



TUGAS AKHIR - TM 184835

**ANALISA GAYA, PORSI, KONTRIBUSI DAN
EFISIENSI SISTEM REM REGENERATIF PADA
EZZY ITS II**

**ARIESTO CHRISTOPHER FARADICO WALLA
NRP 021116400000007**

**Dosen Pembimbing
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra MSc. PhD.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**



FINAL PROJECT - TM 184835

**ANALYSIS OF FORCE, PORTION,
CONTRIBUTION AND EFFICIENCY OF
REGENERATIVE BRAKE SYSTEM ON EZZY
ITS II**

**ARIESTO CHRISTOPHER FARADICO WALLA
NRP 021116400000007**

Advisor
Prof. Ir. I Nyoman Sutantra MSc. PhD.

**DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology and Engineering Systems
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**

**ANALISA GAYA, PORSI, KONTRIBUSI DAN EFISIENSI
SISTEM REM REGENERATIF PADA EZZY ITS II**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem





Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ARIESTO CHRISTOPHER FARADICO WALLA

NRP: 0211164000007

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.  (Pembimbing)
NIP: 195106051978031002
2. Ir. Julendra Bambang Ariatedja, M.T.  (Penguji 1)
NIP: 196807061999031004
3. Achmad Syaifudin, S.T., M.Eng., Ph.D.  (Penguji 2)
NIP: 19790926200501100
4. Aida Annisa Amin Daman, S.T., M.T.  (Penguji 3)
NIP: 198907052015042005

**SURABAYA
JULI, 2020**

ANALISA GAYA, PORSI, KONTRIBUSI DAN EFISIENSI SISTEM REM REGENERATIF PADA EZZY ITS II

Nama Mahasiswa : Ariesto Christopher Faradico Walla
NRP : 0211164000007
Departemen : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Driving cycle merupakan serangkaian data yang mewakili kecepatan kendaraan versus waktu sebagai bentuk representasi dari keadaan jalan tertentu yang sebenarnya. Kepentingan dari penggunaan *driving cycle* dalam menganalisa kendaraan adalah mengurangi biaya tes jalan, waktu tes dan kelelahan pengemudi. *Driving cycle* yang digunakan pada penelitian sebelumnya mengenai bus Transjakarta kurang mempresentasikan keadaan jalan dalam kota yang sebenarnya karena banyaknya kecepatan konstan yang terjadi. Sehingga hasil analisisnya kurang akurat apabila diaplikasikan secara langsung. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa lebih dalam mengenai sistem rem regeneratif pada mobil listrik.

Jenis kendaraan yang diteliti adalah *city car* EZZY ITS II sebagai objek penelitian dan menganalisa sistem rem regeneratifnya dengan *driving cycle* Prius dan WLTP. Pemakaian *city car* adalah karena jenis kendaraan ini banyak digunakan oleh masyarakat. Penambahan *driving cycle* Prius adalah untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dengan kondisi jalan di Surabaya. Penelitian dimulai dengan analisa porsi dan gaya pengereman mekanis dan regeneratif kendaraan. Tujuannya adalah agar kendaraan tetap stabil saat pengereman. Penelitian dilanjutkan dengan analisa kontribusi dan efisiensi sistem rem regeneratif pada tiap *driving cycle*. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh sistem rem regeneratif pada mobil listrik dan

membandingkan hasil analisisnya berdasarkan *driving cycle* yang digunakan.

Hasil dari penelitian ini didapati sistem rem regeneratif pada kendaraan bekerja secara penuh pada rentang j/g 0-0,8 untuk *gear* pertama. Hasil penelitian ini cukup signifikan dikarenakan rem regeneratif dapat menggantikan peran rem mekanis roda depan kendaraan. Kontribusi sistem rem regeneratif yang didapatkan adalah 38,82% untuk *driving cycle* Prius dan 30,36% untuk *driving cycle* WLTP. Efisiensi sistem rem regeneratif yang didapatkan 67,94% untuk *driving cycle* Prius dan 58,94% untuk *driving cycle* WLTP. Kontribusi dan efisiensi yang didapatkan tersebut sudah lebih baik daripada penelitian sebelumnya.

Kata Kunci: Mobilitas, Krisis Bahan Bakar Minyak, Mobil Listrik, Sistem Rem Regeneratif

ANALYSIS OF FORCE, PORTION, CONTRIBUTION AND EFFICIENCY OF REGENERATIVE BRAKE SYSTEM ON EZZY ITS II

Name : Ariesto Christopher Faradico Walla
Student ID Number: 0211164000007
Department : Teknik Mesin FTI-ITS
Advisor : Prof. Ir. I Nyoman Sutantra, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Driving cycle is a series of data that represents vehicle speed versus time as a form of representation of the actual state of the road. The importance of using a driving cycle in analyzing a vehicle is reducing the cost of road tests, test times and driver fatigue. The driving cycle used in previous studies on Transjakarta buses does not represent the actual state of the road in the city due to the large number of constant speeds that occur. The results of the analysis are less accurate when applied directly. This research was conducted to analyze deeper about regenerative brake systems in electric cars.

The type of vehicle examined was the city car EZZY ITS II as a research object and analyzed ITS regenerative brake system with the Prius and WLTP driving cycles. The use of city car is because this type of vehicle is widely used by the community. The addition of the Prius driving cycle is to get more accurate results with road conditions in Surabaya. The research started with a portion analysis and mechanical braking force and regenerative vehicle. The goal is to keep the vehicle steady during braking. The research continued with the contribution analysis and efficiency of the regenerative brake system at each driving cycle. This analysis aims to determine the influence of the regenerative brake system on electric cars and compare the results of the analysis based on the driving cycle used. The results of this study found a regenerative brake system on a full working vehicle in the range j

/ g 0-0.8 for the first gear. The results of this study are quite significant because regenerative brakes can replace the role of mechanical front wheel brakes of vehicles. The regenerative brake system contribution obtained was 38.82% for Prius driving cycle and 30.36% for WLTP driving cycle. Efficiency of the regenerative brake system was 67.94% for Prius driving cycle and 58.94% for WLTP driving cycle. The contribution and efficiency obtained are already better than previous studies.

Keywords: Mobility, Oil Fuel Crisis, Electric Car, Regenerative Brake System

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat serta karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“ANALISA GAYA, PORSI, KONTRIBUSI DAN EFISIENSI SISTEM REM REGENERATIF PADA EZZY ITS II”** dengan lancar dan baik.

Tujuan pembuatan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat kelulusan pendidikan S1 yang harus dipenuhi oleh mahasiswa S1 Departemen Teknik Mesin–Institut Teknologi Sepuluh Nopember, sesuai dengan kurikulum yang telah ditentukan.

Dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dalam pengambilan data dan informasi, petunjuk, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kesempatan, kesehatan, dan kekuatan dalam melakukan penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Keluarga penulis atas dukungan dan doa yang tidak habis diberikan kepada penulis.
3. Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, M.Sc., selaku dosen wali yang telah banyak membantu penulis selama perkuliahan dari awal hingga saat ini.
4. Prof. Ir. I Nyoman Sutantra M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis selama penulisan tugas akhir ini.
5. Ir. Julendra Bambang Ariatedja, M.T.; Achmad Syaifudin, S.T., M.Eng., Ph.D.; Aida Annisa Amin Daman, S.T., M.T.

selaku dosen penguji yang telah membantu memperbaiki dan memberikan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.

6. Rekan-rekan Laboratorium Desain Otomotif, khususnya untuk kelompok bimbingan tugas akhir Prof. Ir. I Nyoman Sutantra M.Sc., Ph.D.
7. Seluruh civitas akademika Departemen Teknik Mesin ITS yang telah memberikan fasilitas dan membantu dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
8. Serta seluruh pihak yang telah membantu penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca, mahasiswa, dan masyarakat luas. Namun penulis sadar bahwa masih ada kekurangan dan kesalahan dalam proses penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mohon maaf dan berharap adanya kritik dan saran dari semua pihak guna memperbaiki laporan ini.

Surabaya, Juli 2020

Ariesto Christopher F.W

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
BAB I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II Tinjauan Pustaka.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Kendaraan Listrik dengan Motor Tidak Langsung.....	8
2.3 EZZY ITS II.....	10
2.4 Sistem Rem Regeneratif.....	13
2.4.1 <i>Mode Charging</i> dan <i>Mechanical Braking</i>	13
2.4.2 <i>Mode Discharging</i>	14
2.5 <i>Motor Generator Unit</i>	14
2.6 Prinsip Fundamental pada Pengereman.....	15

2.6.1	Hukum Gerak Newton.....	15
2.6.2	Hukum Konservasi Energi	16
2.7	Gaya dan Energi pada Kendaraan Bergerak.....	17
2.8	Distribusi Pengereman	21
2.8.1	Regulasi Pengereman ECE.....	24
2.9	<i>Driving cycle</i>	26
BAB III Metode penelitian		29
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	29
3.1.1	Data Kendaraan	32
3.1.2	Data <i>Driving cycle</i>	34
3.2	Diagram Alir Perhitungan	37
3.2.1	Gaya dan Porsi Rem Mekanis dan Rem Regeneratif pada Kendaraan	37
3.2.2	Analisa Kontribusi Sistem Rem Regeneratif.....	45
3.2.3	Analisa Efisiensi Sistem Rem Regeneratif.....	48
BAB IV Hasil dan Pembahasan		51
4.1	Perhitungan Gaya dan Porsi Rem Mekanis dan Rem Regeneratif pada Kendaraan	51
4.2	Perhitungan Kontribusi Sistem Rem Regeneratif.....	62
4.3	Perhitungan Efisiensi Sistem Rem Regeneratif.....	68
BAB V Kesimpulan dan Saran.....		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA		lxxiii
LAMPIRAN.....		lxxv

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1.1.1 GRAFIK KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK INDONESIA 2006-2015 SUMBER: (PRADITYO, 2016)	3
GAMBAR 2.1.1 <i>DRIVING CYCLE</i> PENELITIAN SEBELUMNYA SUMBER: (BARADWADYA, 2016), (PERDANA, 2018).....	8
GAMBAR 2.2.1 DESAIN EV DENGAN MOTOR TIDAK LANGSUNG	9
GAMBAR 2.2.2 DESAIN EV DENGAN MOTOR TIDAK LANGSUNG DAN SISTEM REM REGENERATIF EZZY ITS II	9
GAMBAR 2.3.1 MOBIL EZZY ITS II	11
GAMBAR 2.3.2 MOBIL EZZY ITS II TAMPAK SAMPING	11
GAMBAR 2.3.3 MOBIL EZZY ITS II TAMPAK DEPAN.....	12
GAMBAR 2.3.4 MOBIL EZZY ITS II TAMPAK BELAKANG.....	12
GAMBAR 2.4.1 ALIRAN ENERGI <i>MODE CHARGING</i>	13
GAMBAR 2.4.2 ALIRAN ENERGI <i>MODE DISCHARGING</i>	14
GAMBAR 2.5.1 KARAKTERISTIK MOTOR LISTRIK SUMBER: (MASHADI & CROLLA, 2012)	15
GAMBAR 2.7.1 <i>FREE BODY DIAGRAM</i> KENDARAAN	17
GAMBAR 2.7.2 KOEFISIEN HAMBAT <i>ROLLING</i> AKIBAT PENGARUH TEKANAN BAN SUMBER: (HASOLOAN, 2019)	18
GAMBAR 2.8.1 <i>FREE BODY DIAGRAM</i> KENDARAAN SAAT Pengereman..	22
GAMBAR 2.8.2 KURVA DISTRIBUSI Pengereman SUMBER: (EHSANI, GAO, LONGO, & EBRAHIMI, 2018)	26
GAMBAR 3.1.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN	29
GAMBAR 3.1.2 DIAGRAM ALIR PENELITIAN (2).....	30
GAMBAR 3.1.3 <i>DRIVING CYCLE</i> WLTP CLASS 1 SUMBER: (PERDANA, 2018)	36
GAMBAR 3.1.4 <i>DRIVING CYCLE</i> TOYOTA PRIUS HEV 2017 SUMBER: (HASOLOAN, 2019)	36
GAMBAR 3.2.1 DIAGRAM ALIR PERHITUNGAN GAYA DAN PORSI REM MEKANIS DAN REM REGENERATIF.....	37
GAMBAR 3.2.2 DIAGRAM ALIR PERHITUNGAN GAYA DAN PORSI REM MEKANIS DAN REM REGENERATIF (2)	38
GAMBAR 3.2.3 DIAGRAM ALIR PERHITUNGAN GAYA DAN PORSI REM MEKANIS DAN REM REGENERATIF (3)	39

GAMBAR 3.2.4 DIAGRAM ALIR PERHITUNGAN GAYA DAN PORSI REM MEKANIS DAN REM REGENERATIF (4)	40
GAMBAR 3.2.5 <i>FREE BODY DIAGRAM</i> KENDARAAN SAAT PENEREMAN..	41
GAMBAR 3.2.6 ANALISA KONTRIBUSI SISTEM REM REGENERATIF (1) ..	45
GAMBAR 3.2.7 ANALISA KONTRIBUSI SISTEM REM REGENERATIF (2) ..	46
GAMBAR 3.2.8 DIAGRAM ALIR ANALISA EFISIENSI SISTEM REM REGENERATIF (1)	48
GAMBAR 4.1.1 KURVA DISTRIBUSI PENEREMAN IDEAL	52
GAMBAR 4.1.2 KURVA DISTRIBUSI PENEREMAN ECE DAN IDEAL	55
GAMBAR 4.1.3 KURVA DISTRIBUSI PENEREMAN.....	57
GAMBAR 4.2.1 RHP <i>DRIVING CYCLE</i> PRIUS	64
GAMBAR 4.2.2 RHP <i>DRIVING CYCLE</i> WLTP	64
GAMBAR 4.2.3 TENAGA YANG DIHASILKAN MOTOR DENGAN <i>DRIVING CYCLE</i> PRIUS SELAMA PERLAMBATAN	66
GAMBAR 4.2.4 TENAGA YANG DIHASILKAN MOTOR DENGAN <i>DRIVING CYCLE</i> WLTP SELAMA PERLAMBATAN.....	66

DAFTAR TABEL

TABEL 3.1.1 SPESIFIKASI EZZY ITS II HASIL <i>REDESIGN</i> SUMBER: (YOGA, 2019)	32
TABEL 3.1.2 DATA YANG DIPERLUKAN UNTUK PERHITUNGAN	34
TABEL 4.1.1 PORSI Pengereman IDEAL	52
TABEL 4.1.2 PORSI Pengereman MINIMAL	54
TABEL 4.1.3 PORSI Pengereman AKTUAL	57
TABEL 4.1.4 PORSI Pengereman AKTUAL DAN REGENERATIF AKTUAL	59
TABEL 4.1.5 GAYA Pengereman AKTUAL DAN REGENERATIF AKTUAL	61

