhu permukaan dari 24,5°C hingga 29°C di pagi hari, nilai BPN cenderung mengalami penurunan dari 90,20 menjadi 78,80. Kemudian pada suhu permukaan yang cenderung naik di siang hari yaitu 30°C hingga 36°C, nilai BPN juga mengalami penurunan yang signifikan sebesar 85,60 sampai 74,20. Kondisi kering di waktu siang merepresentasikan kemampuan perkerasan dalam menghadapi suhu tinggi tanpa pengaruh air. Yang artinya kenaikan suhu dari pagi hari menuju siang hari dapat menurunkan nilai BPN, hal ini disebabkan karena paparan sinar matahari yang menaikkan suhu permukaan jalan.

Pola ini mengindikasikan adanya hubungan negatif antara suhu dan nilai *skid resistance* permukaan jalan pada kondisi kering. Artinya, semakin tinggi suhu permukaan, kemampuan jalan dalam memberikan tahanan gesek terhadap ban kendaraan semakin menurun. Penurunan ini dapat disebabkan oleh berkurangnya kekasaran mikro akibat pemanasan aspal yang menyebabkan lapisan permukaan menjadi lebih lunak, sehingga koefisien gesek antara ban dan permukaan jalan berkurang. Secara keseluruhan, hasil grafik ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu memiliki pengaruh signifikan terhadap penurunan nilai BPN pada kondisi kering. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian oleh Novamaulina dkk (2019) yang menemukan bahwa nilai *skid resistance* menurun secara signifikan pada siang hari akibat meningkatnya suhu permukaan jalan.

Selanjutnya, untuk menganalisis nilai *skid resistance* pada kondisi permukaan jalan basah untuk mengetahui sejauh mana kemampuan lapisan perkerasan dalam memberikan gaya gesek terhadap ban kendaraan saat terjadi genangan atau setelah turunnya hujan, maka disajikan grafik nilai BPN pada kondisi basah yang tertera pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24 sebagai berikut.



Gambar 5.23 Grafik Nilai BPN Waktu Pagi Kondisi Basah



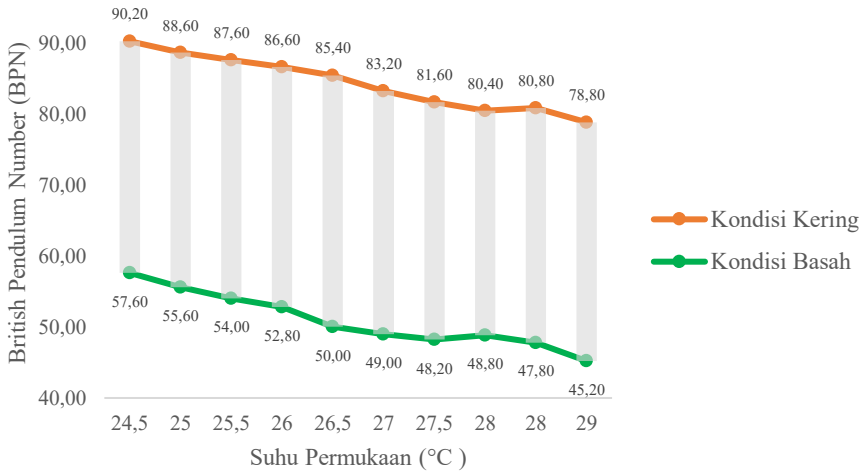
Gambar 5.24 Grafik Nilai BPN Waktu Siang Kondisi Basah

Pada grafik di atas, menginterpretasikan bahwa suhu permukaan kecenderungan penurunan nilai BPN yang diikuti oleh penurunan suhu sebesar 0,5–1°C dibandingkan kondisi kering. Pada suhu 24°C, nilai BPN mencapai 57,60 sedangkan pada suhu 28°C menurun hingga 45,20 pada pagi hari. Sedangkan pada siang hari ketika suhu 29,5°C nilai BPN mencapai 54,20, dan ketika suhu naik sebesar 35°C nilai BPN mencapai 43,00. Air berperan sebagai pendingin alami karena proses penguapan menyerap panas dari permukaan, sehingga suhu perkerasan menurun.

Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa pada waktu siang hari dalam keadaan basah, merupakan kondisi paling maksimal. Hal ini menyatakan

bahwa pada siang hari dengan suhu tinggi dan kondisi basah, nilai *skid resistance* berada pada titik terendah akibat kombinasi pelunakan aspal dan reduksi kontak ban–permukaan. Sebagaimana pernyataan oleh Hakim dkk (2021) permukaan jalan yang basah dapat menimbulkan risiko tergelincir yang lebih tinggi bagi kendaraan dengan ban berpermukaan halus dibandingkan saat kondisi jalan kering.

Adapun grafik perbandingan pengaruh suhu permukaan terhadap nilai BPN pada kondisi kering dan basah pada waktu pagi yang tertera pada Gambar 5.25 berikut.



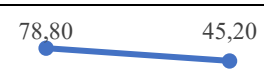
Gambar 5.25 Grafik Nilai BPN Waktu Pagi Kondisi Kering dan Kondisi Basah

Grafik di atas memperlihatkan perbandingan nilai BPN antara kondisi kering dan basah pada waktu pagi hari terhadap perubahan suhu permukaan jalan. Dari grafik tersebut, tampak bahwa nilai BPN pada kedua kondisi sama-sama menurun seiring kenaikan suhu, namun penurunan pada kondisi basah terjadi dengan selisih yang jauh lebih besar. Pada suhu terendah sekitar 24°C, nilai BPN kondisi kering mencapai 90,20 sedangkan kondisi basah hanya 57,60. Ketika suhu meningkat hingga 29°C, nilai BPN kering turun menjadi 78,80, sedangkan basah merosot hingga 45,20. Selisih nilai BPN tersebut cukup tinggi sekitar 32-34, perbedaan yang cukup signifikan ini menandakan bahwa keberadaan air di

permukaan jalan sangat memengaruhi kemampuan jalan dalam memberikan gaya gesek terhadap ban kendaraan.

Kemudian disajikan tren penurunan di setiap STA pada Tabel 5.21 untuk melihat seberapa besar penurunan nilai BPN akibat kondisi permukaan jalan pada waktu pagi hari.

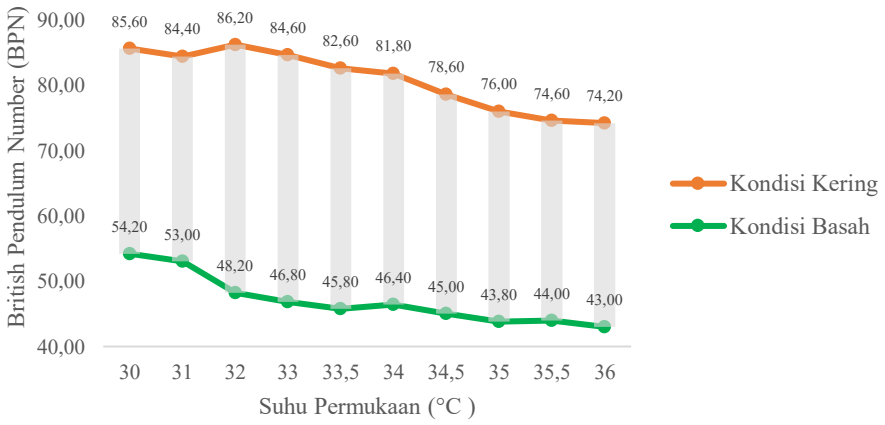
Tabel 5.21 Tren Penuruna Nilai BPN Kondisi Kering dan Kondisi Basah Waktu Pagi

Titik STA	Kondisi Permukaan		Tren	Penurunan (%)
	Kering	Basah		
8+000	90,20	57,60		36,14
8+200	88,60	55,60		37,25
8+400	87,60	54,00		38,36
8+600	86,60	52,80		39,03
8+800	85,40	50,00		41,45
8+100	83,20	49,00		41,11
8+300	81,60	48,20		40,93
8+500	80,40	48,80		39,30
8+700	80,80	47,80		40,84
8+900	78,80	45,20		42,64

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat tren penurunan pada setiap STA nya yang cenderung turun sebesar 36,14%-42,64%. Yang mana hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi basah dapat mempengaruhi nilai BPN dengan signifikan. Air berperan sebagai lapisan pemisah antara ban dan permukaan

perkerasan, menyebabkan mekanisme gesekan berkurang secara drastis. Selain itu, peningkatan suhu turut memperburuk keadaan dengan menurunkan kekakuan lapisan aspal, sehingga tekstur mikro permukaan menjadi lebih halus dan sulit mencengkeram ban. Sehingga kondisi basah menunjukkan tingkat penurunan yang lebih besar dibandingkan kondisi kering.

Adapun grafik perbandingan pengaruh suhu permukaan terhadap nilai BPN pada kondisi kering dan basah pada waktu siang yang tertera pada Gambar 5.26 berikut.



Gambar 5.26 Grafik Nilai BPN Waktu Siang Kondisi Kering dan Kondisi Basah

Grafik pada Gambar 5.26 menunjukkan hubungan antara suhu permukaan terhadap nilai BPN pada dua kondisi, yaitu kering dan basah. Secara umum, grafik memperlihatkan bahwa seiring dengan meningkatnya suhu permukaan dari 30°C hingga 36°C, nilai BPN pada kedua kondisi mengalami penurunan. Pada kondisi kering, nilai BPN menurun dari 85,60 menjadi 74,20, sedangkan pada kondisi basah nilai BPN menurun dari 54,20 menjadi 43,00.

Kemudian disajikan tren penurunan di setiap STA pada Tabel 5.22 untuk melihat seberapa besar penurunan nilai BPN akibat kondisi permukaan jalan pada waktu pagi hari.