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Arti	Satuan
α	Sudut tanjak	$^{\circ}$
β	Rasio pengereman aktual	
μ	Koefisien adhesi kontak ban dan jalan	
μ	Koefisien adhesi kontak ban dan jalan	
μ_0	Koefisien adhesi kontak ban-jalan spesifik	
η	Efisiensi total	%
η_g	Efisiensi gardan	%
η_m	Efisiensi motor	%
η_t	Efisiensi transmisi	%
η_{reg}	Efisiensi sistem rem regeneratif	%
ρ	Densitas udara	kg/m^3
a	Percepatan kendaraan	m/s^2
A_f	Luasan frontal kendaraan	m^2
C_A	Koefisien hambat <i>rolling</i> akibat kecepatan kendaraan	
C_D	Koefisien gaya hambat aerodinamika	
C_j	Koefisien hambat <i>rolling</i> akibat jenis jalan	

C_K	Koefisien hambat <i>rolling</i> akibat jenis ban	
C_r	Koefisien gaya hambat <i>rolling</i>	
E_b	Energi bangkitan	Joule
E_k	Energi kinetik	Joule
F_b	Gaya pengereman total	N
F_{bf}	Gaya pengereman roda depan	N
F_{br}	Gaya pengereman roda belakang	N
F_g	Gaya hambat tanjak	N
F_i	Gaya hambat inersia	N
F_r	Gaya hambat <i>rolling</i>	N
F_t	Gaya traksi	N
F_w	Gaya hambat angin	N
f_o, f_s	Koefisien hambat <i>rolling</i> dari tekanan ban	
g	Percepatan gravitasi	m/s^2
h_g	Tinggi titik pusat kendaraan ke jalan	m
I_t	Rasio transmisi	
I_g	Rasio gardan	
j	Perlambatan kendaraan	m/s^2
k_m	Faktor koreksi massa	

K_{reg}	Kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan	%
L	Jarak roda depan ke roda belakang	m
L_a	Jarak titik pusat kendaraan ke roda bagian depan	m
L_b	Jarak titik pusat kendaraan ke roda bagian belakang	m
M	Massa kendaraan	Kg
P_m	Tenaga yang dihasilkan motor listrik	Watt
PWR	Rasio <i>power</i> motor listrik dan massa kendaraan	
r	Radius roda kendaraan	M
RHP	Daya jalan yang dibutuhkan kendaraan	Watt
T_m	Torsi motor listrik	Nm
V	Kecepatan kendaraan	m/s
W	Gaya normal kendaraan	N
W_f	Gaya normal bagian depan kendaraan	N
W_r	Gaya normal bagian belakang kendaraan	N

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan akan mobilitas yang tinggi pada masyarakat tidak dapat terelakkan. Mobilitas dibutuhkan guna mengikuti alur perkembangan zaman yang semakin hari semakin menuntut masyarakat untuk cepat tanggap. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Frost & Sullivan yang diliput oleh Kompas, sebanyak 62% masyarakat Jakarta menggunakan mobil pribadi sebagai penunjang mobilitasnya. Mobil yang digunakan masyarakat pada umumnya berjenis *Internal Combustion Engine Vehicle* (ICEV). ICEV merupakan kendaraan yang memiliki sumber penggerak berupa motor pembakaran dalam. Salah satu kelemahan dari ICEV adalah bahan bakarnya yang berasal dari minyak bumi. Berdasarkan data yang dilansir dari SKK Migas 2015 dan BP *Statistical Review* 2016 yang tertera pada Gambar 1.1.1, dapat dilihat bahwa pada rentang tahun 2006-2015, tingkat konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia selalu melebihi dari tingkat produksinya. Hal ini dapat mengakibatkan Indonesia mengalami krisis bahan bakar minyak apabila tidak segera diatasi. (BJ, 2014) (Pradityo, 2016)

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan mobilitas dan krisis bahan bakar ini adalah penggunaan *Electric Vehicle* (EV). Di negara maju, khususnya di eropa, pemerintah setempat mendukung penggunaan mobil listrik dalam bentuk subsidi dan bebas pajak. Keunggulan utama EV dibandingkan ICEV adalah efisiensi yang tinggi dalam pemakaian energi. Hal itu bisa didapatkan salah satunya adalah karena penggunaan sistem rem regeneratif. (Skoda-storyboard, 2019)

Teknologi sistem rem regeneratif merupakan sistem pengereman secara elektrik pada kendaraan yang memiliki fungsi memperlambat kendaraan sekaligus menyerap energi yang terbuang selama proses perlambatan. Sistem rem regeneratif menyerap energi yang terbuang tersebut dengan cara mengubah

energi tersebut menjadi energi listrik oleh motor listrik dan disimpan pada baterai. Pengaplikasian sistem rem regeneratif bertujuan untuk memperpanjang umur penggunaan rem mekanis dan menambah jarak tempuh dari mobil listrik.

Penelitian terdahulu, mengenai penggunaan sistem rem regeneratif pada bus transjakarta, analisa dilakukan dengan *driving cycle* yang kurang mendekati dengan kondisi kenyataan yang ditandai dengan banyaknya kecepatan konstan yang terjadi dan belum membahas mengenai kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan dalam suatu *driving cycle*. Selain pada bus transjakarta, penelitian lain juga membahas pengaplikasian pada sistem rem regeneratif pada mobil multiguna pedesaan. Pada penelitian tersebut, sistem rem regeneratif belum diaplikasikan pada roda depan yang dimana porsi pengeremannya yang lebih besar dibandingkan roda belakang. (Baradwadya, 2016) (Perdana, 2018)

Melihat dari penelitian-penelitian tersebut, beberapa hal yang dapat diperbaiki adalah penggunaan *driving cycle* yang mendekati kondisi kenyataan dan juga pengaplikasian sistem rem regeneratif pada roda penggerak depan. Kepentingan dari penggunaan *driving cycle* yang mendekati kondisi kenyataan adalah agar analisa mengenai kontribusi dan efisiensi dari sistem rem regeneratif baik itu untuk keperluan individu, kelompok maupun industri menjadi lebih akurat dan pengaplikasian sistem rem regeneratif pada kendaraan dapat dilakukan secara tepat guna. Sedangkan kepentingan mengenai pengaplikasian sistem rem regeneratif pada roda penggerak depan adalah untuk mendapatkan porsi pengereman sistem rem regeneratif yang maksimal pada kendaraan sehingga energi regeneratif yang dihasilkan menjadi lebih besar dan membuat jarak tempuh dari kendaraan jadi lebih baik.

Dengan permasalahan dan hal-hal yang dapat diperbaiki dari penelitian sebelumnya, penulis memiliki ide untuk melakukan

penelitian mengenai pengaplikasian sistem rem regeneratif pada mobil listrik berpengerak roda depan dengan menggunakan *driving cycle* yang lebih mendekati kenyataan. Mobil listrik yang digunakan sebagai objek penelitian adalah EZZY ITS II yang merupakan mobil listrik berpengerak roda depan. Selain daripada itu, guna mendekati kondisi kenyataan, *driving cycle* yang dipakai terbagi menjadi dua yaitu *driving cycle* standar *Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure* (WLTP) dan *driving cycle* yang didapatkan dari data logger pada penelitian sebelumnya. Dengan melakukan penelitian ini, harapan penulis adalah dapat membantu pengembangan mobil listrik yang sudah dilakukan oleh ITS dan juga sebagai referensi lebih lanjut mengenai penelitian sistem rem regeneratif di kemudian hari.



Gambar 1.1.1 Grafik konsumsi bahan bakar minyak Indonesia
2006-2015

Sumber: (Pradityo, 2016)

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dikaji dan diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana besar gaya dan porsi pengereman dari sistem rem mekanis dan sistem rem regeneratif pada mobil EZZY ITS II?
2. Berapa besar kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan pada suatu *driving cycle*?

3. Bagaimana efisiensi sistem rem regeneratif pada mobil EZZY ITS II?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data kendaraan yang digunakan adalah mobil EZZY ITS II hasil *redesign* Nyoman Budi Kusuma.
2. Lintasan yang digunakan adalah aspal dengan kondisi datar.
3. Ban yang digunakan adalah ban radial dengan kembangan.
4. Tekanan ban dianggap konstan yaitu 40 Psi.
5. Tidak membahas system control.
6. *Driving cycle* yang digunakan berasal dari penelitian Prius HEV dan *driving cycle* standar WLTP.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini meliputi:

1. Mendapatkan besar gaya dan porsi pengereman dari sistem rem mekanis dan sistem rem regeneratif pada mobil EZZY ITS II.
2. Mendapatkan besar kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan pada suatu *driving cycle*.
3. Mendapatkan efisiensi sistem rem regeneratif pada mobil EZZY ITS II.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, manfaat yang dapat diambil antara lain:

1. Membantu pengembangan mobil listrik yang sudah dilakukan oleh pihak ITS.
2. Menjadi referensi lebih lanjut untuk penelitian tentang sistem rem regeneratif di kemudian hari.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut ini merupakan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. **BAB I: Pendahuluan**
Pada bab 1 akan dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta ruang lingkup penelitian yang terdiri batasan dan batasan masalah penelitian.
2. **BAB 2: Tinjauan Pustaka**
Pada bab 2 akan dijelaskan mengenai teori yang digunakan dan kajian pustaka sebagai penunjang penelitian. Teori yang dibahas akan menjadi gambaran konsep tentang penelitian yang dilakukan.
3. **BAB 3: Metode Penelitian**
Pada bab 3 akan dijelaskan mengenai alur pengerjaan penelitian yang dilakukan sehingga pelaksanaan penelitiannya dapat sistematis, terstruktur, dan terarah.
4. **BAB 4: Hasil dan Pembahasan**
Bab ini berisi analisis serta interpretasi hasil pengolahan data yang akan digunakan dalam menarik kesimpulan serta memberikan rekomendasi.
5. **BAB 5: Penutup**
Bab ini menjelaskan kesimpulan dari penelitian tugas akhir yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian serta saran atau rekomendasi yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

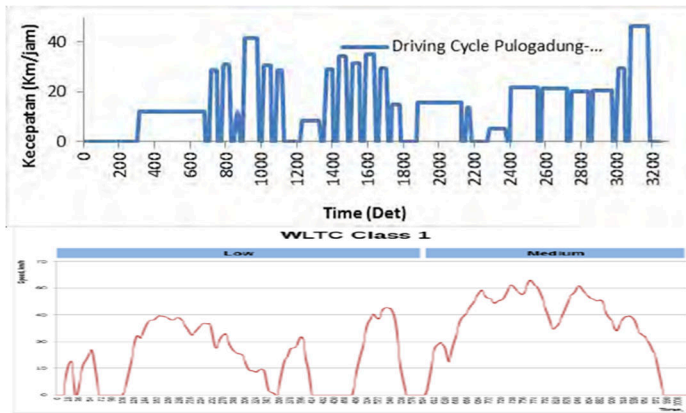
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pengaplikasian sistem rem regeneratif sebelumnya telah dilakukan oleh Christopher Resza Baradwadya dengan judul “Analisa Pengaplikasian Sistem ‘KERS’ pada Bus Transjakarta dengan Sistem Penyimpanan pada Baterai” dan oleh Pradipta Bintang Perdana dengan judul “Analisa Penggunaan Regenerative Brake pada Mobil Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik”.

Pada penelitian Christopher Resza Baradwadya, *driving cycle* yang dipakai adalah lintasan bus Transjakarta dari halte Pulogadung sampai Monas Central Busway. *Driving cycle* yang digunakan tersebut memiliki kelemahan pada keakuratannya apabila digunakan untuk penelitian selain bus Transjakarta. Hal ini ditandai dengan banyaknya kecepatan konstan yang terjadi pada *driving cycle* tersebut seperti pada Gambar 2.1.1.a, yang dimana hal itu sulit atau jarang terjadi pada kondisi jalan saat ini. Oleh karena itu, penulis penelitian tersebut menyarankan penggunaan *driving cycle* yang lebih akurat dan melakukan perhitungan kontribusi sistem energi regeneratif terhadap kebutuhan energi kendaraan pada suatu *driving cycle*. (Baradwadya, 2016)

Pada penelitian Pradipta Bintang Perdana, digunakan *driving cycle* WLTP Class 1 seperti pada Gambar 2.1.1.b sebagai data *driving cycle*-nya dan penggunaan sistem rem regeneratif belum dilakukan pada roda penggerak depan yang dimana porsi dan gaya pengeremannya lebih besar dibandingkan roda belakang. Selain itu, seperti penelitian yang dilakukan Christopher Resza Baradwadya, penelitian ini belum ada analisa mengenai kontribusi sistem energi regeneratif terhadap kebutuhan energi kendaraan pada suatu *driving cycle*. (Perdana, 2018)



Gambar 2.1.1 *Driving cycle* penelitian sebelumnya

Sumber: (Baradwadya, 2016), (Perdana, 2018)

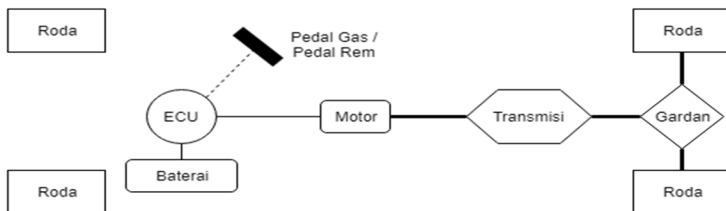
2.2 Kendaraan Listrik dengan Motor Tidak Langsung

Kendaraan listrik atau dalam istilah bahasa Inggrisnya adalah *Electric Vehicle* (EV) adalah kendaraan yang menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerak. Pengertian dari EV dengan motor tidak langsung adalah EV yang pada umumnya menggunakan satu motor listrik. Konsep yang digunakan untuk transformasi dan transmisi energinya sama dengan konsep yang digunakan pada ICEV. Desain dari EV dengan motor tidak langsung dapat dilihat pada Gambar 2.2.1. (Yoga, 2019)

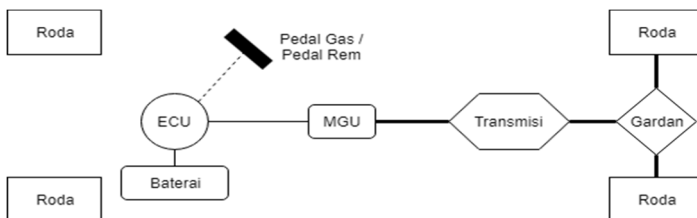
Motor listrik berfungsi sebagai pengganti dari mesin pada ICEV, yang dapat menghasilkan energi kinetik dengan menggunakan baterai sebagai sumber energinya. Energi kinetik dari motor listrik ditransformasikan oleh sistem penyalur daya atau biasa disebut *Electronic Control Unit* (ECU). Hasil transformasi tersebut dikonversi oleh transmisi dan gardan menjadi gaya dorong pada roda penggerak. Efisiensi transmisi yang dihasilkan sama dengan efisiensi transmisi pada ICEV, sedangkan untuk efisiensi

total yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan efisiensi total pada ICEV. Hal ini dikarenakan efisiensi motor listrik yang dapat mencapai 98%, sedangkan efisiensi mesin konvensional adalah 45%. (Hasoloan, 2019)

Desain EV tersebut mengalami perkembangan. Perkembangan tersebut adalah adanya penambahan teknologi sistem rem regeneratif. Sistem rem regeneratif adalah teknologi yang mengkonversikan energi yang tidak terpakai saat pengereman menjadi energi listrik guna menambah daya baterai. Teknologi tersebut membutuhkan penggantian motor listrik biasa dengan *Motor Generator Unit* (MGU). MGU adalah jenis motor listrik yang dapat berubah fungsi menjadi generator. Desain yang telah diperbarui ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.2.