Tabel 5.22 Tren Penuruna Nilai BPN Kondisi Kering dan Kondisi Basah Waktu Siang

Titik STA	Kondisi Permukaan		Tren	Penurunan (%)
	Kering	Basah		
8+000	85,60	54,20		36,68
8+200	84,40	53,00		37,20
8+400	86,20	48,20		44,08
8+600	84,60	46,80		44,68
8+800	82,60	45,80		44,55
8+100	81,80	46,40		43,28
8+300	78,60	45,00		42,75
8+500	76,00	43,80		42,37
8+700	74,60	44,00		41,02
8+900	74,20	43,00		42,05

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat tren penurunan pada setiap STA nya yang cenderung turun sebesar 36,68%-44,68%. Yang mana hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi basah dan suhu yang tinggi dapat meningkatkan nilai BPN lebih tinggi di siang hari daripada waktu pagi hari dengan suhu yang cendedapat mempengaruhi nilai BPN dengan signifikan pada siang hari.

Hal ini menunjukkan adanya hubungan negatif antara suhu permukaan dan nilai *skid resistance*, di mana peningkatan suhu menyebabkan penurunan kemampuan permukaan jalan dalam memberikan tahanan terhadap selip. Kondisi kering di waktu siang merepresentasikan kemampuan perkerasan dalam

menghadapi suhu tinggi tanpa pengaruh air. Sedangkan, kombinasi antara suhu tinggi dan kondisi basah mempercepat penyebaran lapisan air tersebut, sehingga efek penurunan BPN menjadi lebih besar. Pernyataan ini sebanding dengan Wu dkk (2020) yang mengungkapkan bahwa suhu memberikan pengaruh signifikan terhadap ketahanan selip pada permukaan basah, dan peningkatan suhu berbanding terbalik dengan nilai ketahanan selip.

5.3.2 Klasifikasi Nilai BPN

Mengacu pada standar disarankan oleh Bullas (1969) dalam standar *Transport and Road Research Laboratory* (TRRL), yang menyebutkan bahwa untuk wilayah Indonesia yang beriklim tropis, nilai minimum *skid resistance* menggunakan alat BPT yaitu sebesar 65 BPN untuk permukaan dengan kondisi kering, dan 55 BPN untuk permukaan dengan kondisi basah.

Berdasarkan hasil nilai BPN yang telah didapatkan, terdapat beberapa nilai yang belum memenuhi dari batas minimum yang tidak sesuai standar. Yang kemudian hasil klasifikasi nilai BPN tersebut tersaji dalam Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Klasifikasi Nilai BPN Kondisi Kering

Sesi Waktu	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	Nilai BPN	Memenuhi Spesifikasi (>65 BPN)
Pagi	8+000	24,5	90,20	YA
	8+200	25	88,60	YA
	8+400	25,5	87,60	YA
	8+600	26	86,60	YA
	8+800	26,5	85,40	YA
	8+100	27	83,20	YA
	8+300	27,5	81,60	YA
	8+500	28	80,40	YA
	8+700	28	80,80	YA
	8+900	29	78,80	YA

Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Klasifikasi Nilai BPN Kondisi Kering

Sesi Waktu	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	Nilai BPN	Memenuhi Spesifikasi (>65 BPN)
Siang	8+000	30	85,60	YA
	8+200	31	84,40	YA
	8+400	32	86,20	YA
	8+600	33	84,60	YA
	8+800	33,5	82,60	YA
	8+100	34	81,80	YA
	8+300	34,5	78,60	YA
	8+500	35	76,00	YA
	8+700	35,5	74,60	YA
	8+900	36	74,20	YA

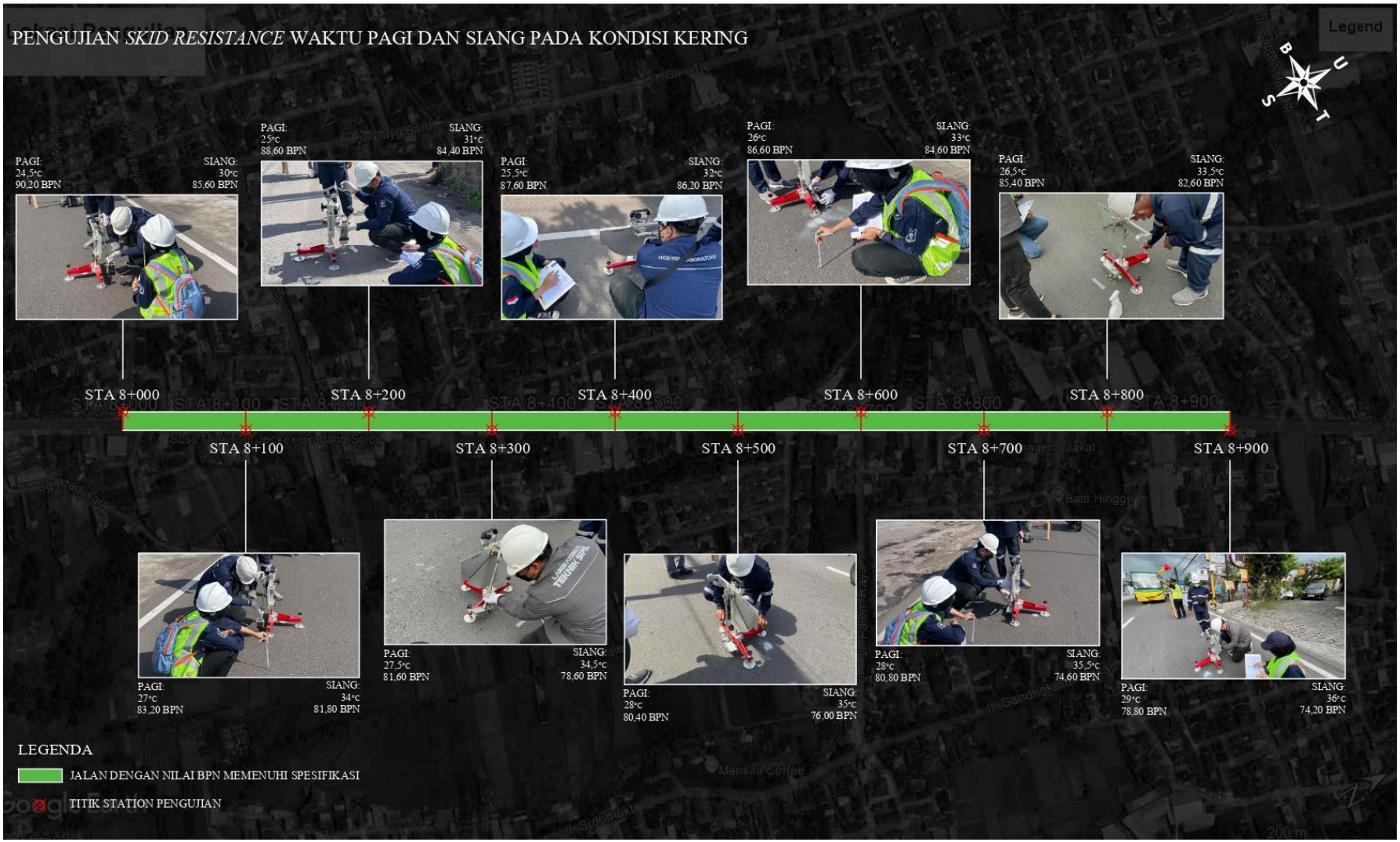
Pada hasil rekapitulasi klasifikasi pada kondisi kering Tabel 5.21 di atas, seluruh hasil nilai BPN STA 8+000 sampai dengan STA 8+900 di waktu pagi maupun siang hari pada kondisi kering, didapatkan nilai BPN >65 BPN. Berdasarkan standar TRRL, nilai BPN >65 sudah termasuk kategori aman terhadap risiko selip (*slip resistant*). Dengan demikian, seluruh hasil pengujian pada kondisi kering telah memenuhi spesifikasi dan dapat dikategorikan memiliki tingkat keamanan yang sangat baik.

Secara ilmiah, tingginya nilai BPN ini disebabkan oleh kondisi perkerasan yang masih memiliki tekstur mikro dan makro yang baik, sehingga mampu menghasilkan gaya gesek optimal antara ban kendaraan dan permukaan jalan. Tekstur mikro yang terbentuk dari butiran agregat berperan dalam menciptakan gaya gesek akibat deformasi karet ban pada skala kecil, sedangkan tekstur makro yang terbentuk dari rongga antar agregat membantu dalam mengalirkan air dan meningkatkan kontak ban dengan permukaan perkerasan. Kedua jenis tekstur tersebut bekerja secara sinergis dalam menjaga nilai *skid resistance* tetap tinggi, terutama pada kondisi kering di mana air tidak menjadi faktor pengurang gaya gesek.

Menurut Yager dan Buhlmann (2011), pada suhu permukaan yang relatif stabil tanpa adanya *bitumen bleeding*, butiran agregat berfungsi efektif dalam memberikan ketahanan terhadap selip karena permukaan jalan tetap memiliki kekasaran alami yang tidak tertutupi oleh lapisan aspal lembek. Dalam penelitian

ini, tidak ditemukannya indikasi *bleeding* menandakan bahwa kondisi perkerasan masih dalam keadaan baik, dengan stabilitas termal yang mendukung kinerja gesek yang optimal. Pada suhu tertinggi yaitu 36°C nilai BPN masih memenuhi spesifikasi yang mengartikan bahwa pada suhu tersebut, permukaan perkerasan belum terjadi *bitumen bleeding* yang menutupi tekstur mikro dan makro yang mampu menurunkan gaya gesek.