Gambar 2.2.1 Desain EV dengan Motor tidak langsung



Gambar 2.2.2 Desain EV dengan motor tidak langsung dan sistem rem regeneratif
EZZY ITS II

2.3 EZZY ITS II

EZZY ITS adalah nama dari mobil listrik yang didesain dan dibuat oleh ITS. Nama dari EZZY memiliki arti sesuatu yang mudah. Makna dari nama EZZY tersebut dapat dilihat dari perjuangan tim dari ITS dalam mewujudkan mobil listrik yaitu, betapapun sulitnya sesuatu jika kita berkeyakinan bahwa itu mudah maka akan terasa mudah dan ringan sesuatu yang sulit tadi. (Tim Molina, n.d.)

EZZY ITS II merupakan pengembangan dan versi penyempurnaan dari EZZY ITS I. Selain itu EZZY ITS II merupakan jawaban atas pertanyaan apakah ITS bisa membuat mobil listrik dengan konsisten. EZZY ITS I dan II didesain secara *engineering* dengan sangat baik. Setelah dilakukan beberapa kali pengujian, mobil listrik EZZY ITS II memiliki kualitas dan kemampuan yang jauh lebih baik dari EZZY ITS I, diantaranya adalah EZZY ITS II memiliki kecepatan maksimum 180 kilometer per jam. Hal ini merupakan peningkatan yang cukup signifikan mengingat EZZY ITS I hanya mampu menempuh kecepatan maksimum 50 kilometer per jam. Yang kedua adalah daya jelajah EZZY ITS II. Mobil EZZY ITS II dengan battery sebesar 20 KWh mampu berjalan sejauh 130 km untuk sekali charge, sedangkan mobil EZZY ITS I hanya mampu berjalan dengan jarak tempuh 25 km per sekali charge. Selain itu pendistribusian berat pada EZZY ITS II juga lebih baik, sehingga saat dikendarai mobil memiliki tingkat kestabilan yang cukup baik serta nyaman. (Tim Molina, n.d.)

Mobil EZZY ITS II merupakan contoh dari kendaraan listrik dengan motor tidak langsung. Mobil EZZY ITS II memiliki bentuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.1, Gambar 2.3.2, Gambar 2.3.3, dan Gambar 2.3.4. Selain itu, sistem penggerak pada kendaraan ini adalah penggerak roda depan. Mobil ini selanjutnya banyak digunakan sebagai objek penelitian guna menjadikannya lebih baik lagi. Salah satu dari penelitian tersebut adalah yang dilakukan oleh Nyoman Budi Kusuma Yoga pada tahun 2019

dengan judul “Desain dan Analisis Sistem Tenaga dan Transmisi pada Mobil Bertenaga Listrik EZZY ITS II”. Pada penelitian ini, EZZY ITS II dianalisa dan dilakukan desain ulang untuk sistem tenaga dan transmisinya. (Yoga, 2019)



Gambar 2.3.1 Mobil EZZY ITS II



Gambar 2.3.2 Mobil EZZY ITS II tampak samping



Gambar 2.3.3 Mobil EZZY ITS II tampak depan



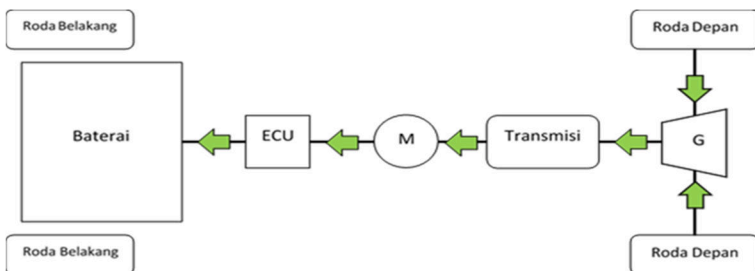
Gambar 2.3.4 Mobil EZZY ITS II tampak belakang

2.4 Sistem Rem Regeneratif

Sistem rem regeneratif adalah suatu sistem pengereman yang mampu menyerap energi saat pengereman untuk dimanfaatkan untuk kebutuhan lain pada kendaraan. Contoh aplikasi dari sistem rem regeneratif pada EV adalah *Electrical Kinetic Energy Recovery System* (E-KERS). E-KERS adalah sistem rem regeneratif yang menangkap dan mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan disimpan pada baterai. Energi yang dihasilkan tersebut dapat digunakan untuk menambah jarak tempuh kendaraan dan menyalakan sistem kelistrikan kendaraan seperti lampu, radio, dll. (Perdana, 2018)

2.4.1 Mode Charging dan Mechanical Braking

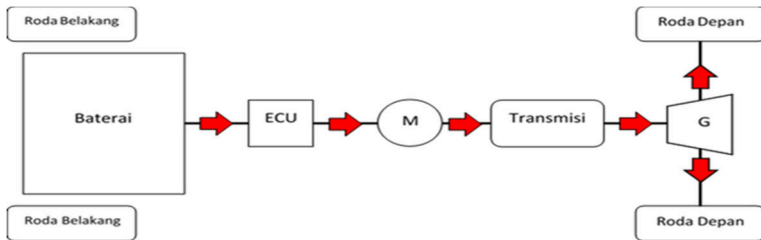
Cara kerja dari *mode charging* dimulai saat pedal gas dilepas atau pengereman, maka *Electronic Control Unit* (ECU) akan mengirimkan sinyal kepada *Motor Generator Unit* (MGU) sehingga motor tersebut beralih fungsi sebagai generator yang mengkonversikan energi kinetik berupa putaran motor tersebut menjadi energi listrik dan kemudian disimpan pada baterai. Aliran energi saat *mode charging* dapat dilihat pada Gambar 2.4.1 dengan diwakili tanda panah hijau. Sistem rem regeneratif pada kendaraan wajib menambahkan sistem *Mechanical Braking*. *Mechanical Braking* atau pengereman dengan rem konvensional berfungsi untuk memberhentikan kendaraan secara sempurna dan juga memenuhi kebutuhan rem mendadak.



Gambar 2.4.1 Aliran energi *mode charging*

2.4.2 *Mode Discharging*

Mode discharging dimulai saat kendaraan berakselerasi. Energi listrik yang ada pada baterai diatur oleh ECU untuk disalurkan ke MGU agar menghasilkan putaran motor yang merupakan energi kinetik. Putaran motor tersebut disalurkan ke roda penggerak melalui sistem transmisi dan gardan yang ada pada kendaraan. Aliran energi pada *mode discharging* dapat dilihat pada Gambar 2.4.2 dengan diwakili tanda panah merah.



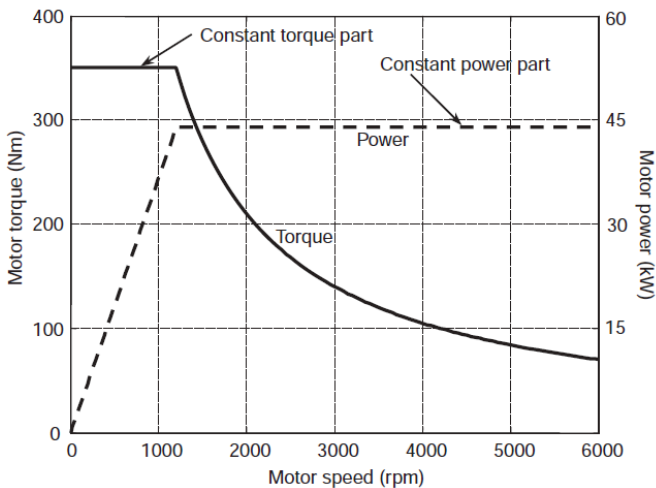
Gambar 2.4.2 Aliran energi *mode discharging*

2.5 *Motor Generator Unit*

Motor Generator Unit (MGU) adalah jenis motor listrik yang menjadi komponen pada E-KERS di kendaraan listrik yang memiliki fungsi sebagai sumber penggerak dan generator energi listrik untuk kendaraan. Saat berakselerasi, motor listrik akan mendapatkan sinyal dari ECU agar bekerja sebagai motor. Motor listrik akan bekerja dengan memakai sumber daya dari baterai untuk memberikan gaya dorong pada kendaraan melalui sistem transmisi yang ada. Saat pengereman maupun perlambatan, ECU akan memberikan sinyal kepada motor listrik agar beralih fungsi menjadi generator. Putaran generator tersebut akan dikonversi menjadi energi listrik yang selanjutnya akan disimpan pada baterai. (Perdana, 2018)

Motor listrik memiliki karakteristik yang seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.1. Karakteristiknya yaitu menghasilkan torsi yang besar dan konstan dari putaran nol sampai

putaran dasar (*base speed*). Putaran dasar adalah kecepatan putaran motor yang menjadi awal dari menurunnya torsi yang dihasilkan motor listrik seiring pertambahan kecepatan putaran motor. Berbeda dengan torsi, saat motor listrik mencapai putaran dasarnya, tenaga yang dihasilkan akan menjadi konstan hingga kecepatan maksimumnya. Dengan karakteristik tersebut, maka ada tiga faktor yang dijadikan pertimbangan dalam pemilihan motor listrik yaitu kecepatan dasar motor, kecepatan maksimum, dan torsi maksimum. (Mashadi & Crolla, 2012)



Gambar 2.5.1 Karakteristik motor listrik

Sumber: (Mashadi & Crolla, 2012)

2.6 Prinsip Fundamental pada Pengereman

2.6.1 Hukum Gerak Newton

Hukum gerak Newton yang pertama menyatakan bahwa setiap benda akan mempertahankan keadaan diam atau bergerak lurus beraturan, kecuali ada gaya yang bekerja untuk mengubahnya.

Pada kasus kendaraan yang bergerak dengan kecepatan konstan dalam garis lurus, gaya dari luar yang mempengaruhi kendaraan sehingga melambat adalah gaya pengereman. *Brake pads* akan mencengkeram *disc brake* melalui gesekan. Saat proses ini beberapa energi kinetik pada kendaraan diubah menjadi energi panas. Berkurangnya energi kinetik pada kendaraan menyebabkan kendaraan melambat. Pada kasus ini, hukum gerak Newton yang pertama bekerja. Hal ini dikarenakan kendaraan mengalami percepatan negatif akibat pengereman dan kendaraan tidak melanjutkan pergerakan dengan kecepatan konstan dalam garis lurus, namun mengalami perlambatan.

Hukum gerak Newton yang kedua menyatakan bahwa percepatan sebuah benda berbanding lurus dengan gaya total yang bekerja padanya dan berbanding terbalik dengan massanya. Arah percepatan sama dengan arah gaya total yang bekerja padanya.

Contoh dari hukum gerak Newton yang kedua adalah kendaraan yang sedang melaju dengan kecepatan tertentu akan mengalami percepatan apabila diberikan gaya dorong yang lebih besar. Dalam hal ini, gaya dorong diberikan melalui pedal gas yang diinjak oleh pengemudi. Pada kasus kendaraan listrik dengan sistem rem regeneratif, kendaraan yang mengerem dengan perubahan kecepatan yang lebih besar akan memiliki gaya yang lebih besar untuk dijadikan sebagai energi regeneratif.

2.6.2 Hukum Konservasi Energi

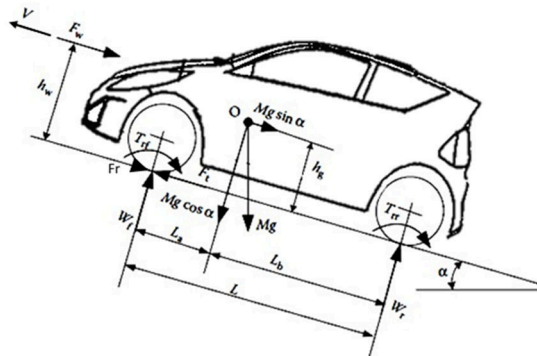
Hukum konservasi energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dihancurkan. Energi hanya dapat diubah dari satu jenis energi ke yang lain.

Pada kasus kendaraan yang bergerak dengan kecepatan konstan dalam garis lurus, gaya dari luar yang mempengaruhi kendaraan sehingga melambat adalah gaya pengereman. *Brake pads* akan mencengkeram *disc brake* melalui gesekan. Saat proses ini beberapa energi kinetik pada kendaraan diubah menjadi energi panas. Berkurangnya energi kinetik pada kendaraan menyebabkan

kendaraan melambat. Pada kasus ini, hukum konservasi energi berlaku. Hal ini karena energi kinetik kendaraan diubah menjadi energi panas saat pengereman, yang menyebabkan kendaraan mengalami perlambatan.