Selain itu, Henry (2000) menambahkan bahwa nilai BPN yang tinggi pada kondisi kering menandakan bahwa proses polesan (*aggregate polishing*) akibat lalu lintas berat belum signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perkerasan pada ruas Jalan Kaliurang KM 8-9 masih berada pada tahap pelayanan yang baik, dengan permukaan yang belum mengalami degradasi tekstur. Dengan demikian, secara empiris dapat disimpulkan bahwa kondisi perkerasan yang terjaga dari keausan, stabil terhadap pengaruh suhu, serta memiliki gradasi agregat yang sesuai berkontribusi besar terhadap tingginya nilai *skid resistance* pada seluruh titik pengujian terutama pada kondisi kering. Sebaran titik pengujian (STA) dan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.27 untuk penyajian informasi yang lebih jelas dengan dilengkapi warna klasifikasi nilai BPN.



Gambar 5.27 Sebaran Klasifikasi Nilai BPN di Setiap STA Waktu Pagi dan Siang Pada Kondisi Kering

Adapun hasil rekapitulasi klasifikasi pada kondisi basah dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Klasifikasi Nilai BPN Kondisi Basah

Sesi Waktu	Titik STA	Suhu Permukaan (°C)	Nilai BPN	Memenuhi Spesifikasi (>55 BPN)
Pagi	8+000	24	57,60	YA
	8+200	24,5	55,60	YA
	8+400	24	54,00	TIDAK
	8+600	25,5	52,80	TIDAK
	8+800	26	50,00	TIDAK
	8+100	26,5	49,00	TIDAK
	8+300	27	48,20	TIDAK
	8+500	27,5	48,80	TIDAK
	8+700	27	47,80	TIDAK
	8+900	28	45,20	TIDAK
Siang	8+000	29,5	54,20	TIDAK
	8+200	30,5	53,00	TIDAK
	8+400	31	48,20	TIDAK
	8+600	31,5	46,80	TIDAK
	8+800	32	45,80	TIDAK
	8+100	32,5	46,40	TIDAK
	8+300	33	45,00	TIDAK
	8+500	33,5	43,80	TIDAK
	8+700	34	44,00	TIDAK
	8+900	35	43,00	TIDAK

Pada STA 8+000 sampai dengan STA 8+200 di waktu pagi hari pada kondisi basah, nilai BPN dinyatakan telah memenuhi spesifikasi yaitu >55 BPN. Namun, pada STA 8+400 sampai dengan STA 8+900 di waktu pagi hari, nilai BPN dinyatakan tidak memenuhi syarat spesifikasi. Begitupun pada STA 8+000 sampai dengan STA 8+900 pada waktu siang hari, nilai BPN dinyatakan tidak memenuhi syarat spesifikasi yaitu >55 BPN.

Hasil yang tidak memenuhi spesifikasi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor fisik dan lingkungan yang memengaruhi kemampuan permukaan jalan dalam menghasilkan gaya gesek terhadap ban kendaraan. Salah satu faktor utama adalah pengaruh suhu permukaan yang meningkat pada siang hari, yang dapat menyebabkan viskoelastisitas bitumen bertambah sehingga permukaan perkerasan

menjadi lebih lunak dan licin (Yager dan Buhlmann, 2011). Kondisi ini berpotensi menurunkan tekstur mikro yang berperan penting dalam menghasilkan gaya gesek saat kondisi jalan basah. Selain itu, perbedaan hasil antar STA juga dapat diakibatkan oleh variasi tingkat keausan dan kontaminasi permukaan oleh debu, kotoran, maupun residu bitumen (Dewar dan Read, 2015).

Penelitian oleh Kogbara dkk (2017) juga menunjukkan bahwa peningkatan temperatur dan kandungan air pada pori permukaan aspal berpengaruh signifikan terhadap penurunan nilai *skid resistance*, terutama pada perkerasan dengan tekstur halus. Dengan demikian, rendahnya nilai BPN pada beberapa titik pengujian diduga merupakan kombinasi dari faktor termal, kondisi tekstur agregat, serta pengaruh lalu lintas dan kontaminasi permukaan yang menurunkan karakteristik kekasaran mikro dan makro perkerasan.

Dari hasil tersebut dapat dikatakan pada titik terkait, tahanan gesek masih di bawah standar. Yang mana, hal tersebut dapat mengakibatkan kendaraan tergelincir di waktu pagi dan siang hari dalam kondisi basah (hujan). Sebagaimana pernyataan Pandia dkk (2016) nilai *skid resistance* perlu memenuhi spesifikasi yang ditetapkan guna keselamatan pengguna jalan. Sebab, ketika nilai kekesatan rendah, risiko kendaraan terpeleset akan meningkat, terlebih saat permukaan jalan basah akibat hujan yang mempengaruhi tingkat kelicinannya.

Untuk mempermudah penyampaian informasi dan tersaji dengan jelas, sebaran titik pengujian (STA) dan hasil nilai BPN yang didapatkan pada setiap STA pada kondisi basah waktu pagi dan siang hari dapat dilihat pada Gambar 5.28 yang dilengkapi dengan warna nilai BPN yang telah memenuhi spesifikasi ataupun belum.

Gambar 5.28 Sebaran Klasifikasi Nilai BPN di Setiap STA Waktu Pagi dan Siang Pada Kondisi Basah

5.3.3 Analisis Pengaruh Suhu Permukaan terhadap Nilai BPN

1. Uji Normalitas

   Setelah dilakukannya uji normalitas *Shapiro-Wilk* menggunakan SPSS didapatkan hasil uji normalitas pada kondisi kering dan basah yang disajikan dalam Tabel 5.7 dan Tabel 5.8. Didapatkan hasil pembasahan yaitu hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* pada kondisi kering, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,123 untuk variabel suhu dan 0,736 untuk variabel BPN. Karena nilai signifikansi (Sig.) kedua variabel > 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Dengan demikian, uji korelasi *Pearson* dapat digunakan untuk menguji hubungan antara suhu dan nilai *skid resistance* (BPN). Sedangkan, pada hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* pada kondisi basah, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,227 untuk variabel suhu dan 0,214 untuk variabel BPN. Karena nilai signifikansi (Sig.) kedua variabel > 0,050, maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Dengan demikian, uji korelasi *Pearson* dapat digunakan untuk menguji hubungan antara suhu dan nilai *skid resistance* (BPN).

2. Uji Linearitas

   Setelah dilakukan uji linearitas dengan dua kondisi, yaitu kondisi basah dan kering. Maka didapatkan hasil uji linearitas yang kemudian dapat dinyatakan berdistribusi linear. Adapun hasil analisis uji linearitas telah disajikan pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10. Berdasarkan hasil uji linearitas pada kondisi kering dan basah, diperoleh nilai signifikansi (Sig.) pada baris *Deviation from Linearity* masing-masing sebesar 0,068 dan 0,076, keduanya lebih besar dari 0,050. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat penyimpangan yang signifikan dari hubungan linear antara suhu permukaan dan nilai *skid resistance* (BPN). Selain itu, nilai F hitung pada kondisi kering sebesar 135,158 yang lebih kecil dari F tabel 246,918, dan pada kondisi basah sebesar 12,542 yang lebih kecil dari F tabel 19,433. Dengan demikian, hubungan antara suhu permukaan dan nilai *skid resistance* pada kedua kondisi tersebut dapat dikategorikan linear, sehingga data memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tahap analisis korelasi *Pearson*.

3. Uji Korelasi *Pearson*

Uji korelasi *Pearson* digunakan untuk mengetahui tingkat keeratan dan arah hubungan antara suhu permukaan jalan dengan nilai *skid resistance* yang diperoleh dari pengujian BPT yang dinyatakan dengan koefisien korekasi (r). Adapun dasar keputusan yang digunakan dalam analisis korelasi pearson itu sendiri, diantara lain adalah sebagai berikut.

a. Jika nilai Sig < 0,050, maka variabel berkolerasi.
b. Jika nilai Sig > 0,050, maka variabel tidak berkolerasi.

Setelah dilakukannya analisis statistik, didapatkan hasil bahwa variabel X dan variabel Y telah memenuhi syarat untuk dilakukannya uji korelasi *Pearson*. Hasil uji korelasi pearson dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 pada Sub Bab 5.2 sebelumnya.

Berdasarkan hasil uji korelasi *Pearson* yang diperoleh dari output SPSS v.25 pada kondisi kering dan basah, diketahui bahwa nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) pada kondisi kering sebesar 0,000 dan kondisi basah 0,012 (<0,050). Hal ini menunjukkan bahwa suhu permukaan memiliki pengaruh yang nyata terhadap perubahan nilai *skid resistance* pada perkerasan jalan. Nilai koefisien korelasi (r) pada kondisi kering sebesar -0,727, sedangkan pada kondisi basah sebesar -0,552. Tanda negatif (-) pada nilai r menunjukkan adanya hubungan negatif yang kuat antara suhu permukaan dan nilai *skid resistance*, yang berarti semakin tinggi suhu permukaan jalan, maka nilai BPN cenderung menurun, dan sebaliknya. Hal ini berarti bahwa semakin tinggi suhu permukaan, semakin rendah nilai BPN yang diperoleh. Berdasarkan klasifikasi koefisien korelasi, nilai r pada kondisi kering termasuk dalam kategori hubungan kuat (0,61–0,80) dan pada kondisi basah termasuk dalam kategori hubungan sedang (0,40-0,59). Hasil ini konsisten dengan data lapangan, di mana peningkatan suhu dari 24–36°C selalu diikuti oleh penurunan nilai *skid resistance* di setiap titik pengujian.