2.7 Gaya dan Energi pada Kendaraan Bergerak

Saat kendaraan berjalan, terdapat gaya-gaya yang melawan arah gerakan dari kendaraan seperti yang ada pada Gambar 2.7.1. Gaya – gaya yang melawan arah gerakan kendaraan ini disebut gaya hambat. Gaya hambat pada kendaraan terbagi menjadi empat, yaitu: gaya hambat angin (F_w), gaya hambat *rolling* (F_r), gaya hambat tanjakan (F_G) dan gaya inersia (F_i). (Ehsani, Gao, Longo, & Ebrahimi, 2018)



Gambar 2.7.1 *Free body diagram* kendaraan

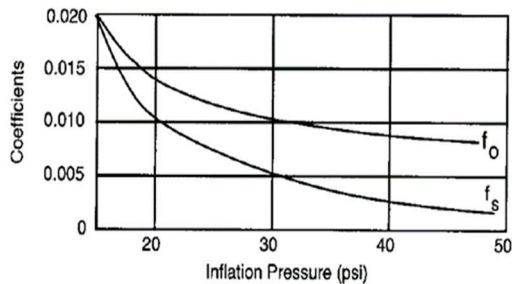
Gaya hambat angin (F_w) adalah gaya hambat yang disebabkan oleh aliran udara di sekitar bodi kendaraan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.1. Efek dari aliran udara tersebut adalah terjadinya perbedaan tekanan antara bagian depan dan bagian belakang kendaraan. Tekanan udara yang lebih besar di bagian depan dibanding bagian belakang kendaraan menyebabkan terjadinya gaya hambat angin. Gaya hambat angin dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$F_w = 0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2 \quad (1)$$

Gaya hambat *rolling* (F_r) adalah gaya hambat yang terjadi pada antara ban dan jalan. Gaya hambat ini terjadi akibat adanya defleksi pada roda yang berputar. Arah gaya hambat *rolling* berlawanan dengan arah dari percepatan kendaraan. Gaya hambat *rolling* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_r = W \cdot \cos\alpha \cdot C_r \quad (2)$$

$$C_r = C_K \cdot C_A \cdot C_J \left(f_o + f_s \left(\frac{V}{100} \right) \right) \quad (3)$$



Gambar 2.7.2 Koefisien hambat *rolling* akibat pengaruh tekanan ban

Sumber: (Hasoloan, 2019)

dengan:

V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

Gaya hambat tanjak (F_g) adalah gaya hambat yang disebabkan oleh dua faktor yaitu berat kendaraan dan sudut tanjakan jalan. Gaya hambat tanjak dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_g = W \cdot \sin\alpha \quad (4)$$

Gaya inersia (F_i) adalah gaya hambat yang terjadi ketika kendaraan mengalami percepatan maupun perlambatan dan arah dari gaya hambat ini adalah kebalikan dari gaya arah kendaraan. Gaya inersia dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_i = M \cdot a \quad (5)$$

Gaya-gaya hambat tersebut dapat digunakan untuk mengetahui daya jalan kendaraan. RHP adalah tenaga yang digunakan kendaraan untuk melawan gaya hambat. Besar daya jalan atau yang biasa disebut *Road horse power* (RHP) yang diperlukan tersebut tergantung pada besaran gaya dorong yang diperlukan di tiap tingkat kecepatan, moda operasi kendaraan, dan besaran gaya traksi kendaraan dipengaruhi oleh gaya hambat yang terjadi di tiap moda operasi.

Pada kendaraan beroperasi pada jalan yang rata dengan kecepatan konstan, gaya traksi (F_t) yang dibutuhkan dan *Road horse power* (RHP) yang diperlukan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_t = F_w + F_r \quad (6)$$

$$F_t = (0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2 + W \cdot \cos\alpha \cdot C_r)$$

$$RHP = F_t \cdot V \quad (7)$$

$$RHP = (0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2 + W \cdot \cos\alpha \cdot C_r) \cdot V$$

Pada kendaraan beroperasi pada jalan yang rata dengan kecepatan berubah, gaya traksi (F_t) yang dibutuhkan dan *Road horse power* (RHP) yang diperlukan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_t = F_w + F_r + F_i \quad (8)$$

$$F_t = (0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2 + W \cdot \cos\alpha \cdot C_r + M \cdot a)$$

$$\text{RHP} = F_t \cdot V \quad (9)$$

$$\text{RHP} = (0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2 + W \cdot \cos\alpha \cdot C_r + M \cdot a) \cdot V$$

Pada kendaraan beroperasi pada jalan menanjak sebesar α dengan kecepatan konstan, gaya traksi (F_t) yang dibutuhkan dan *Road horse power* (RHP) yang diperlukan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_t = F_w + F_r + F_g \quad (10)$$

$$F_t = (0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2 + W \cdot \cos\alpha \cdot C_r + W \cdot \sin\alpha)$$

$$\text{RHP} = F_t \cdot V \quad (11)$$

$$\text{RHP} = (0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2 + W \cdot \cos\alpha \cdot C_r + W \cdot \sin\alpha)V$$

Pada kendaraan beroperasi pada jalan menanjak sebesar α dengan kecepatan berubah, gaya traksi (F_t) yang dibutuhkan dan *Road horse power* (RHP) yang diperlukan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_t = F_w + F_r + F_i + F_g \quad (12)$$

$$F_t = (0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2 + W \cdot \cos\alpha \cdot C_r + M \cdot a + W \cdot \sin\alpha)$$

$$\text{RHP} = F_t \cdot V \quad (13)$$

$$\text{RHP} = (0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2 + W \cdot \cos\alpha \cdot C_r + M \cdot a + W \cdot \sin\alpha)V$$

Pada mobil listrik, mesin yang dipakai untuk menggerakkan kendaraan adalah motor listrik. Dengan diketahuinya nilai RHP kendaraan pada suatu moda operasi, tenaga motor listrik yang dihasilkan akan mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$P_m = \frac{\text{RHP}}{\eta} \quad (14)$$

Pada kendaraan yang bergerak, selain adanya gaya hambat, terdapat pula energi kinetik yang terjadi. Energi kinetik

terjadi karena adanya pergerakan dari kendaraan tersebut, baik itu percepatan maupun perlambatan. Energi kinetik pada kendaraan dapat dirumuskan sebagai berikut:

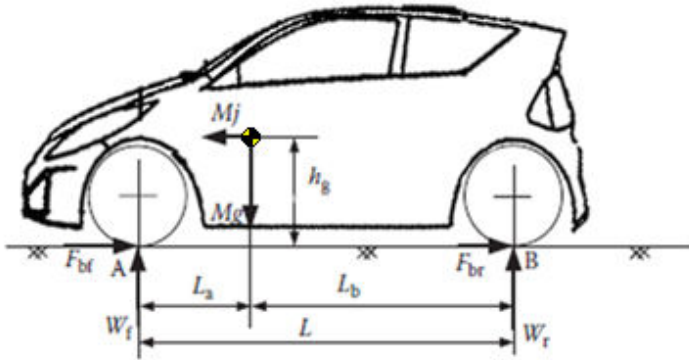
$$E_k = 0,5 \times k_m \times M \times (V_1^2 - V_2^2) \quad (15)$$

$$k_m = 1,04 + 0,0025 (I_t \times I_g)^2 \quad (16)$$

2.8 Distribusi Pengereman

Distibusi pengereman adalah proses pembagian gaya pengereman kendaraan pada roda depan dan roda belakang kendaraan. Tujuan dari perhitungan distribusi pengereman adalah untuk mendapatkan keseimbangan gaya pengereman pada kendaraan agar tetap stabil saat pengereman. Distribusi pengereman aktual pada kendaraan dibatasi oleh distribusi pengereman ideal dan distribusi pengereman minimal.

Jumlah energi yang dapat dibangkitkan pada saat pengereman bergantung dari besarnya sistem rem regeneratif yang bekerja pada kendaraan. Agar jumlah energi bangkitan yang didapat maksimum diperlukan analisa dan perhitungan awal terhadap distribusi gaya pengereman yang terjadi pada roda bagian depan dan belakang. Gaya pengereman kendaraan dapat dilihat pada Gambar 2.8.1 dan didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut: (Ehsani, Gao, Longo, & Ebrahimi, 2018)



Gambar 2.8.1 *Free body diagram* kendaraan saat pengereman

$$F_b = F_{bf} + F_{br} \quad (17)$$

$$F_{b \max} = F_{bf \max} + F_{br \max} \quad (18)$$

$$F_{b \max} = \mu (W_f + W_r) = \mu \cdot W \quad (19)$$

Pengereman mengakibatkan perpindahan beban dari sumbu belakang (roda belakang) menuju sumbu depan (roda depan) kendaraan. Berdasarkan teori keseimbangan momen melalui titik tumpu depan dan belakang, ditambah dengan asumsi sudut tanjak diabaikan, gaya normal di depan (W_f) dan belakang (W_r) dapat dihitung sebagai berikut:

$$W_f = \frac{Mg}{L} (L_b + \frac{j}{g} h_g) \quad (20)$$

$$W_r = \frac{Mg}{L} (L_a - \frac{j}{g} h_g) \quad (21)$$

Tujuan dari perhitungan distribusi pengereman adalah keseimbangan gaya pengereman pada roda depan (F_{bf}) dan roda

belakang (F_{br}) yang menjadikan kendaraan tetap stabil saat pengereman. Perhitungan gaya pengereman tersebut dibantu dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{F_{bf}}{F_{br}} = \frac{W_f}{W_r} = \frac{L_b + \frac{j}{g}h_g}{L_a - \frac{j}{g}h_g} \quad (22)$$

Pengereman yang dilakukan kendaraan mengakibatkan perlambatan pada kendaraan. Perlambatan kendaraan dapat dijadikan persamaan berikut:

$$j = \frac{F_{bf} + F_{br}}{M} \quad (23)$$

Distribusi dari besarnya gaya-gaya pengereman yang terjadi didapatkan melalui nilai perlambatan pada suatu kendaraan. Jumlah total nilai perlambatan didapatkan dari batas maksimum dari nilai koefisien adhesi kontak ban-jalan (μ), yaitu:

$$\frac{F_{br}}{W} = \mu - \frac{F_{bf}}{W} \quad (24)$$

Grafik distribusi gaya pengereman ideal pada roda bagian depan dan roda bagian belakang didapatkan dengan menggabungkan kedua persamaan diatas.

Suatu kendaraan memiliki gaya pengereman aktual yang didesain oleh nilai yang tetap untuk mengatur gaya pengereman pada roda bagian depan dan belakang secara tetap. Nilai tetap tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\beta = \frac{F_{bf}}{F_b} \quad (25)$$

$$\frac{F_{bf}}{F_{br}} = \frac{\beta}{1 - \beta} = \frac{L_b + \mu_0 h_g}{L_a - \mu_0 h_g} \quad (26)$$

2.8.1 Regulasi Pengereman ECE

Sebagian besar pedoman untuk menjamin kendaraan seragam memperlambat keamanan dan struktur produktivitas dalam setiap situasi kerja di berbagai negara adalah sebanding. Peraturan Perserikatan Bangsa-Bangsa Eropa 13-H adalah standar umum bersama untuk kendaraan penumpang ringan dan kendaraan dagang ringan. Pedoman ini dianggap sebagai standar perlambatan otentik di bawah pemahaman 1958 dan diikuti oleh semua individu dari PBB, termasuk Australia, Austria, Jepang, Jerman, Italia, Swiss, Norwegia, Federasi Rusia, Inggris Raya (Inggris), dan Amerika Serikat (AS). Informasi mengenai regulasi ECE dilampirkan pada bagian lampiran. (Xiao, Lu, Wang, Ruan, & Zhang, 2017)

Regulasi pengereman yang dibuat Perserikatan Bangsa-Bangsa Eropa (PBB Eropa) atau *Economic Commission for Europe* (ECE) adalah suatu aturan yang bertujuan untuk menyeimbangkan distribusi pengereman pada suatu kendaraan, sehingga saat terjadi pengereman kendaraan tersebut tetap dalam kondisi yang stabil dan dapat menghasilkan gaya pengereman yang optimal di kedua rodanya. Roda depan mengunci, maka roda belakang menerima gaya pengereman minimum apabila distribusi gaya pengereman berada di bawah kurva. Regulasi pengereman dibentuk dengan alasan keamanan. Oleh karena hal itu, regulasi terus dikembangkan yang dibuat oleh ECE. Berikut adalah syarat ketentuan yang dibuat oleh ECE: (Ehsani, Gao, Longo, & Ebrahimi, 2018)

$$\frac{F_{bf}}{W_f} \geq \frac{F_{br}}{W_r} \quad (27)$$

Hubungan antara persamaan (22) dan (27) adalah kendaraan akan memiliki kestabilan pengereman disaat nilai porsi pengereman roda depan yang dapat disubstitusikan sesuai dengan

persamaan (22) lebih besar dibandingkan nilai porsi pengereman roda belakang yang juga dapat disubstitusikan sesuai dengan persamaan (22).

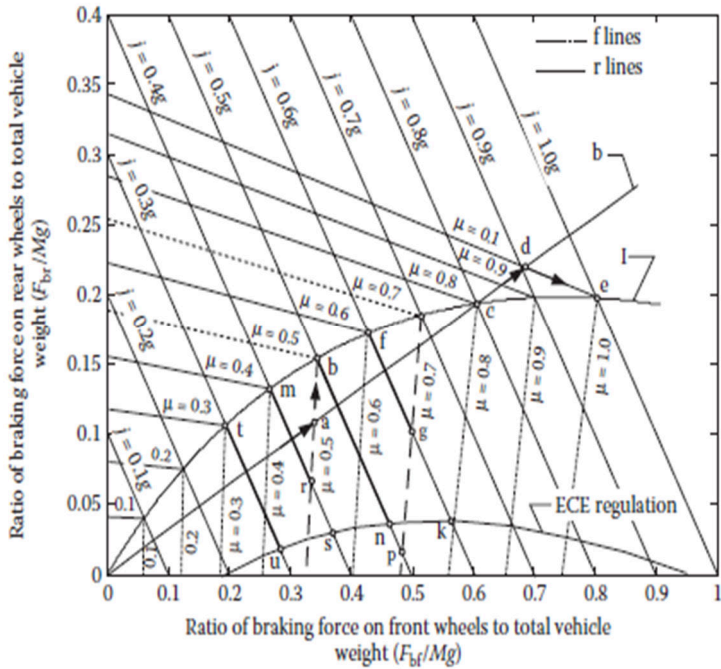
Untuk mengatasi masalah keamanan pengereman, produsen kendaraan menerapkan peraturan pengereman, sesuai dengan standar yang relevan. Menurut Peraturan PBB Eropa 13-H, ketika nilai parameter adhesi kontak ban-jalan (μ) adalah antara 0,2 dan 0,8 untuk semua keadaan pemuatan (tanpa intervensi ABS), kekuatan rem kendaraan dua-poros harus memenuhi persyaratan persamaan berikut: (Xiao, Lu, Wang, Ruan, & Zhang, 2017)

$$\frac{j}{g} \geq 0,1 + 0,85(\mu - 0,2) \quad (28)$$

Persamaan ini yang menjelaskan bahwa saat roda bagian depan terkunci, gaya pengereman roda bagian belakang diharuskan dapat membuat kendaraan mengalami perlambatan yang lebih besar dibandingkan pada persamaan tersebut. Untuk mencapai permintaan yang lebih tinggi untuk pembatasan keselamatan pengereman, nilai faktor keselamatan yang harus dipenuhi sebelumnya yaitu 0,7, yang sebenarnya diterapkan oleh Peraturan PBB 13-H, digantikan oleh nilai faktor keselamatan yang lebih besar yaitu sebesar 0,85. (Xiao, Lu, Wang, Ruan, & Zhang, 2017)

Penentuan nilai minimal dari gaya pengereman kendaraan dan bentuk kurva pengereman ECE dihasilkan dari persamaan diatas. Pengereman yang direkomendasikan oleh regulasi ECE adalah pengereman diantara kurva pengereman ideal dan kurva pengereman ECE. Pada Gambar 2.8.2, pengereman aktual yang direkomendasikan diwakilkan pada garis linear 0-c, karena garis pengereman aktual tersebut berada dibawah kurva pengereman ideal dan diatas kurva pengereman ECE. Dengan mengaplikasikan pengereman aktual yang direkomendasikan, roda bagian depan terkunci terlebih dahulu sehingga kendaraan tidak kehilangan kestabilan saat pengereman. Garis pengereman aktual yang tidak direkomendasikan diwakilkan pada garis linear c-b, karena garis

pengereman aktual tersebut berada di atas kurva pengereman ideal. Dengan mengaplikasikan pengereman aktual yang tidak direkomendasikan tersebut, Roda bagian belakang yang akan terkunci lebih dahulu dibandingkan roda bagian depan. Hal ini mengakibatkan kendaraan akan kehilangan kestabilan. Kestabilan hilang karena kemampuan roda bagian belakang untuk menahan gaya dorong dari samping akan hilang.



Gambar 2.8.2 Kurva distribusi pengereman
Sumber: (Ehsani, Gao, Longo, & Ebrahimi, 2018)

2.9 *Driving cycle*

Driving cycle adalah kumpulan data yang mewakili perilaku berkendara. Perilaku berkendara ini memiliki beberapa

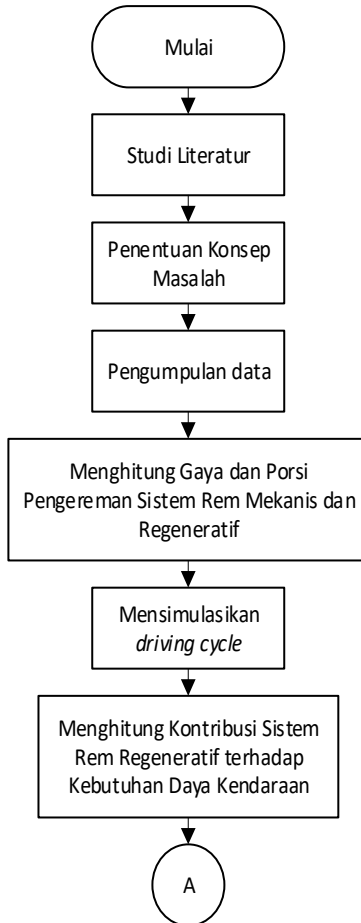
faktor yang mempengaruhi, yaitu kecepatan kendaraan dan pemilihan rasio gigi yang berfungsi sebagai fungsi waktu. Berdasarkan perubahan karakteristik kecepatan beserta daya mesin yang dihasilkan, *driving cycle* memiliki dua tipe, yaitu: *steady state cycles* dan *transient cycles*. *Steady state cycles* adalah *driving cycle* yang memiliki kecepatan dan daya mesin konstan. Pada umumnya, *driving cycle* ini digunakan untuk menguji *heavy duty diesel engine*. *Transient cycles* adalah *driving cycle* dengan kecepatan dan daya keluaran mesin yang mengalami perubahan terus menerus. (Hasoloan, 2019)

Berdasarkan kecepatan yang dihasilkan kendaraan, secara umum *driving cycles* dapat dibedakan menjadi dua. *Driving cycle* tersebut yaitu *Extra Urban Driving cycles* dan *Urban Driving cycles*. Karena adanya perbedaan kondisi jalan, diperlukan sebuah standar *driving cycle*. Contoh dari standar *driving cycle* tersebut adalah *Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure* (WLTP).

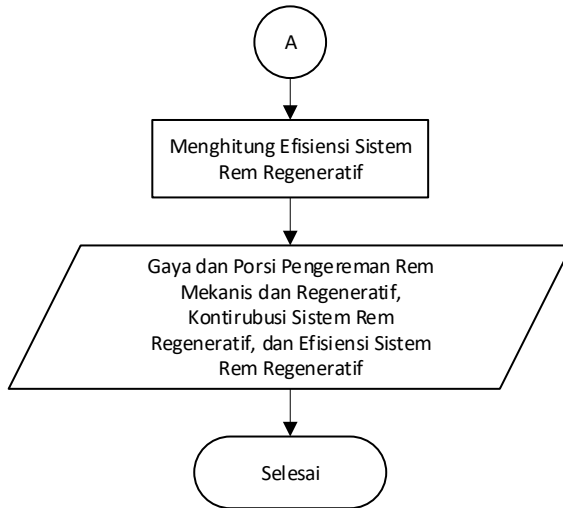
Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3.1.2 Diagram alir penelitian (2)

Penelitian pada tugas akhir memiliki alir penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.1 dan Gambar 3.1.2. Penjelasan mengenai tiap langkahnya dijelaskan pada paragraf selanjutnya.

Langkah pertama pada penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur bertujuan untuk mendalami landasan teori yang akan digunakan pada penelitian ini. Studi literatur dimulai dari mencari jurnal-jurnal penelitian sebelumnya yang meneliti tentang topik yang sejenis, yaitu sistem rem regeneratif. Selain dari jurnal-jurnal penelitian, studi literatur dilakukan dengan sumber lainnya seperti tugas akhir dan textbook yang berkaitan dengan topik.

Langkah kedua pada penelitian ini adalah penentuan konsep masalah. Hasil dari studi literatur yang telah dilakukan dirumuskan menjadi poin-poin permasalahan. Poin-poin permasalahan tersebut adalah gaya dan porsi pengereman dari sistem rem mekanis dan sistem rem regeneratif, kontribusi sistem

rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan, dan efisiensi sistem rem regeneratif.

Langkah ketiga pada penelitian ini adalah pengumpulan data. Data-data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data kendaraan dan *driving cycle*. Data kendaraan yang dipakai adalah mobil EZZY ITS II. *Driving cycle* yang dipakai adalah *driving cycle* Prius HEV dan standar WLTP.

Langkah keempat pada penelitian ini adalah menghitung gaya dan porsi pengereman sistem rem mekanis dan regeneratif yang merupakan poin permasalahan pertama. Perhitungan gaya dan porsi pengereman ini dilakukan dengan menggunakan *software Excel*. Penjelasan lebih detail mengenai langkah ini akan dibahas pada subbab diagram alir penelitian gaya dan porsi sistem rem regeneratif pada kendaraan.

Langkah kelima pada penelitian ini adalah mensimulasikan *driving cycle* yang telah dipilih. Data *driving cycle* yang berisikan kecepatan kendaraan dan waktu tempuh disimulasikan dengan *software Excel*. Simulasi dilakukan dengan cara memasukan setiap data kecepatan kendaraan beserta waktunya pada dua kolom yang berbeda. Data-data tersebut akan digunakan untuk memudahkan setiap proses perhitungan selanjutnya dan mendapatkan hasil yang akurat pada setiap kecepatan dan waktu yang berbeda.

Langkah keenam pada penelitian ini adalah menghitung kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan *software Excel*. Penjelasan lebih detail mengenai langkah ini akan dibahas pada subbab diagram alir penelitian analisa kontribusi sistem rem regeneratif.

Langkah ketujuh pada penelitian ini adalah menghitung efisiensi sistem rem regeneratif. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan *software Excel*. Penjelasan lebih detail mengenai

langkah ini akan dibahas pada subbab diagram alir penelitian analisa efisiensi sistem rem regeneratif.

Setelah semua langkah-langkah sebelumnya telah dilakukan, hasil yang akan didapatkan adalah tabel dari gaya dan porsi sistem rem mekanis dan regeneratif beserta grafik dari distribusi pengeremannya, persentase kontribusi sistem rem regeneratif, dan persentase efisiensi sistem rem regeneratif.

3.1.1 Data Kendaraan

Data kendaraan yang dimiliki mobil listrik EZZY ITS II diperoleh dari jurnal dengan judul “Desain dan Analisis Sistem Tenaga dan Transmisi pada Mobil Bertenaga Listrik EZZY ITS II” yang ditulis oleh Nyoman Budi Kusuma Yoga pada tahun 2019. Spesifikasi dari mobil listrik EZZY ITS II hasil *redesign* dapat dilihat pada Tabel 3.1.1 di bawah ini.

Tabel 3.1.1 Spesifikasi EZZY ITS II hasil *redesign*
Sumber: (Yoga, 2019)

<i>Capacity</i>	4 orang	<i>Ground clearance</i>	181 mm
<i>Chassis</i>	Monocoque	<i>Weight</i>	1500 kg
Penggerak	Front Wheel with BLDC Motor	4 roda tunggal	Radial (P 205/45 R17)
<i>Power</i>	30 KW	<i>Drag coefficient Cd estimated by a-c:</i>	0,4
<i>Maximum Speed</i>	+180 km/jam	<i>Frontal area A estimated by a-c:</i>	1.79 m ²
<i>Torque</i>	370 N.m	<i>Transmission</i>	manual synchromesh

<i>Dimention (PxLxT)</i>	3500 mm x 1500 mm x 1400 mm	<i>Gear ratio</i>	1 = 2,362
<i>Wheelbase</i>	2334 mm		2 = 0,36
<i>Track Width</i>	1183 mm		F = 4,250

Spesifikasi yang diubah pada penelitian Nyoman Budi Kusuma Yoga adalah yang ditandai berwarna biru pada tabel diatas. *Power* motor listrik digunakan adalah 30 KW sedangkan spesifikasi asli dari EZZY ITS II adalah 60 KW. *Torque* yang dihasilkan dari motor tersebut adalah 370 Nm sedangkan spesifikasi asli dari EZZY ITS II adalah 200 Nm. Massa kendaraan yang digunakan pada penelitiannya adalah 1500 kg ditambah dengan asumsi massa dari pengendara, penumpang, dan barang sebesar 400 kg sehingga massa total kendaraan menjadi 1900 kg. Transmisi yang digunakan sesuai dengan spesifikasi aslinya yaitu manual *synchronmesh*, jenis transmisi manual yang dilengkapi komponen *synchronmesh*. *Synchronmesh* berguna untuk menyamakan kecepatan roda *gear* percepatan dengan pasangannya. Satu *gear* diputar dari arah motor listrik atau *input* transmisi, dan yang lainnya akan menjadi *output* transmisi. Tujuan *gear* percepatan disamakan, agar kedua *gear* tersebut dapat dikaitkan dengan mudah. Sehingga nantinya, putaran motor bisa diteruskan ke *output* transmisi, kemudian kepada ban. Berdasarkan penelitiannya, rasio *gear* yang dihasilkan adalah 2,362 untuk rasio *gear* pertama, 0,36 untuk rasio *gear* kedua, dan 4,25 untuk rasio gardannya.

Berikut adalah Tabel 3.1.2 yang merupakan tabel yang berisikan data penting yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan pada penelitian ini:

Tabel 3.1.2 Data yang diperlukan untuk perhitungan

Daya	30 KW	Cf	0,02
Torsi	370 Nm	Ck	1
L	2,334 m	Cj	1
La	1,2837 m	fo	0,008
Lb	1,0503 m	fs	0,00025
hg	0,82 m	rd	0,3085 m
Massa kosong	1500 Kg	ρ	1,2 kg/m ³
Massa beban	400 Kg	ef gearbox	0,95
massa total	1900 Kg	ef gardan	0,95
W	18639 N	ef motor	0,95
g	9,81 m/s ²	it 1	2,362
Af	1,79 m ²	it 2	0,36
Cd	0,4	ig	4,25

3.1.2 Data *Driving cycle*

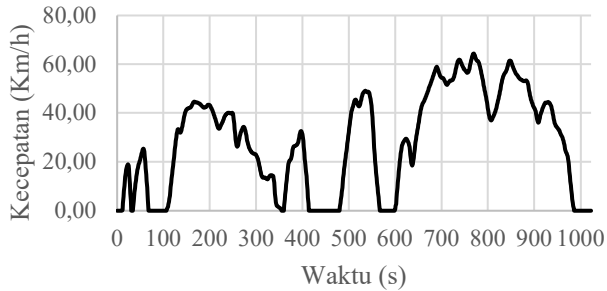
Data *driving cycle* pertama yang dipakai adalah *driving cycle* standar *Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure* (WLTP) class 1. Penentuan kelas dari *driving cycle* tersebut didapatkan dari perhitungan rasio PWr. Rasio PWr yang

dihasilkan akan dilihat pada kategori kelasnya, yaitu kelas 1 untuk $PW_r \leq 22$, kelas 2 untuk $22 \leq Pw_r \leq 34$, dan kelas 3 untuk $PW_r \geq 34$. (Perdana, 2018)

$$PW_r = \frac{\text{Power (KW)}}{\text{Massa (Ton)}} = \frac{30}{1,9} = 15,8$$

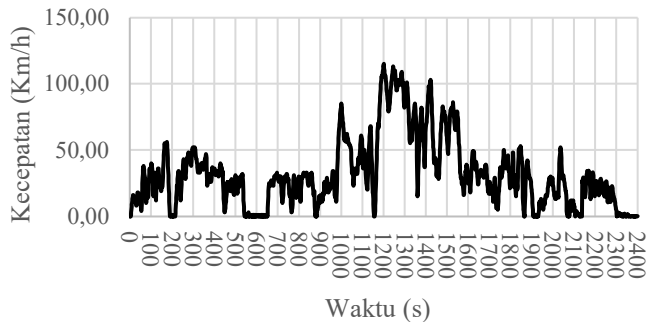
Data *driving cycle* kedua yang dipakai adalah *driving cycle* yang diperoleh dari tugas akhir dengan judul “Analisis Pengelolaan Energi dan Konsumsi Bahan Bakar pada Kendaraan Hibrid” yang ditulis oleh Nico Hasoloan. Tugas akhir tersebut memakai Toyota Prius HEV 2017 sebagai kendaraan yang diuji. Pengujian itu memakai rute dalam dan luar kota Surabaya dengan jarak tempuh ± 50 km/hari. Pada proses pengujian kendaraan tersebut, pertama digunakan alat data logger yang berfungsi untuk memonitor dan mencatat performa kendaraan. Setelah data logger diintegrasikan pada kendaraan, kemudian kendaraan diuji jalan. Proses pengambilan data akan dihentikan ketika kendaraan dimatikan atau kendaraan tidak bergerak lebih dari lima menit. Proses pengambilan data pada data logger sendiri dilakukan dengan interval pengambilan data sebesar satu detik. Setelah pengujian dilakukan, didapatkan beberapa data yaitu: waktu pengujian dan kecepatan kendaraan. Data tersebut akan diolah menjadi data *driving cycle* untuk kendaraan listrik EZZY ITS II. (Hasoloan, 2019)