4. Analisis Regresi Linear Sederhana

Output yang dihasilkan dari uji regresi liner sederhana ini berupa *Variables Entered/Removed, Model Summary, ANOVA,* dan *Coefficients. Interpretasi* dari *output* tersebut dapat dilihat pada penjelasan berikut.

a. *Variables Entered/Removed*

Bagian *Variables Entered/Removed* pada *output* analisis regresi linear sederhana di SPSS berfungsi untuk menunjukkan variabel-variabel yang dimasukkan atau dikeluarkan dari model regresi, serta metode analisis yang digunakan. Dalam penelitian dengan satu variabel bebas, tabel ini umumnya menampilkan bahwa variabel independent (suhu permukaan) telah dimasukkan ke dalam model, sedangkan kolom *Variables Removed* biasanya bertuliskan *"None"* karena tidak ada variabel yang dikeluarkan. Metode yang tercantum pada kolom *Method* umumnya adalah *"Enter"* yang berarti variabel bebas dimasukkan secara langsung ke dalam model tanpa proses seleksi atau pengujian bertahap. Dengan demikian, bagian ini memberikan informasi awal tentang struktur model regresi yang digunakan SPSS untuk menganalisis hubungan antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y), pada penelitian ini yaitu hubungan antara suhu permukaan jalan terhadap nilai *skid resistance* pada perkerasan.

Kemudian, pada kondisi kering maupun basah, tabel *Variables Entered/Removed* terlihat bahwa variabel bebas (*independent*) yang dimasukkan ke dalam model regresi adalah Suhu Permukaan, sedangkan variabel terikat (*dependent*) adalah Nilai BPN. Metode yang digunakan adalah *Enter*, artinya seluruh variabel bebas yang ditentukan dimasukkan secara bersamaan ke dalam model.

b. *Model Summary*

Bagian *Model Summary* pada *output* analisis regresi linear sederhana di SPSS berfungsi untuk menampilkan ringkasan statistik yang menggambarkan kekuatan hubungan, tingkat pengaruh, serta kemampuan model regresi dalam menjelaskan variasi data. Tabel ini

memuat beberapa nilai penting, yaitu *R, R Square, Adjusted R Square,* dan *Standard Error of the Estimate.*

Nilai R menunjukkan koefisien korelasi antara variabel bebas dan variabel terikat. Semakin mendekati angka 1 atau -1, maka hubungan antara kedua variabel semakin kuat, dengan tanda positif atau negatif menunjukkan arah hubungan (searah atau berlawanan). Nilai *R Square* (R^2) menggambarkan besarnya proporsi variabilitas variabel terikat (Y) yang dapat dijelaskan oleh variabel bebas (X). Sementara itu, *Adjusted R Square* merupakan bentuk koreksi dari R^2 yang disesuaikan dengan jumlah variabel dalam model, sehingga lebih akurat terutama jika model melibatkan lebih dari satu variabel bebas. Terakhir, *Standard Error of the Estimate* menunjukkan besarnya kesalahan standar atau deviasi antara nilai hasil prediksi model dengan data sebenarnya. Semakin kecil nilainya, semakin baik kemampuan model dalam memprediksi variabel terikat.

Untuk hasil analisis pada kondisi kering, disajikan Tabel 5.14 yang menjelaskan besarnya nilai hubungan R yaitu sebesar 0,727. Kemudian diperoleh juga R2 sebesar 0,529, yang menyatakan bahwa pengaruh variabel bebas (suhu permukaan) terhadap variabel terikat (nilai BPN) adalah sebesar 52,9%. Adapun 47,1% sisanya dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti kontamin, kondisi agregat, dan lain sebagainya. Selanjutnya, *Std. Error of the Estimate* sebesar 3,196 menunjukkan besarnya penyimpangan atau kesalahan standar dari model regresi, yang berarti nilai prediksi BPN dapat menyimpang sekitar ±3,196 dari nilai aktual.

Sedangkan, untuk hasil analisis pada kondisi basah, disajikan pada Tabel 5.17, menjelaskan besarnya nilai hubungan R yaitu sebesar 0,552. Kemudian diperoleh juga R2 sebesar 0.305, yang menyatakan bahwa pengaruh variabel bebas (suhu permukaan) terhadap variabel terikat (nilai BPN) adalah sebesar 30,5%. Adapun 69,5% sisanya dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti kontamin, kondisi agregat, dan lain

sebagainya. Selanjutnya, *Std. Error of the Estimate* sebesar 6,077 menunjukkan besarnya penyimpangan atau kesalahan standar dari model regresi, yang berarti nilai prediksi BPN dapat menyimpang sekitar ±6,077 dari nilai aktual.

c. *ANOVA*

Tabel *ANOVA* pada output analisis regresi linear sederhana di SPSS berfungsi untuk menilai apakah model regresi yang digunakan signifikan secara statistik, yaitu apakah variabel bebas benar-benar berpengaruh terhadap variabel terikat. Tabel ini menampilkan perbandingan antara variasi yang dapat dijelaskan oleh model dengan variasi yang tidak dapat dijelaskan (kesalahan). Nilai F hitung digunakan untuk menguji signifikansi model, sedangkan nilai signifikansi (Sig.) menunjukkan tingkat kepercayaannya. Jika nilai Sig. < 0,05, maka model regresi dianggap signifikan, artinya variabel bebas memiliki pengaruh yang nyata terhadap variabel terikat.

Berdasarkan tabel kondisi kering pada Tabel 5.15, nilai F hitung didapatkan sebesar 20,217 dengan signifikansi (Sig.) sebesar 0,000 (<0,050). Ini berarti model regresi yang digunakan telah tersignifikansi secara statistik, sehingga suhu permukaan berpengaruh nyata terhadap nilai BPN. Dengan demikian, hipotesis nol (H_0) yang menyatakan tidak ada pengaruh suhu terhadap nilai BPN ditolak, dan hipotesis alternatif (H_1) diterima.

Kemudian, pada kondisi basah yang ditunjukkan pada Tabel 5.16, nilai F hitung didapatkan sebesar 7,904 dengan signifikansi (Sig.) sebesar 0,012 (<0,050). Ini berarti model regresi yang digunakan telah tersignifikansi secara statistik, sehingga suhu permukaan berpengaruh nyata terhadap nilai BPN. Dengan demikian, hipotesis nol (H_0) yang menyatakan tidak ada pengaruh suhu terhadap nilai BPN ditolak, dan hipotesis alternatif (H_1) diterima.

d. *Coefficients*

Tabel *Coefficients* menampilkan hasil perhitungan yang digunakan untuk membentuk persamaan regresi dan mengetahui besarnya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Dalam tabel ini terdapat nilai konstanta (*Intercept*) dan koefisien regresi (b) yang digunakan untuk menyusun persamaan regresi di mana a adalah konstanta dan b adalah koefisien regresi. Nilai konstanta menunjukkan besarnya nilai variabel terikat (Y) ketika variabel bebas (X) bernilai nol, sedangkan nilai koefisien regresi menunjukkan seberapa besar perubahan pada Y untuk setiap satu satuan perubahan X.

Selain itu, tabel ini juga menampilkan nilai t hitung dan Sig. (*Significance*) yang digunakan untuk menguji pengaruh masing-masing variabel secara parsial. Jika nilai Sig. < 0,05, maka variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Dengan demikian, tabel *Coefficients* membantu menafsirkan arah, besaran, dan signifikansi hubungan antara kedua variabel dalam model regresi 3.3.

Selain itu, tabel ini juga menampilkan nilai t hitung dan Sig. (*Significance*) yang digunakan untuk menguji pengaruh masing-masing variabel secara parsial. Jika nilai Sig. < 0,05, maka variabel bebas berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat. Dengan demikian, tabel *Coefficients* membantu menafsirkan arah, besaran, dan signifikansi hubungan antara kedua variabel dalam model regresi.

Pada kondisi kering, nilai *Constant* (a) sebesar 108,345, dan nilai koefisien regresi (b) sebesar -0,856. Sehingga persamaan regresinya dapat dinyatakan Y = a + bX, dengan variabel Y adalah nilai BPN, dan variabel Y adalah suhu permukaan. Maka persamaan menjadi:

Nilai BPN = 108,345 + (-0,856) (Suhu Permukaan).

Interpretasi:

1) Konstanta (108,345) menunjukkan bahwa ketika suhu permukaan bernilai 0°C (hipotetis), maka nilai BPN diperkirakan sebesar 108,345.

2) Koefisien regresi suhu (-0,856) bermakna bahwa setiap kenaikan suhu permukaan sebesar 1°C akan menurunkan nilai BPN sebesar 0,856 satuan.
3) Nilai Sig. = 0,000 < 0,05, sehingga koefisien regresi signifikan, menegaskan bahwa suhu permukaan berpengaruh nyata dan negatif terhadap *skid resistance*.

Selanjutnya, dilakukan hipotesis dengan melakukan uji t. Berdasarkan syarat pengambilan keputusan pada uji t, yaitu nilai t hitung > t tabel, maka dapat disimpulkan bahwa variabel nilai BPN berpengaruh terhadap variabel suhu permukaan. Berikut hasil pembahasan uji t berdasarkan t hitung yang didapatkan pada Tabel 5.1. Adapun persamaan t tabel 3.4 sebagai berikut.

Ttabel = $(\alpha\ 2; n-k-1)$
= (0,05 2; 20 −1−1)
= (0,025; 18) [Dapat dilihat pada distribusi nilai t_{tabel} 3.5]
= 1,734

Maka, didapatkan hasil t hitung sebesar 4,496 lebih besar dari t tabel yaitu sebesar 1,734, yang mana dapat disimpulkan bahwa variabel X (suhu permukaan) berpengaruh terhadap variabel Y (nilai BPN). Berdasarkan hasil analisis uji regresi linear sederhana pada kondisi kering, pernyataan tersebut memperkuat temuan dari uji korelasi Pearson sebelumnya, yang menunjukkan adanya hubungan negatif dan signifikan antara kedua variabel, sehingga dapat disimpulkan bahwa suhu merupakan faktor penting yang memengaruhi tingkat kekesatan permukaan jalan.

Kemudian pada kondisi basah, nilai *Constant* (a) sebesar 79,585, dan nilai koefisien regresi (b) sebesar -1,103. Sehingga persamaan regresinya dapat dinyatakan Y = a + bX, dengan variabel Y adalah nilai BPN, dan variabel Y adalah suhu permukaan. Maka persamaan menjadi: Nilai BPN = 79,858 + (-1,103) (Suhu Permukaan).

Interpretasi:

1) Konstanta (79,585) menunjukkan bahwa ketika suhu permukaan bernilai 0°C (hipotetis), maka nilai BPN diperkirakan sebesar 79,585.
2) Koefisien regresi suhu (-0,392) bermakna bahwa setiap kenaikan suhu permukaan sebesar 1°C akan menurunkan nilai BPN sebesar 0,392 satuan.
3) Nilai Sig. = 0,012 < 0,05, sehingga koefisien regresi signifikan, menegaskan bahwa suhu permukaan berpengaruh nyata dan negatif terhadap *skid resistance*.

Selanjutnya, dilakukan hipotesis dengan melakukan uji t. Berdasarkan syarat pengambilan keputusan pada uji t, yaitu nilai t hitung > t tabel, maka dapat disimpulkan bahwa variabel nilai BPN berpengaruh terhadap variabel suhu permukaan. Berikut hasil pembahasan uji t berdasarkan t hitung yang didapatkan pada Tabel 5.17. Adapun persamaan t tabel 3.4 sebagai berikut.

Ttabel = $(\alpha\ 2;\ n-k-1)$
= (0,05 2; 20 −1−1)
= (0,025; 18) [Dapat dilihat pada distribusi nilai t_{tabel} 3.5]
= 1,734

Maka, didapatkan hasil t hitung sebesar 6,916 lebih besar dari t tabel yaitu sebesar 1,734, yang mana dapat disimpulkan bahwa variabel X (suhu permukaan) berpengaruh terhadap variabel Y (nilai BPN).

Secara keseluruhan, setiap kenaikan suhu sebesar 1°C menurunkan nilai BPN rata-rata sebesar 0,190 pada kondisi kering dan 0,392 pada kondisi basah, membuktikan bahwa suhu permukaan memiliki pengaruh nyata terhadap penurunan tingkat kekesatan jalan.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka didapatkan hasil rekapitulasi hasil uji korelasi Pearson dan regresi linear sederhana yang disajikan dalam Tabel 5.25 sebagai berikut.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji dengan SPSS

Metode Uji	Syarat Pengambilan Keputusan	*Output*	Keterangan	Interpretasi
Normalitas	1. Jika nilai *Sig* > 0,05, maka data penelitian berdistribusi normal 2. Jika nilai *Sig* < 0,05, maka data penelitian tidak berdistribusi normal	Normalitas *Shapiro-Wilk:* 1.Kondisi 2.Kondisi basah	1. Kondisi kering: 1. *Sig*. suhu permukaan = 0,123 2. *Sig*. nilai BPN = 0,736 2. Kondisi basah: a. *Sig*. suhu permukaan = 0,227 b. *Sig*. nilai BPN = 0,214	Nilai signifikansi (*Sig*.) pada kedua kondisi dan kedua variabel > 0,05, maka data berdistribusi normal. Sehingga, uji korelasi *Pearson* dapat digunakan untuk menguji hubungan antara suhu dan nilai *skid resistance* (BPN).

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji dengan SPSS

Metode Uji	Syarat Pengambilan Keputusan	*Output*	Keterangan	Interpretasi
Linearitas	1. Nilai Signifikansi (*Sig.*) a. *Deviation from Linearity Sig* > 0,050, terdapat hubungan yang linear secara signifikan. b. *Deviation from Linearity Sig* < 0,050, tidak terdapat hubungan yang linear secara signifikan. 2. Nilai F hitung dengan F tabel a. Jika nilai F hitung < F tabel, maka terdapat hubungan yang linear secara signifikan. b. Jika nilai F hitung > F tabel, maka tidak terdapat hubungan yang linear secara signifikan.	Linearitas: 1. Kondisi kering 2. Kondisi basah	1. Kondisi kering: a. *Deviation from Linearity* = 0,068 (>0,050) b. F hitung = 135,158 < F tabel 246,918 2. Kondisi basah: a. *Deviation from Linearity* = 0,076 (>0,050) b. F hitung = 12,542 < F tabel 19,433	Hubungan antara suhu permukaan dan nilai *skid resistance* pada kondisi kering dan kondisi basah dapat dikategorikan linear.

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji dengan SPSS

Metode Uji	Syarat Pengambilan Keputusan	*Output*	Keterangan	Interpretasi
Korelasi *Pearson*	1. Signifikansi: a. Jika nilai *Sig* < 0,050, maka variabel berkolerasi. b. Jika nilai *Sig* > 0,050, maka variabel tidak berkolerasi.	*Pearson Correlation*: 1. Kondisi kering 2. Kondisi basah	1. Kondisi kering: a. (*Sig. 2-tailed*): 0,000 (<0,050) b. *Pearson Correlation* (r): -1,727 2. Kondisi basah: a. (*Sig. 2-tailed*): 0,012 (<0,050) b. *Pearson Correlation* (r): -0,552	1. Kondisi kering: Signifikansi (*Sig. 2-tailed*) 0,000 (<0,050) menyatakan bahwa suhu permukaan memiliki pengaruh yang nyata terhadap perubahan nilai *skid resistance* pada perkerasan jalan. Nilai r berada pada range 0,61-0,80 yang menyatakan bahwa terdapat korelasi kuat antara suhu permukaan dan nilai BPN. 2. Kondisi basah: Signifikansi (*Sig. 2-tailed*) 0,012 (<0,050) menyatakan bahwa suhu permukaan memiliki pengaruh yang nyata terhadap perubahan nilai *skid resistance* pada perkerasan jalan. Nilai r berada pada range 0,40-0,59 yang menyatakan bahwa terdapat korelasi sedang antara suhu permukaan dan nilai BPN.

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji dengan SPSS

Metode Uji	Syarat Pengambilan Keputusan	*Output*	Keterangan	Interpretasi
Regresi Linear Sederhana		*Variables Entered/Removed*	*Method*	Pada kedua kondisi yaitu kering dan basah, variabel bebas (*independent*) yang dimasukkan ke dalam model regresi adalah suhu permukaan, sedangkan variabel terikat (*dependent*) adalah nilai bpn. Metode yang digunakan adalah *Enter*, artinya seluruh variabel bebas yang ditentukan dimasukkan secara bersamaan ke dalam model.
	1. Nilai R (*Correlation Coefficient*): a. Nilai R^2 mendekati 1 → hubungan antara suhu dan *skid resistance* sangat kuat. b. Nilai R^2 mendekati 0 → hubungan antara	*Model Summary*	1. Kondisi kering: a. Nilai R = 0,727 b. Nilai R^2 = 0,529 c. *Adjusted R Square* = 0,503	1. Kondisi kering: Nilai R dan R^2 menyatakan bahwa pengaruh variabel bebas (suhu permukaan) terhadap variabel terikat (nilai BPN) adalah sebesar 52,9%. Adapun 47,1% sisanya dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti kontamin, kondisi agregat, dan lain sebagainya. Selanjutnya, *Std. Error of the Estimate* sebesar 3,196 menunjukkan besarnya penyimpangan atau kesalahan standar dari model regresi, yang berarti nilai prediksi BPN dapat menyimpang sekitar ±3,196 dari nilai aktual.

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji dengan SPSS

Metode Uji	Syarat Pengambilan Keputusan	*Output*	Keterangan	Interpretasi
Regresi Linear Sederhana	keduanya sangat lemah. 2. Koefisien Determinan (R^2): a. Nilai 0–1: semakin mendekati 1, semakin besar pengaruh variabel bebas.	*Model Summary*	d. *Std. Error of the Estimate* = 3,196 2. Kondisi basah: a. Nilai R = 0,552 b. Nilai R^2 = 0,305 c. *Adjusted R Square* = 0,267 d. *Std. Error of the Estimate* = 6,077	2. Kondisi basah: Nilai R dan R^2 menyatakan bahwa pengaruh variabel bebas (suhu permukaan) terhadap variabel terikat (nilai BPN) adalah sebesar 30,5%. Adapun 69,5% sisanya dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti kontamin, kondisi agregat, dan lain sebagainya. Selanjutnya, *Std. Error of the Estimate* sebesar 6,077 menunjukkan besarnya penyimpangan atau kesalahan standar dari model regresi, yang berarti nilai prediksi BPN dapat menyimpang sekitar ±6,077 dari nilai aktual.