Driving cycle WLTP-1



Gambar 3.1.3 *Driving cycle* WLTP Class 1
Sumber: (Perdana, 2018)

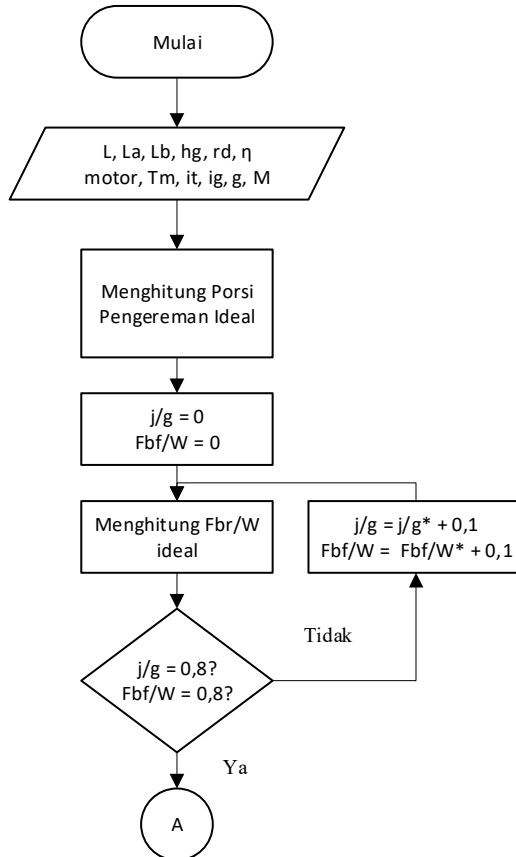
Driving cycle Prius HEV



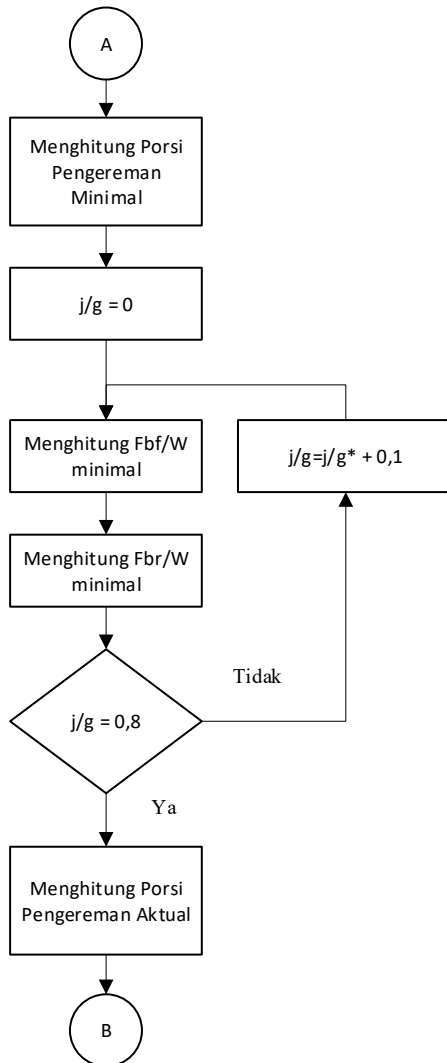
Gambar 3.1.4 *Driving cycle* Toyota Prius HEV 2017
Sumber: (Hasoloan, 2019)

3.2 Diagram Alir Perhitungan

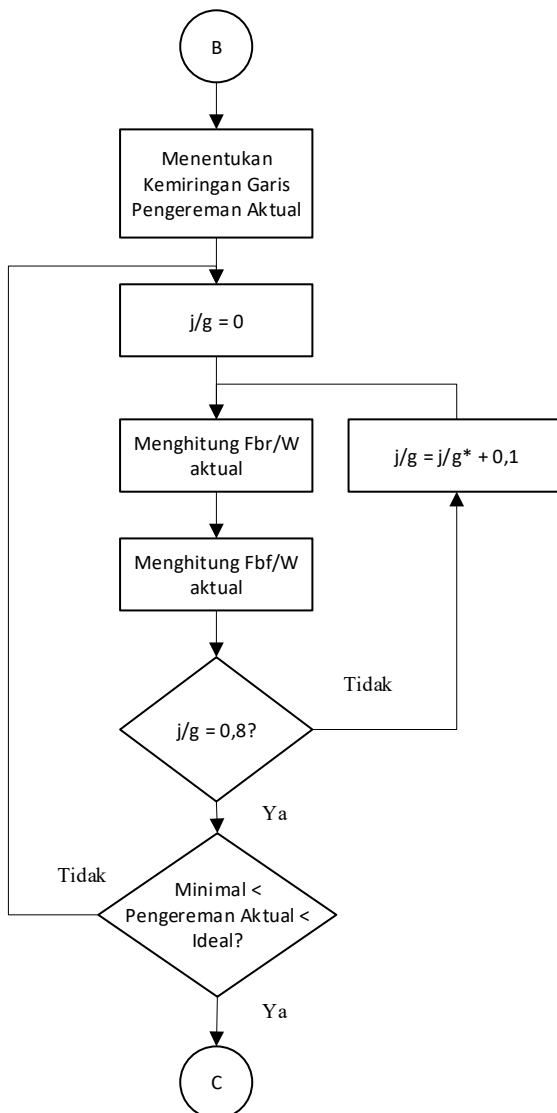
3.2.1 Gaya dan Porsi Rem Mekanis dan Rem Regeneratif pada Kendaraan



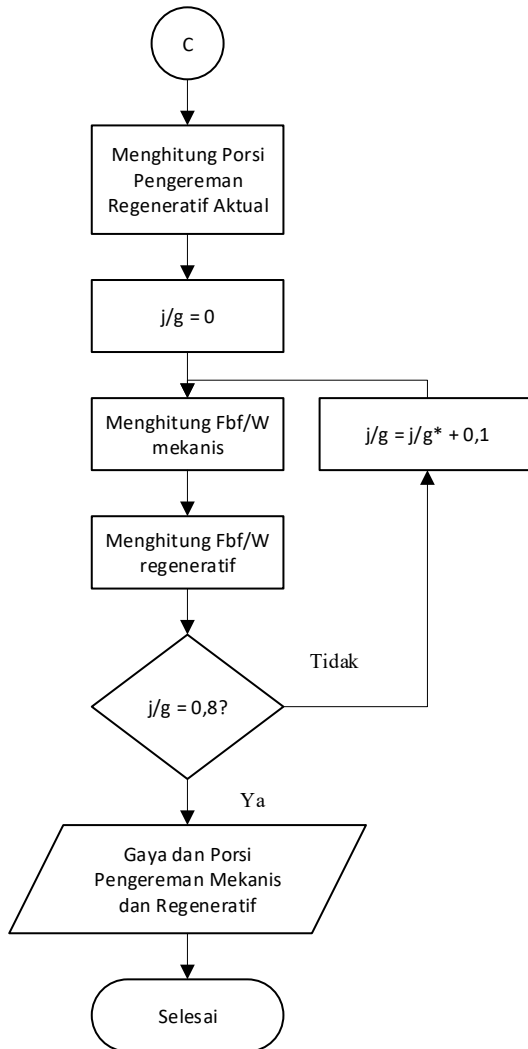
Gambar 3.2.1 Diagram Alir Perhitungan Gaya dan Porsi Rem Mekanis dan Rem Regeneratif



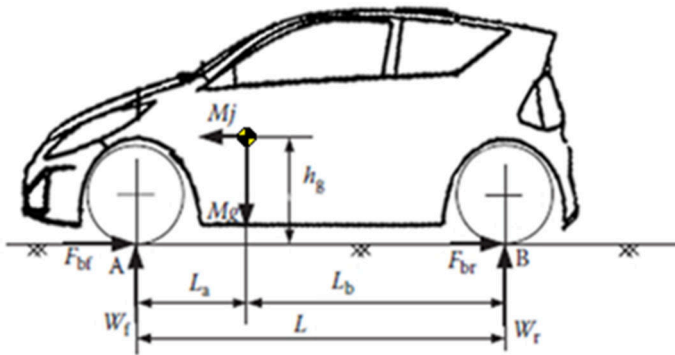
Gambar 3.2.2 Diagram Alir Perhitungan Gaya dan Porsi Rem Mekanis dan Rem Regeneratif (2)



Gambar 3.2.3 Diagram Alir Perhitungan Gaya dan Porsi Rem Mekanis dan Rem Regeneratif (3)



Gambar 3.2.4 Diagram Alir Perhitungan Gaya dan Porsi Rem Mekanis dan Rem Regeneratif (4)



Gambar 3.2.5 *Free body diagram* kendaraan saat pengereman

Perhitungan gaya dan porsi rem mekanis dan rem regeneratif memiliki alir perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.1, Gambar 3.2.2, Gambar 3.2.3, dan Gambar 3.2.4. Penjelasan mengenai tiap langkahnya dijelaskan pada paragraf selanjutnya.

Perhitungan dari gaya dan porsi rem mekanis dan rem regeneratif dimulai dari pengumpulan data. Data-data yang diperlukan adalah *driving cycle*, jarak roda depan ke roda belakang, jarak titik pusat kendaraan ke roda bagian depan, jarak titik pusat kendaraan ke roda bagian belakang, tinggi titik pusat kendaraan ke jalan, diameter roda, efisiensi motor listrik, torsi motor, rasio *gear* pertama, rasio *gear* kedua, rasio gardan, percepatan gravitasi, dan massa kendaraan.

Langkah pertama dari perhitungan ini adalah perhitungan porsi pengereman ideal. Tujuan perhitungan porsi pengereman ideal adalah membentuk kurva distribusi pengereman ideal yang diperlukan untuk penentuan pengereman aktual. Kurva pengereman ideal diperlukan sebagai acuan dalam mendesain sistem pengereman. Apabila sistem pengereman yang dirancang berada diatas kurva pengereman ideal, maka roda belakang akan

mengunci terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan kendaraan kehilangan kestabilan karena kemampuan melawan gaya dorong dari samping pada roda belakang akan hilang. Dalam perhitungan porsi pengereman ideal ini, digunakan prinsip kesetimbangan momen yang terjadi pada kendaraan. Pengereman mengakibatkan perpindahan beban dari sumbu belakang (roda belakang) menuju sumbu depan (roda depan) kendaraan. Porsi pengereman ideal didapatkan dengan persamaan berikut:

$$\frac{F_{br}}{W} = \frac{\left(L_a - \frac{j}{g}h_g\right)}{\left(L_b + \frac{j}{g}h_g\right)} \times \frac{F_{bf}}{W} \quad (29)$$

Persamaan (29) didapat dari persamaan (20), (21), dan (22). Nilai W_f dan W_r pada persamaan (22) disubstitusikan dengan yang ada pada persamaan (20) dan (21). Hasil substitusikan dikondisikan agar nilai yang dicari adalah $\frac{F_{br}}{W}$ yang bertujuan untuk perhitungan distribusi pengereman ideal.

Perhitungan porsi pengereman ideal dimulai dengan menentukan rasio j/g dan F_{bf}/W (Porsi pengereman pada roda bagian depan) sebesar 0. Penentuan rasio j/g dan F_{bf}/W didasari untuk mengikuti grafik pada Gambar 2.8.2. Pada grafik, sebagai contoh, terdapat nilai $j = 0,5g$, yang dimana nilai j didapatkan dari batas maksimum dari nilai koefisien adhesi kontak ban-jalan (μ). Hal itu dapat dilihat dari perpotongan garis distribusi pengereman ideal dengan garis $j = 0,5g$, kedua garis itu berpotongan tepat dengan garis $\mu = 0,5$. Pemakaian rasio j/g pada perhitungan berguna untuk memudahkan perhitungan, yang dimana akan memiliki nilai yang sama dengan nilai dari μ . Dasar dari penentuan nilai F_{bf}/W adalah pada grafik terdapat nilai dari F_{bf}/Mg yang selanjutnya disebut F_{bf}/W sebagai sumbu-x dimulai dari angka 0 sampai 0,8 dengan selisih antara satu angka dengan yang lainnya adalah sebesar 0,1. Perhitungan porsi pengereman ideal pada roda bagian belakang dilakukan dengan iterasi sampai dengan nilai j/g

sebesar 0,8 dan nilai F_{bf}/W sebesar 0,8. (Ehsani, Gao, Longo, & Ebrahimi, 2018)

Langkah kedua dari perhitungan ini adalah menghitung porsi pengereman minimal. Dalam menghitung porsi pengereman minimal, perlu diperhatikan aturan dari ECE yang mengharuskan roda depan terkunci lebih dahulu dibandingkan roda belakang. Dengan demikian, gaya pengereman di roda depan dengan koefisien adhesi kontak ban-jalan (μ) menjadi:

$$F_{bf} = W_f \times \mu \quad (30)$$

Dalam menentukan persamaan untuk menghitung porsi pengereman minimal, W_f pada persamaan (30) disubstitusikan dengan persamaan (20). Rasio j/g pada persamaan (20) disubstitusikan dengan persamaan (28). Dengan proses substitusi tersebut, persamaan yang terbentuk menjadi seperti pada persamaan (31). Penentuan nilai j/g divariasikan pada rentang nilai 0 sampai 0,8, hal ini untuk mengikuti penentuan nilai j/g yang dilakukan sebelumnya yaitu 0 sampai 0,8. Nilai maksimal j/g sebesar 0,8 didasari juga dari regulasi ECE yang merekomendasikan nilai j/g adalah diantara 0,2-0,8. Nilai μ pada persamaan (31) merupakan fungsi dari nilai j/g .

$$\frac{F_{bf}}{W} = \frac{\mu}{L} (L_b + (0,1 + 0,85(\mu - 0,2)h_g)) \quad (31)$$

Dalam menentukan porsi pengereman minimal pada roda belakang, dengan mengikuti peraturan ECE, yang menyatakan roda depan harus terkunci lebih dahulu daripada roda belakang, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\frac{F_{br}}{W} \geq 0,1 + 0,85(\mu - 0,2) - \frac{F_{bf}}{W} \quad (32)$$

Hubungan dari distribusi pengereman ideal dan pengereman ECE (minimal) adalah sebagai pedoman dalam menentukan distribusi pengereman aktual kendaraan yang baik.