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji dengan SPSS

Metode Uji	Syarat Pengambilan Keputusan	*Output*	Keterangan	Interpretasi
Regresi Linear Sederhana	P-value: 1. Jika Sig, < 0,05, maka H_0 ditolak 2. Jika Sig, > 0,05, maka H_0 diterima	*ANOVA*	1. Kondisi kering: *Sig*. = 0,000 (<0,050). 2. Kondisi basah: *Sig*. = 0,012 (<0,050).	Hipotesis nol (H_0) yang menyatakan tidak ada pengaruh suhu terhadap BPN ditolak, dan hipotesis alternatif (H_1) diterima, suhu berpengaruh signifikan terhadap *skid resistance*.
	1. Nilai Sig. (p-value): a. Jika Sig, < 0,05, maka H_0 ditolak → suhu berpengaruh signifikan terhadap *skid resistance*. b. Jika Sig, > 0,05, maka H_0 diterima → suhu tidak berpengaruh signifikan.	*Coefficients Table*	1. Kondisi kering: a. *Constant* (a) = 108,345 b. Koefisien regresi (b) = -0,856 c. *Sig*. = 0,000 d. t hitung = 4,496 e. t tabel = 1,734	1. Kondisi kering: a. Konstanta (108,345) menunjukkan bahwa ketika suhu permukaan bernilai 0°C (hipotetis), maka nilai BPN diperkirakan sebesar 108,345. b. Koefisien regresi suhu (-0,856) bermakna bahwa setiap kenaikan suhu permukaan sebesar 1°C akan menurunkan nilai BPN sebesar 0,856 satuan. c. Nilai Sig. = 0,000 < 0,050, koefisien regresi signifikan. d. t hitung sebesar 4,496 > t tabel 1,734, bahwa variabel X (suhu permukaan) dinyatakan berpengaruh terhadap variabel Y (nilai BPN).

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Analisis Uji dengan SPSS

Metode Uji	Syarat Pengambilan Keputusan	*Output*	Keterangan	Interpretasi
Regresi Linear Sederhana	2. Nilai t hitung: a. $t_{hitung} > t_{tabel}$ → variabel suhu berpengaruh terhadap variabel BPN b. $t_{hitung} < t_{tabel}$ → variabel suhu tidak berpengaruh terhadap variabel BPN		2. Kondisi basah: a. *Constant* (a) = 79,585 b. Koefisien regresi (b) = -1,103 c. Sig. = 0,012 d. t hitung = 6,916 e. t tabel = 1,734	2. Kondisi basah: a. Konstanta (79,585) menunjukkan bahwa ketika suhu permukaan bernilai 0°C (hipotetis), maka nilai BPN diperkirakan sebesar 79,585. b. Koefisien regresi suhu (-1,103) bermakna bahwa setiap kenaikan suhu permukaan sebesar 1°C akan menurunkan nilai BPN sebesar 1,103 satuan. c. Nilai Sig. = 0,012 < 0,05, sehingga koefisien regresi signifikan. d. t hitung sebesar 6,916 > t tabel yaitu sebesar 1,734, bahwa variabel X (suhu permukaan) dinyatakan berpengaruh terhadap variabel Y (nilai BPN).

5.3.4 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Sebagai upaya untuk menempatkan temuan penelitian ini dalam konteks ilmiah yang lebih luas, dilakukan perbandingan dengan sejumlah studi terdahulu yang membahas pengaruh suhu terhadap nilai *skid resistance*. Perbandingan ini tidak dimaksudkan untuk menyamakan seluruh aspek metodologis, melainkan meninjau kesesuaian tren hasil, khususnya terkait hubungan antara peningkatan suhu permukaan dan penurunan nilai BPN. Meskipun penelitian ini memiliki karakteristik lokasi, kondisi perkerasan, serta periode pengujian yang berbeda dibandingkan studi-studi sebelumnya, analisis perbandingan tetap relevan untuk melihat konsistensi fenomena yang muncul di berbagai konteks. Dengan demikian, pemahaman terhadap pengaruh suhu terhadap *skid resistance* dapat diperkuat melalui keterkaitan antara hasil penelitian terbaru dengan temuan empiris yang telah dipublikasikan sebelumnya. Perbandingan hasil penelitian penulis dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 5.26 sebagai berikut.

Tabel 5.26 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Lokasi Pengujian	Klasifikasi Nilai BPN	Pengaruh Suhu terhadap Nilai BPN	Tingkat Korelasi Hubungan
Asnawi dkk (2018)	Bundaran Digulis, Kota Baru, dan Kodam XII, Pontianak	Sedang-Baik (40-60 BPN)	Suhu tinggi menurunkan BPN secara konsisten	Korelasi negatif kuat
Novamaulina dkk (2019)	Jalan Kaliurang KM 21, KM 22, dan KM 23, Yogyakarta	Baik (≥55 BPN di beberapa segmen)	Peningkatan suhu menurunkan BPN pada kondisi kering dan basah	Korelasi negatif sedang–kuat
Hakim dkk (2021)	Jalan Letnan Jendral Sutoyo, Pontianak	Sedang (45–55 BPN)	Nilai BPN turun saat suhu naik, terutama siang hari	Korelasi negatif sedang
Salsabiilaa (2025)	Jalan Kaliurang KM 8-9	Baik–Sangat Baik (≥65 BPN pada kondisi kering) Sedang-Kurang baik (<55 BPN pada beberapa segmen kondisi basah)	Suhu permukaan berpengaruh signifikan menurunkan BPN, terutama siang hari	Korelasi negatif kuat (mendekati r = –0,727) kondisi basah, dan korelasi negatif sedang (r = -0,522)

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian pengujian lapangan menggunakan *British Pendulum Tester* (BPT), analisis statistik dengan SPSS, serta interpretasi hasil pada bab sebelumnya. Maka, diperoleh beberapa kesimpulan terkait pengaruh suhu permukaan terhadap nilai *skid resistance* pada ruas Jalan Kaliurang KM 8-9 yang disimpulkan sebagai berikut.

1. Nilai *skid resistance* di Jalan Kaliurang KM 8-9 hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu permukaan jalan dari kisaran 24–36°C menyebabkan penurunan nilai *skid resistance* (BPN) pada semua kondisi. Pada kondisi kering, nilai BPN turun dari 90,20 menjadi 78,80 di pagi hari dan dari 85,60 menjadi 74,20 di siang hari. Pada kondisi basah, penurunan lebih tajam, yaitu dari 57,60 menjadi 45,20 di pagi hari serta dari 54,20 menjadi 43,00 di siang hari. Perbedaan antara kondisi kering dan basah mencapai selisih sekitar 33–35 poin pada suhu yang sama, menunjukkan bahwa air memperburuk penurunan gaya gesek. Kombinasi suhu tinggi dan kondisi basah menghasilkan nilai BPN terendah, sehingga risiko selip paling tinggi terjadi pada keadaan tersebut.
2. Hasil klasifikasi nilai *skid resistance* menunjukkan bahwa seluruh titik pengujian pada kondisi kering berada di atas batas minimum standar TRRL, yaitu >65 BPN, dengan nilai tertinggi mencapai 90,20 dan terendah tetap berada di ambang aman sehingga kondisi perkerasan masih tergolong sangat baik. Hal ini menegaskan bahwa tekstur mikro dan makro permukaan masih berfungsi optimal serta tidak terjadi indikasi *bleeding* maupun keausan agregat yang signifikan. Sebaliknya, pada kondisi basah, hanya STA 8+000 hingga 8+200 di pagi hari yang memenuhi standar >55 BPN, sementara titik lainnya, baik di pagi maupun siang hari, berada di bawah batas minimum. Rendahnya nilai tersebut dipengaruhi oleh kombinasi faktor peningkatan

suhu yang melunakkan aspal, tekstur agregat yang mulai menurun efektivitasnya, serta kontaminasi permukaan yang mengurangi kekasaran jalan. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada beberapa segmen jalan, terutama saat basah, risiko selip cukup tinggi sehingga diperlukan upaya perbaikan dan pemeliharaan untuk meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

3. Hasil uji korelasi *Pearson* menunjukkan bahwa suhu permukaan jalan memiliki hubungan yang signifikan terhadap perubahan nilai *skid resistance*, dibuktikan dengan nilai signifikansi 0,000 (<0,050) pada kondisi kering maupun basah. Koefisien korelasi sebesar –0,727 untuk kondisi kering dan –0,552 untuk kondisi basah menandakan hubungan negatif yang kuat, di mana peningkatan suhu dari kisaran 24–36°C selalu disertai penurunan nilai BPN pada seluruh titik pengujian. Temuan ini mengonfirmasi bahwa suhu merupakan variabel berpengaruh penting terhadap kinerja gesekan perkerasan, dengan pengaruh lebih kuat pada kondisi basah.
4. Secara umum, hasil uji regresi linear sederhana menunjukkan bahwa suhu permukaan jalan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai *skid resistance*, ditunjukkan oleh model regresi yang *valid* pada semua *output*, mulai dari *Variables Entered/Removed* hingga *ANOVA* dan *Coefficients*. Nilai koefisien korelasi (R) dan determinasi (R^2) menguatkan bahwa hubungan kedua variabel bersifat kuat, yaitu R = 0,727 dan R^2 = 0,529 pada kondisi kering, serta R = 0,552 dan R^2 = 0,305 pada kondisi basah, yang berarti suhu menjelaskan 52,9% variasi nilai BPN pada kondisi kering dan 30,5% pada kondisi basah. Nilai F hitung yang signifikan pada kedua kondisi menegaskan bahwa model regresi layak dan variabel suhu benar-benar berpengaruh terhadap nilai BPN. Persamaan regresi menunjukkan bahwa setiap kenaikan suhu 1°C menurunkan nilai BPN sebesar 0,856 pada kondisi kering dan 1,103 pada kondisi basah, dengan nilai t hitung yang jauh lebih besar daripada t tabel, sehingga hubungan tersebut terbukti signifikan secara statistik. Temuan ini menegaskan bahwa suhu permukaan merupakan

faktor determinan yang secara konsisten menurunkan tingkat kekesatan perkerasan, terutama pada kondisi basah di mana sensitivitas penurunannya lebih besar.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, terdapat saran dari hasil penelitian yang dilakukan guna insfrastruktur yang aman dan baik, dan untuk pengembangan penelitian di masa yang akan datang untuk hasil yang lebih baik. Berikut beberapa saran untuk instansi terkait serta penelitian selanjutnya dijabarkan sebagai berikut.

1. Pemeliharaan jalan perlu diperhatikan dan dirawat secara berkala untuk mengantisipasi potensi penurunan nilai *skid resistance* terutama menjelang musim hujan.
2. Pada segmen yang mengalami penurunan BPN karena tekstur permukaan yang mulai aus atau terpolish, dapat dilakukan tindakan pemeliharaan seperti *slurry sealing*, atau *micro-surfacing.* Bila kondisi lebih parah, tindakan *milling* dan *overlay* dapat dipertimbangkan. Perawatan ini bertujuan mengembalikan tekstur mikro dan makro agar mampu menghasilkan gaya gesek yang optimal.
3. Dalam *overlay* atau rehabilitasi permukaan perkerasan jalan, pemilihan agregat dengan ketahanan polesan tinggi perlu diprioritaskan agar tidak mudah aus akibat beban lalu lintas dan suhu tinggi. Material bertekstur kasar dan agregat dengan *polishing resistance* yang baik dapat membantu mempertahankan kekesatan permukaan dalam jangka panjang. Selain itu, penggunaan aspal dengan stabilitas tinggi pada suhu panas dapat mengurangi risiko *bleeding* yang berdampak pada penurunan BPN.
4. Disarankan agar studi ke depan mengikutsertakan faktor-faktor tambahan guna memperkuat hasil temuan, misalnya usia lapis perkerasan, intensitas lalu lintas harian, karakteristik beban kendaraan, maupun tipe agregat yang digunakan, guna mendukung hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Aji, S. (2011). Evaluasi Nilai Kekesatan Permukaan (Skid Resistance) Aspal Beton Dengan Perbedaan Indeks Penetrasi Akibat Perubahan Temperatur Permukaan. *Jurusan Teknik Sipil Universitas Indonesia, Depok*.

Akbar, R., Weriana, W., Siroj, R. A., & Afgani, M. W. (2023). Experimental research dalam metodologi pendidikan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *9*(2), 465-474.

Asnawi, U. F., Widodo, S., & Sulandari, E. (2018). Pengujian Nilai Kekesatan Permukaan Jalan Pada Daerah Bundaran Di Kota Pontianak Dan Sekitarnya. *JeLAST*: *Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang, 5(2).*

Badan Perencanaan Pembangunan, Riset, dan Inovasi Daerah Istimewa Yogyakarta. (2025, 12 Sep). Data Kecelakaan dan Pelanggaran Lalu Lintas.

Baran, E. (2011). Temperature influence on skid resistance measurement. In *International Surface Friction Conference, 3rd, 2011*.

Bullas, J. C. (1969). Instructions for using the portable skid-resistance tester. (Road Note No. 27, 2nd ed.). *Road Research Laboratory, HMSO.*

Dewar, J., & Read, J. (2015). Asphalt Pavements: Materials, Design, Construction and Maintenance. *ICE Publishing.*

Dhuha, U. F., Riyanto, A., Idris, Z., & Hidayati, N. (2023). Komparasi pemanfaatan aditif limbah plastik (LDPE) dan ban karet terhadap campuran AC-WC ditinjau dari aspek volumetrik, IRI, dan skid resistance. *Proceeding Civil Engineering Research Forum.*

Fajri, N. N. (2025). Analisis Pengaruh Suhu Dan Cuaca Terhadap Nilai Skid Resistance Pada Perkerasan Jalan. *(Doctoral Dissertation, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan).*

Fuentes, L., Gunaratne, M., & Hess, D. (2010). Evaluation of the effect of pavement roughness on skid resistance. *Journal of Transportation Engineering, 136*(7), 640–653.

Fwa, T. F. (2021). Determination and prediction of pavement skid resistance–connecting research and practice. *Journal of Road Engineering*, *1*, 43-62.

Guo, F., Pei, J., Zhang, X., Wang, Y., Xie, P., & Chen, Z. (2021). Study on The Skid Resistance of Asphalt Pavement: A state-of-the-art review and future prospective. *Construction and Building Materials*, 303, 124411.

Hakim, K. B. R., & Kadarini, S. N. Analisis Pengaruh Kontaminan Terhadap Kekesatan (Skid Resistance) Pada Permukaan Perkerasan (Studi Kasus Jln. Letnan Jendral Sutoyo). *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, *8*(1).

Hall, J. W., Smith, K. L., Titus-Glover, L., Wambold, J. C., Yager, T. J., & Rado, Z. (2009). Guide for pavement friction. *Final Report for NCHRP Project*, *1*(43), 1372-76069.

Hay, M. L., & Ansusanto, J. D. (2023). Analysis of Accident Characteristics and Accident-Prone Areas in Sleman Regency, Yogyakarta (Case Study: Kaliurang Road Section Km 3.5–Km 10). *ASTONJADRO, 12*(2), 488-494.

Henry, J. J. (2000). Evaluation of pavement friction characteristic*s* (NCHRP Synthesis 291). *Transportation Research Board, National Research Council.*

Kogbara, R. B., Masad, E. A., Kassem, E., Scarpas, A. T., & Anupam, K. (2016). A state-of-the-art review of parameters influencing measurement and modeling of skid resistance of asphalt pavements. *Construction and Building Materials*, *114*, 602-617.

Lee, Y. P. K., Fwa, T. F., & Choo, Y. S. (2005). Effect of pavement surface texture on British pendulum test. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, *6*, 1247-1257.

Marsaid, M., Hidayat, M., & Ahsan, A. (2013). Faktor yang berhubungan dengan kejadian kecelakaan lalu lintas pada pengendara sepeda motor di wilayah Polres Kabupaten Malang. *Journal of Nursing Science Update (JNSU)*, *1*(2), 98-112.

Novamaulina, E., Malkhamah, S., & Suparma, L. B. (2019). Pengaruh Suhu Permukaan Perkerasan Jalan terhadap Nilai Skid Resistance pada Jalan Turunan. In *Prosidingn Seminar Nasional Pascasarjana*.

Novianto, V., Widodo, S., & Sulandari, E. (2017). Pengujian Nilai Kekesatan Permukaan Jalan pada Jalan Utama Ahmad Yani 1 Pontianak. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, *5*(2).

Pandia, I. J., Lubis, A. S., & Rambe, A. P. (2016). Korelasi Skid Resistance dengan Kedalaman Tekstur pada Permukaan Perkerasan Lentur. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, *22*(2), 109-118.

Roshan, A., & Abdelrahman, M. (2024). Influence of aggregate properties on skid resistance of pavement surface treatments. *Coatings*, *14*(8), 1037.

Sjahdanulirwan, M. S., & Dachlan, A. T. (2013). Kajian Kekesatan Permukaan Perkerasan Jalan Beton Aspal, Beton Semen, Dan Beton Karpet. *Jurnal Jalan Jembatan*, *30*(3), 152-163.

Standar Nasional Indonesia. (2008). Cara uji kekesatan permukaan perkerasan menggunakan alat British Pendulum Tester (BPT) (SNI 4427:2008).

Sugiyono. (2019). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. *Alfabeta.*

Surya, A., Abdurrahman, A., & Buzman, B. (2020). Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan Pada Ruas Jalan Tanjung Serdang-Stagen Kabupaten Kotabaru. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, *3*(2), 227-232

Suwardo, Suprapto, & Ramadhani, F. (2014). *Investigation of skid resistance characteristics on road pavement*. Universitas Gadjah Mada.

Suwardo, S., & Utomo, H. B. (2020). Pengukuran dan Perekaman data Ketidakrataan Perkerasan Jalan dengan Sensor Ultrasonic pada Rolling Straight Edge. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, *18*(2), 295-306.

Syahriza, M. (2019). Kecelakaan Lalulintas: Perlukah Mendapatkan Perhatian Khusus?. *Averrous: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Malikussaleh*, *5*(2), 89-101.

Wu, J., Wang, X., Wang, L., Zhang, L., Xiao, Q., & Yang, H. (2020). Temperature correction and analysis of pavement skid resistance performance based on RIOHTrack full-scale track. *Coatings*, *10*(9), 832.

Yager, T. J., & Buhlmann, F. (2011). Friction measurements of pavement surfaces under varying environmental conditions. *NASA Technical Report.*

Yusuf, M. A., Herman, T., Abraham, A., & Rukmana, H. (2024). Analisis regresi linier sederhana dan berganda beserta penerapannya. *Journal on Education*, *6*(02), 13331-13344.

LAMPIRAN 1
FORMULIR PENGUJIAN BPT

Lampiran 1 Form Pengujian *British Pendulum Test* (BPT)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

PEMERIKSAAN TAHANAN GESEK PERKERASAN (*SKID RESISTANCE*)

RUJUKKAN : ASTM E303 - *British Pendulum Tester*

1. Pekerjaan :
2. Lokasi Pekerjaan :
3. Jenis Sampel :
4. Dikerjakan : Sukamto HM, S.T.
   Giri Widhiatmoko, S.T.
5. Diperiksa : Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.

No	Tgl Pemeriksaan	Lokasi Pengukuran		Hasil Pemeriksaan						Suhu (^{O}C)	
		Keterangan	No. Sampel	1	2	3	4	5	Rata-rata	Udara	Permukaan
1											
2											
3											
4											
5											

Disahkan Oleh
Manager Lab. Jurusan Teknik Sipil

Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng, IPM., ASEAN.Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta,
PLP Lab. Jalan Raya

Giri Widhiatmoko, S.T., M.T.
NIK : 225104605

LAMPIRAN 2

DATA PENGUJIAN BPT

SESI PAGI (07.00-09.00 WIB)

Lampiran 2.1 Data Pengujian BPT Sesi Pagi Kondisi Kering

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

PEMERIKSAAN TAHANAN GESEK PERKERASAN (*SKID RESISTANCE*)

RUJUKKAN : ASTM E303 - *British Pendulum Tester*

1. Pengirim Pekerjaan : Desfilia Salsabiilaa / 21 511 140
2. Lokasi Pekerjaan : Jalan Kaliurang
3. Jenis Sampel : Perkerasan Lentur
4. Waktu : 07.00 - 09.00 WIB
5. No Kontrak : **JR-10-25-58**

No	Tgl Pemeriksaan	STA	Kondisi	Keterangan	Hasil Pemeriksaan						Suhu (^{o}C)
					1	2	3	4	5	Rata-rata	Permukaan
1	03/11/2025	8+000	Kering	Barat	91	91	90	89	90	90,20	24,5
2	03/11/2025	8+200	Kering	Barat	89	89	88	88	89	88,60	25
3	03/11/2025	8+400	Kering	Barat	89	87	87	86	89	87,60	25,5
4	03/11/2025	8+600	Kering	Barat	86	86	85	87	89	86,60	26
5	03/11/2025	8+800	Kering	Barat	85	85	86	85	86	85,40	26,5
1	03/11/2025	8+100	Kering	Timur	82	83	82	82	82	82,20	27
2	03/11/2025	8+300	Kering	Timur	80	80	81	81	81	80,60	27,5
3	03/11/2025	8+500	Kering	Timur	78	79	80	81	79	79,40	28
4	03/11/2025	8+700	Kering	Timur	80	81	79	80	79	79,80	28
5	03/11/2025	8+900	Kering	Timur	78	78	79	77	77	77,80	29

Yogyakarta, November 2025

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Sipil

Ir. Berlian Kushari, M.Eng, IPM., ASEAN Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

PLP Lab Jalan Raya

Giri Widhiatmoko, S.T., M.T.
NIK : 22 510 4605

Lampiran 2.2 Data Pengujian BPT Sesi Pagi Kondisi Basah

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

PEMERIKSAAN TAHANAN GESEK PERKERASAN (*SKID RESISTANCE*)

RUJUKKAN : ASTM E303 - *British Pendulum Tester*

1. Pengirim Pekerjaan : Desfilia Salsabiilaa / 21 511 140
2. Lokasi Pekerjaan : Jalan Kaliurang
3. Jenis Sampel : Perkerasan Lentur
4. Waktu : 07.00 - 09.00 WIB
5. No Kontrak : **JR-10-25-58**

No	Tgl Pemeriksaan	STA	Kondisi	Keterangan	Hasil Pemeriksaan						Suhu (°C)
					1	2	3	4	5	Rata-rata	Permukaan
1	03/11/2025	8+000	Basah	Barat	58	56	57	59	58	57,60	24
2	03/11/2025	8+200	Basah	Barat	56	55	56	56	55	55,60	24,5
3	03/11/2025	8+400	Basah	Barat	53	54	54	55	54	54,00	24
4	03/11/2025	8+600	Basah	Barat	52	53	53	54	52	52,80	25,5
5	03/11/2025	8+800	Basah	Barat	50	49	50	51	50	50,00	26
1	03/11/2025	8+100	Basah	Timur	48	50	50	49	48	49,00	26,5
2	03/11/2025	8+300	Basah	Timur	47	46	48	48	47	47,20	27
3	03/11/2025	8+500	Basah	Timur	47	48	49	47	48	47,80	27,5
4	03/11/2025	8+700	Basah	Timur	46	46	47	48	47	46,80	27
5	03/11/2025	8+900	Basah	Timur	45	44	45	43	44	44,20	28

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Berlian Kushari, M.Eng, IPM, ASEAN.Eng
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

Yogyakarta, November 2025

PLP Lab Jalan Raya

Giri Widhiatmoko, S.T., M.T.
NIK : 22 510 4605

LAMPIRAN 3

DATA PENGUJIAN BPT

SESI SIANG (12.00-14.00 WIB)

Lampiran 3.1 Data Pengujian BPT Sesi Siang Kondisi Kering

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

PEMERIKSAAN TAHANAN GESEK PERKERASAN (*SKID RESISTANCE*)

RUJUKKAN : ASTM E303 - *British Pendulum Tester*

1. Pengirim Pekerjaan : Desfilia Salsabiilaa / 21 511 140
2. Lokasi Pekerjaan : Jalan Kaliurang
3. Jenis Sampel : Perkerasan Lentur
4. Waktu : 12.00 - 14.00 WIB
5. No Kontrak : **JR-10-25-58**

No	Tgl Pemeriksaan	STA	Kondisi	Keterangan	Hasil Pemeriksaan						Suhu (°C)
					1	2	3	4	5	Rata-rata	Permukaan
1	04/11/2025	8+000	Kering	Barat	84	85	86	84	84	84,60	30
2	04/11/2025	8+200	Kering	Barat	83	83	84	84	83	83,40	31
3	04/11/2025	8+400	Kering	Barat	82	84	86	85	84	84,20	32
4	04/11/2025	8+600	Kering	Barat	82	83	83	83	82	82,60	33
5	04/11/2025	8+800	Kering	Barat	81	81	80	80	81	80,60	33,5
1	04/11/2025	8+100	Kering	Timur	78	79	81	82	79	79,80	34
2	04/11/2025	8+300	Kering	Timur	77	75	77	78	76	76,60	34,5
3	04/11/2025	8+500	Kering	Timur	75	74	73	75	73	74,00	35
4	04/11/2025	8+700	Kering	Timur	72	74	72	72	73	72,60	35,5
5	04/11/2025	8+900	Kering	Timur	71	73	72	72	73	72,20	36

Yogyakarta, November 2025

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. [illegible], M.Eng, IPM., ASEAN Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

PLP Lab Jalan Raya

Giri Widhiatmoko, S.T., M.T.
NIK : 22 510 4605

Lampiran 3.2 Data Pengujian BPT Sesi Siang Kondisi Basah

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

PEMERIKSAAN TAHANAN GESEK PERKERASAN (*SKID RESISTANCE*)

RUJUKKAN : ASTM E303 - *British Pendulum Tester*

1. Pengirim Pekerjaan : Desfilia Salsabiilaa / 21 511 140
2. Lokasi Pekerjaan : Jalan Kaliurang
3. Jenis Sampel : Perkerasan Lentur
4. Waktu : 12.00 - 14.00 WIB
5. No Kontrak : **JR-10-25-58**

No	Tgl Pemeriksaan	STA	Kondisi	Keterangan	Hasil Pemeriksaan						Suhu (°C)
					1	2	3	4	5	Rata-rata	Permukaan
1	04/11/2025	8+000	Basah	Barat	53	52	51	52	53	52,20	29,5
2	04/11/2025	8+200	Basah	Barat	52	51	50	50	52	51,00	30,5
3	04/11/2025	8+400	Basah	Barat	45	47	47	46	46	46,20	31
4	04/11/2025	8+600	Basah	Barat	44	46	45	44	45	44,80	31,5
5	04/11/2025	8+800	Basah	Barat	45	44	43	43	44	43,80	32
1	04/11/2025	8+100	Basah	Timur	45	44	43	45	45	44,40	32,5
2	04/11/2025	8+300	Basah	Timur	43	44	44	45	44	44,00	33
3	04/11/2025	8+500	Basah	Timur	42	43	43	42	44	42,80	33,5
4	04/11/2025	8+700	Basah	Timur	44	44	42	43	42	43,00	34
5	04/11/2025	8+900	Basah	Timur	44	42	41	41	42	42,00	35

Yogyakarta, November 2025

Disahkan Oleh
Manager Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Ir. Berdian Kesuari, M.Eng, IPM, ASEAN Eng.
NIK : 01 511 0101

Mengetahui
Kalab. Jalan Raya

Ir. Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T.
NIK : 21 511 1307

PLP Lab Jalan Raya

Giri Widhiatmoko, S.T., M.T.
NIK : 22 510 4605

LAMPIRAN 4
DOKUMENTASI PENGUJIAN

Lampiran 4 Dokumentasi Pengujian

Gambar 1 Pengujian BPT STA 8+000 Kondisi Kering

Gambar 2 Pengujian BPT STA 8+200 Kondisi Kering

Gambar 3 Pengujian BPT STA 8+400 Kondisi Kering

Gambar 4 Pengujian BPT STA 8+600 Kondisi Kering

Gambar 5 Pengujian BPT STA 8+800 Kondisi Kering

Gambar 6 Pengujian BPT STA 8+100 Kondisi Kering

Gambar 7 Pengujian BPT STA 8+300 Kondisi Kering

Gambar 8 Pengujian BPT STA 8+500 Kondisi Kering

Gambar 9 Pengujian BPT STA 8+700 Kondisi Kering

Gambar 10 Pengujian BPT STA 8+900 Kondisi Kering

Gambar 11 Pengujian BPT STA 8+000 Kondisi Basah

Gambar 12 Pengujian BPT STA 8+200 Kondisi Basah

Gambar 13 Pengujian BPT STA 8+400 Kondisi Basah

Gambar 14 Pengujian BPT STA 8+600 Kondisi Basah

Gambar 15 Pengujian BPT STA 8+800 Kondisi Basah

Gambar 16 Pengujian BPT STA 8+100 Kondisi Basah

Gambar 17 Pengujian BPT STA 8+300 Kondisi Basah

Gambar 18 Pengujian BPT STA 8+500 Kondisi Basah

Gambar 19 Pengujian BPT STA 8+700 Kondisi Basah

Gambar 20 Pengujian BPT STA 8+900 Kondisi Basah