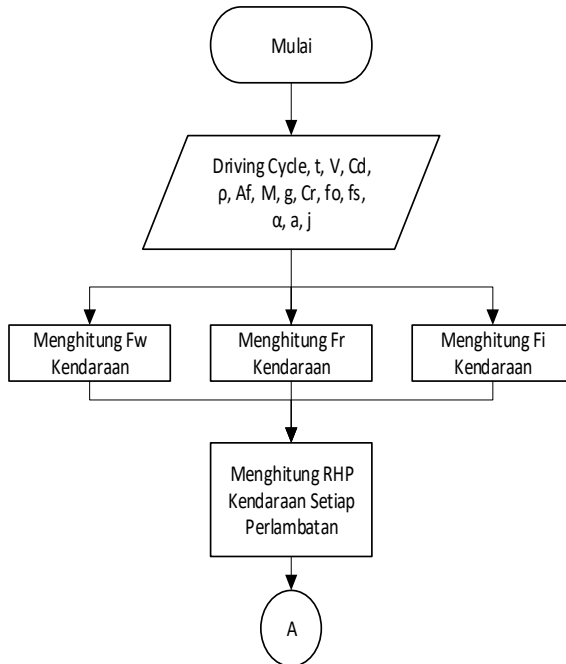
Langkah ketiga yang dilakukan setelah mendapatkan porsi pengereman minimal adalah menghitung porsi pengereman aktual. Hal pertama yang perlu dilakukan pada langkah ketiga ini adalah menentukan kemiringan dari garis pengereman aktual (β) yang berfungsi sebagai nilai yang tetap untuk mengatur gaya pengereman pada roda depan dan belakang. Penentuan nilai tersebut harus memperhatikan garis distribusi pengereman ideal dan minimal.

Hal yang perlu dilakukan setelah menentukan nilai tetap tersebut adalah menghitung porsi pengereman minimal pada roda depan dan belakang menggunakan persamaan (31) dan (32). Perhitungan dilakukan dengan iterasi sampai dengan nilai j/g sebesar 1 dan posisi dari garis distribusi pengereman aktual berada diatas garis distribusi pengereman minimal dan dibawah garis distribusi pengereman ideal.

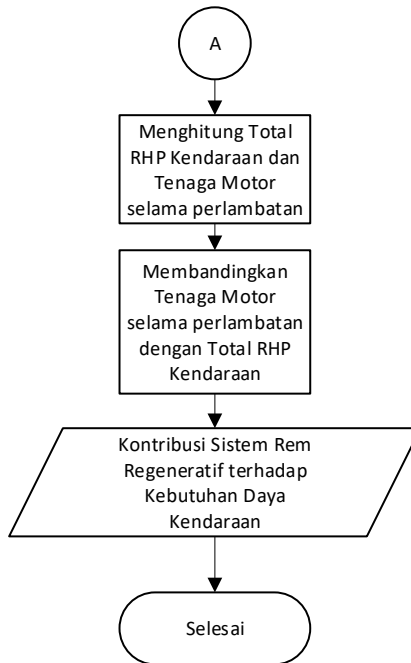
Langkah keempat dari perhitungan ini adalah menghitung porsi pengereman regeneratif aktual. Perhitungan ini bertujuan mendapatkan porsi maksimal dari sistem rem regeneratif untuk membantu pengereman kendaraan. Porsi pengereman regeneratif aktual pada satu rasio j/g adalah sama dengan porsi pengereman mekanis aktual pada roda depan apabila nilai dari porsi pengereman mekanis aktual pada roda depan lebih kecil dari porsi maksimal sistem rem regeneratif. Perhitungan dari porsi pengereman regeneratif aktual dilakukan dengan iterasi sampai dengan nilai j/g sebesar 0,8. Perhitungan porsi maksimal sistem rem regeneratif dapat menggunakan persamaan sebagai berikut yang merupakan fungsi dari torsi motor listrik: (Perdana, 2018)

$$\frac{F_{\text{reg}}}{W} = \frac{I_t \times I_g \times T_m \times \eta_m}{r} \quad (33)$$

3.2.2 Analisa Kontribusi Sistem Rem Regeneratif



Gambar 3.2.6 Analisa Kontribusi Sistem Rem Regeneratif (1)



Gambar 3.2.7 Analisa Kontribusi Sistem Rem Regeneratif (2)

Perhitungan kontribusi sistem rem regeneratif memiliki alir perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.6 dan Gambar 3.2.7. Penjelasan mengenai tiap langkahnya dijelaskan pada paragraf selanjutnya.

Analisa kontribusi sistem rem regeneratif dimulai pengumpulan data yang diperlukan. Data-data tersebut adalah *driving cycle* yang berisikan kecepatan dan waktu, koefisien gaya hambat aerodinamika, densitas udara, luasan frontal kendaraan, massa kendaraan, percepatan gravitasi, koefisien gaya hambat *rolling*, koefisien hambat *rolling* dari tekanan ban, sudut tanjak, percepatan kendaraan, dan perlambatan kendaraan.

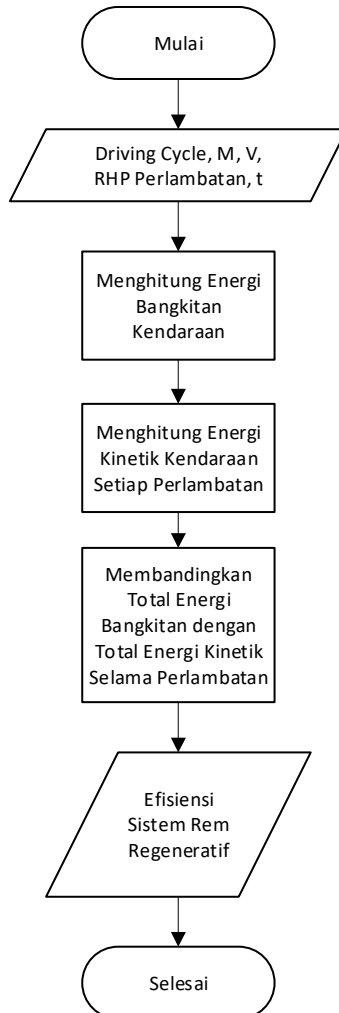
Langkah pertama yang dilakukan pada analisa ini adalah perhitungan gaya hambat angin, gaya hambat *rolling*, dan gaya hambat inersia dari kendaraan. Perhitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan *software Excel*. Perhitungan yang dilakukan akan menyesuaikan dengan *driving cycle* yang dipilih dan persamaan yang dipakai pada perhitungan gaya hambat angin, gaya hambat *rolling*, dan gaya hambat inersia secara berturut-turut adalah persamaan (1), (2), dan (5).

Langkah kedua yang dilakukan pada analisa ini adalah menghitung RHP kendaraan. Setiap gaya hambat yang dihasilkan oleh kendaraan pada suatu *driving cycle* akan mempengaruhi RHP kendaraan yang dihasilkan. RHP kendaraan dihitung pada setiap kondisi *driving cycle*, baik kendaraan itu mengalami percepatan, perlambatan, dan kecepatan konstan. Dari setiap kondisi tersebut, RHP yang dihasilkan dijumlahkan secara keseluruhan untuk mendapatkan total RHP kendaraan. Perhitungan RHP kendaraan dapat dilakukan dengan persamaan (9).

Langkah ketiga yang dilakukan pada analisa ini adalah membandingkan tenaga yang dihasilkan motor (P_m) setiap perlambatan dengan total RHP kendaraan. Perhitungan tenaga yang dihasilkan oleh motor dapat menggunakan persamaan (14). Perbandingan tersebut akan menghasilkan besaran persentase kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan. Persamaan yang digunakan pada langkah ini adalah sebagai berikut:

$$K_{reg} = \frac{\text{Total } P_m \text{ perlambatan}}{\text{Total RHP kendaraan}} \times 100\% \quad (34)$$

3.2.3 Analisa Efisiensi Sistem Rem Regeneratif



Gambar 3.2.8 Diagram Alir Analisa Efisiensi Sistem Rem Regeneratif (1)

Perhitungan efisiensi sistem rem regeneratif memiliki alir perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.8. Penjelasan mengenai tiap langkahnya dijelaskan pada paragraf selanjutnya.

Analisa efisiensi sistem rem regeneratif dimulai dengan pengumpulan data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan adalah *driving cycle* yang berisikan kecepatan dan waktu, massa kendaraan, dan RHP regeneratif atau RHP kendaraan selama perlambatan.

Langkah pertama dari analisa ini adalah menghitung energi bangkitan kendaraan (E_b) dengan satuan J. Energi bangkitan adalah energi listrik yang dihasilkan dari sistem rem regeneratif. Energi bangkitan kendaraan didasari dari tenaga yang dihasilkan motor (P_m) pada tiap sekon perlambatan. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$E_b = P_m \text{ Perlambatan (KW)} \times 1 \text{ (s)}$$

$$E_b = P_m \text{ Perlambatan} \left(\frac{KJ}{s} \right) \times 1 \text{ (s)} \times \frac{1000}{1} \left(\frac{J}{KJ} \right) \quad (35)$$

Tujuan dari perhitungan energi bangkitan, yaitu konversi KWh menjadi J, menggunakan persamaan (35) adalah agar dapat membandingkan dengan energi kinetik perlambatan yang bersatuan J guna mendapatkan efisiensi sistem rem regeneratif.

Langkah kedua dari analisa ini adalah menghitung energi kinetik kendaraan pada setiap perlambatan suatu *driving cycle*. Energi kinetik adalah energi yang terjadi karena adanya pergerakan dari kendaraan tersebut, baik itu percepatan maupun perlambatan. Energi kinetik dihitung dengan menggunakan persamaan (15).

$$\eta_{\text{reg}} = \frac{\text{Total } E_b}{\text{Total } E_k \text{ perlambatan}} \times 100\% \quad (36)$$

Langkah ketiga dari analisa ini adalah membandingkan total energi bangkitan dengan total energi kinetik selama perlambatan seperti pada persamaan (36) untuk menghasilkan efisiensi sistem rem regeneratif.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Gaya dan Porsi Rem Mekanis dan Rem Regeneratif pada Kendaraan

Perhitungan gaya dan porsi rem mekanis dan rem regeneratif dimulai dengan perhitungan porsi pengereman ideal. Tujuan perhitungan porsi pengereman ideal adalah membentuk kurva distribusi pengereman ideal yang diperlukan untuk penentuan pengereman aktual. Kurva pengereman ideal diperlukan sebagai acuan dalam mendesain sistem pengereman. Porsi pengereman ideal didapatkan dengan menggunakan persamaan (28). Nilai j/g pada persamaan divariasikan pada nilai 0 sampai 0,8 dan nilai F_{bf}/W divariasikan pada nilai 0 sampai 0,8. Berikut adalah contoh perhitungan dari porsi pengereman ideal dengan nilai j/g sebesar 0,2 dan nilai F_{bf}/W sebesar 0,2:

$$\frac{F_{br}}{W} = \frac{\left(L_a - \frac{j}{g}h_g\right)}{\left(L_b + \frac{j}{g}h_g\right)} \times \frac{F_{bf}}{W}$$

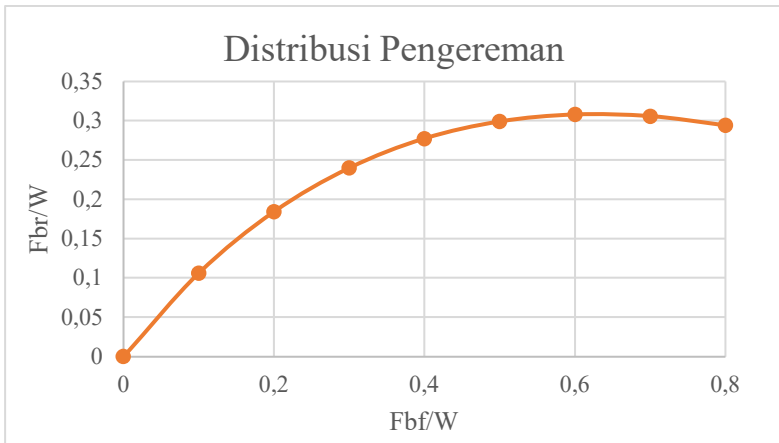
$$\frac{F_{br}}{W} = \frac{(1,2837 - 0,2 \cdot 0,82)}{(1,0503 + 0,2 \cdot 0,82)} \times 0,2$$

$$\frac{F_{br}}{W} = 0,18$$

Perhitungan porsi pengereman ideal dengan seluruh nilai variasi j/g dapat dilihat pada Tabel 4.1.1.

Tabel 4.1.1 Porsi Pengereman Ideal

j/g	F_{bf}/W	F_{br}/W
0	0	0,00
0,1	0,1	0,11
0,2	0,2	0,18
0,3	0,3	0,24
0,4	0,4	0,28
0,5	0,5	0,30
0,6	0,6	0,31
0,7	0,7	0,31
0,8	0,8	0,29



Gambar 4.1.1 Kurva distribusi pengereman ideal

Nilai dari j/g dan F_{bf}/W yang sudah ditentukan dari awal, yaitu 0 sampai 0,8. Penentuan nilai F_{br}/W yang sama dengan nilai j/g adalah untuk mendapatkan distribusi pengereman yang ideal pada roda depan maupun roda belakang kendaraan. Nilai F_{br}/W

yang dihasilkan sesuai dengan nilai F_{bf}/W -nya akan dijadikan acuan dalam membuat kurva distribusi pengereman ideal. Pembuatan kurva distribusi pengereman diperlukan dalam mengatur distribusi pengereman. Apabila diinginkan roda depan dan roda belakang mengunci secara bersamaan pada tiap jenis jalan gaya dan porsi pengereman pada roda depan dan roda belakang wajib mengikuti kurva tersebut.

Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung porsi pengereman minimal. Dalam menghitung porsi pengereman minimal, perlu diperhatikan aturan dari ECE yang mengharuskan roda depan terkunci lebih dahulu dibandingkan roda belakang. Perhitungan porsi pengereman minimal kendaraan pada roda bagian depan dan roda bagian belakang menggunakan persamaan (31) dan (32). Nilai j/g divariasikan dengan nilai 0 sampai 0,8. Berikut adalah contoh perhitungan dari porsi pengereman minimal kendaraan pada roda bagian depan dengan nilai j/g sebesar 0,2:

$$\mu = \frac{\frac{j}{g} - 0,1}{0,85} + 0,2$$

$$\mu = \frac{0,2 - 0,1}{0,85} + 0,2$$

$$\mu = 0,32$$

$$\frac{F_{bf}}{W} = \frac{\mu}{L} (L_b + (0,1 + 0,85(\mu - 0,2)) h_g)$$

$$\frac{F_{bf}}{W} = \frac{0,32}{2,334} (1,0503 + (0,1 + 0,85(0,32 - 0,2)) 0,82)$$

$$\frac{F_{bf}}{W} = 0,17$$

Berikut adalah contoh perhitungan dari porsi pengereman minimal kendaraan pada roda bagian belakang dengan nilai μ sebesar 0,32

$$\frac{F_{br}}{W} = (0,1 + 0,85(0,32 - 0,2)) - \frac{F_{bf}}{W}$$

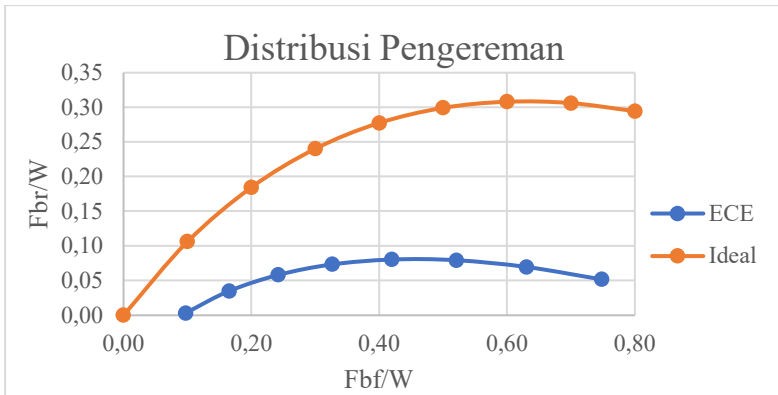
$$\frac{F_{br}}{W} = (0,1 + 0,85(0,32 - 0,2)) - 0,17$$

$$\frac{F_{br}}{W} = 0,03$$

Perhitungan porsi pengereman minimal dengan seluruh nilai variasi μ dapat dilihat pada Tabel 4.1.2.

Tabel 4.1.2 Porsi Pengereman Minimal

j/g	μ	Fbf/W	Fbr/W
0	0,08	0,04	-0,04
0,1	0,20	0,10	0,00
0,2	0,32	0,17	0,03
0,3	0,44	0,24	0,06
0,4	0,55	0,33	0,07
0,5	0,67	0,42	0,08
0,6	0,79	0,52	0,08
0,7	0,91	0,63	0,07
0,8	1,02	0,75	0,05



Gambar 4.1.2 Kurva distribusi pengereman ECE dan ideal

Pada tabel diatas, terdapat nilai F_{br}/W yang bernilai negatif yaitu pada nilai j/g sebesar 0. Hal ini menandakan bahwa nilai F_{br}/W pada rentang nilai j/g tersebut tidak berlaku dan tidak mempengaruhi terhadap pengereman minimum. Hal ini juga membuktikan bahwa persyaratan dari regulasi ECE yang menetapkan nilai j/g yang berlaku sesuai dengan persamaan (28) yaitu 0,2-0,8 berhasil dipenuhi. Hal ini karena pada rentang nilai tersebut, nilai dari perhitungan F_{br}/W yang dilakukan tidak ada yang bernilai negatif.

Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menghitung porsi pengereman aktual. Langkah tersebut dimulai dengan menentukan kemiringan dari garis pengereman aktual (β) yang berfungsi sebagai nilai yang tetap untuk mengatur gaya pengereman pada roda depan dan belakang. Penentuan nilai tersebut harus memperhatikan garis distribusi pengereman ideal dan minimal. Garis β dikatakan baik apabila garis tersebut tidak melewati kurva garis pengereman aktual dan berada diatas kurva pengereman minimal. Perhitungan porsi pengereman aktual divariasikan dengan nilai j/g 0 sampai 0,8. Penentuan nilai β adalah hasil try and error yang dimana mengharuskan garis distribusi

pengereman berada dibawah kurva pengereman ideal dan diatas kurva pengereman minimal. Perhitungan dari porsi pengereman aktual kendaraan pada roda bagian belakang dengan penentuan nilai kemiringan garis β sebesar 0,37 dan nilai j/g sebesar 0,2 dapat dicontohkan sebagai berikut:

$$\frac{F_{br}}{W} = \beta \cdot \frac{j}{g}$$

$$\frac{F_{br}}{W} = 0,37 \cdot 0,2$$

$$\frac{F_{br}}{W} = 0,07$$

Perhitungan dari porsi pengereman aktual kendaraan pada roda bagian depan dengan penentuan nilai kemiringan garis β sebesar 0,37 dan nilai j/g sebesar 0,2 dapat dicontohkan sebagai berikut:

$$\frac{F_{bf}}{W} = \frac{j}{g} - \frac{F_{br}}{W}$$

$$\frac{F_{bf}}{W} = 0,2 - 0,07$$

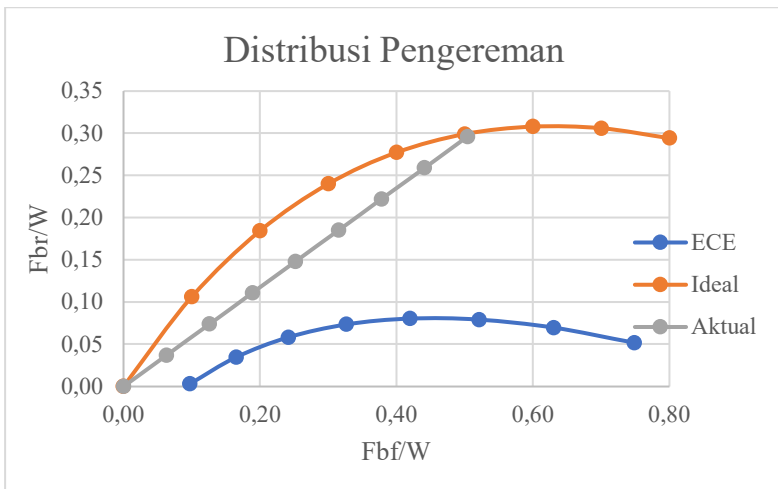
$$\frac{F_{bf}}{W} = 0,13$$

Perhitungan porsi pengereman aktual dengan seluruh nilai variasi j/g dapat dilihat pada Tabel 4.1.3.

Tabel 4.1.3 Porsi Pengereman Aktual

j/g	Fbr/W	Fbf/W
0	0	0
0,1	0,04	0,06
0,2	0,07	0,13
0,3	0,11	0,19
0,4	0,15	0,25
0,5	0,19	0,32
0,6	0,22	0,38
0,7	0,26	0,44
0,8	0,30	0,50

Berikut adalah kurva distribusi pengereman yang dihasilkan dengan β sebesar 0,37:



Gambar 4.1.3 Kurva Distribusi Pengereman

Berdasarkan Gambar 4.1.3, dapat dilihat garis pengereman aktual pada kendaraan berada dibawah kurva garis pengereman ideal dan diatas kurva garis pengereman ideal. Hal ini menandakan bahwa penentuan β sudah baik dan sesuai dengan regulasi pengereman yang dibuat oleh ECE. Dengan terpenuhinya regulasi tersebut, maka pengereman dari kendaraan adalah stabil dan aman, karena oversteer pada kendaraan saat pengereman dapat dihindari.

Langkah akhir dari perhitungan ini adalah menghitung porsi pengereman regeneratif aktual. Porsi pengereman regeneratif aktual pada satu rasio j/g adalah sama dengan porsi pengereman mekanis aktual pada roda depan apabila nilai dari porsi pengereman mekanis aktual pada roda depan lebih kecil dari porsi maksimal sistem rem regeneratif. Apabila porsi pengereman aktual roda bagian depan melebihi porsi maksimal rem regeneratif, sisa pengereman dilanjutkan dengan pengereman mekanis

Perhitungan porsi maksimal sistem rem regeneratif menggunakan persamaan (33). Perhitungan dari porsi pengereman regeneratif aktual dilakukan dengan memvariasikan nilai j/g sebesar 0 sampai 0,8 dan rasio *gear* transmisinya. Perhitungan porsi maksimal sistem rem regeneratif untuk *gear* pertama dan kedua dapat dicontohkan sebagai berikut:

$$\frac{F_{\text{reg}}}{W} = \frac{I_t \times I_g \times T_m \times \eta_m}{r}$$

$$\frac{F_{\text{reg}}}{W} 1 = \frac{2,362 \times 4,5 \times 370 \times 0,95}{0,3085}$$

$$\frac{F_{\text{reg}}}{W} 1 = \frac{396,135}{18639}$$

$$\frac{F_{\text{reg}}}{W} 1 = 0,61$$

$$\frac{F_{\text{reg}}}{W} 2 = \frac{0,36 \times 4,5 \times 370 \times 0,95}{0,3085 \times 18639}$$

$$\frac{F_{\text{reg}}}{W} 2 = 0,09$$

Perhitungan porsi pengereman aktual dan porsi regeneratif aktual dengan seluruh nilai variasi j/g dan rasio *gear* transmisi dapat dilihat pada Tabel 4.1.4.

Tabel 4.1.4 Porsi Pengereman Aktual dan Regeneratif Aktual

Pengereman aktual			Pengereman regeneratif aktual			
j/g	F_{br}/W	F_{bf}/W	F_{bf}/W mek 1	F_{bf}/W reg 1	F_{bf}/W mek 2	F_{bf}/W reg 2
0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,04	0,06	0	0,06	0	0,04
0,2	0,07	0,13	0	0,13	0	0,07
0,3	0,11	0,19	0	0,19	0,02	0,09
0,4	0,15	0,25	0	0,25	0,05	0,09
0,5	0,19	0,32	0	0,32	0,09	0,09
0,6	0,22	0,38	0	0,38	0,13	0,09
0,7	0,26	0,44	0	0,44	0,17	0,09
0,8	0,30	0,50	0	0,50	0,20	0,09

Dengan melihat hasil tabel diatas, pada *gear* pertama, sistem rem roda depan kendaraan pada nilai j/g sebesar 0 sampai 0,8 adalah penuh mengandalkan sistem rem regeneratif saja. Hal ini dilihat dengan nilai F_{bf}/W mek 1 memiliki nilai sama dengan nol pada rentang nilai j/g tersebut. Pada *gear* kedua, sistem rem roda depan kendaraan pada nilai j/g sebesar 0 sampai 0,2 adalah penuh mengandalkan sistem rem regeneratif saja. Hal ini dilihat dengan

nilai F_{bf}/W mek 2 memiliki nilai sama dengan nol pada rentang nilai j/g tersebut. Hal yang dimaksud kendaraan mengandalkan sistem rem regeneratif saja untuk pengereman roda depan adalah rem mekanis tidak bekerja sama sekali dalam membantu pengereman kendaraan dan hanya mengandalkan rem regeneratif saja. Hal ini bisa terjadi dikarenakan porsi pengereman pada roda depan kendaraan lebih kecil sama dengan porsi pengereman maksimal rem regeneratif, sehingga porsi pengereman roda depan yang dibutuhkan dapat dipenuhi pengereman regeneratif saja.

Gaya pengereman mekanis dan pengereman regeneratif pada kendaraan didapatkan dengan mengalikan porsi pengereman dengan nilai gaya normal kendaraan. Contoh perhitungan dari gaya pengereman adalah sebagai berikut:

$$F_{bf} = \frac{F_{bf}}{W} \cdot W$$

$$F_{bf} = 0,07.18639$$

$$F_{bf} = 1379,29$$

Perhitungan gaya pengereman aktual dan porsi regeneratif aktual dengan seluruh nilai variasi j/g dan rasio *gear* transmisi dapat dilihat pada Tabel 4.1.5

Tabel 4.1.5 Gaya Pengereman Aktual dan Regeneratif Aktual

Pengereman aktual			Pengereman regeneratif aktual			
j/g	F _{bf} (N)	F _{br} (N)	F _{bf} mek 1 (N)	F _{bf} reg 1 (N)	F _{bf} mek 2 (N)	F _{bf} reg 2 (N)
0	0	0	0	0	0	0
0,1	689,64	1174,26	0	1174,26	0	689,64
0,2	1379,29	2348,51	0	2348,51	0	1379,29
0,3	2068,93	3522,77	0	3522,77	325,67	1743,26
0,4	2758,57	4697,03	0	4697,03	1015,31	1743,26
0,5	3448,22	5871,29	0	5871,29	1704,96	1743,26
0,6	4137,86	7045,54	0	7045,54	2394,60	1743,26
0,7	4827,50	8219,80	0	8219,80	3084,24	1743,26
0,8	5517,14	9394,06	0	9394,06	3773,89	1743,26

Dengan melihat hasil tabel diatas, pada *gear* pertama, sistem rem roda depan kendaraan pada nilai *j/g* sebesar 0 sampai 0,8 adalah penuh mengandalkan sistem rem regeneratif saja. Hal ini dilihat dengan nilai F_{bf} mek 1 memiliki nilai sama dengan nol pada rentang nilai *j/g* tersebut. Pada *gear* kedua, sistem rem roda depan kendaraan pada nilai *j/g* sebesar 0 sampai 0,2 adalah penuh mengandalkan sistem rem regeneratif saja. Hal ini dilihat dengan nilai F_{bf} mek 2 memiliki nilai sama dengan nol pada rentang nilai *j/g* tersebut. Hal yang dimaksud kendaraan mengandalkan sistem rem regeneratif saja untuk pengereman roda depan adalah rem mekanis tidak bekerja sama sekali dalam membantu pengereman kendaraan dan hanya mengandalkan rem regeneratif saja. Hal ini bisa terjadi dikarenakan gaya pengereman pada roda depan kendaraan lebih kecil sama dengan gaya pengereman maksimal rem regeneratif, sehingga gaya pengereman roda depan yang dibutuhkan dapat dipenuhi pengereman regeneratif saja.

4.2 Perhitungan Kontribusi Sistem Rem Regeneratif

Perhitungan kontribusi sistem rem regeneratif diawali dengan menghitung gaya hambat angin (F_w), gaya hambat *rolling* (F_r), dan gaya inersia (F_i) pada kendaraan. Persamaan yang dipakai guna mendapatkan gaya hambat tersebut berturut-turut adalah persamaan (1), (2), dan (5). Perhitungan gaya hambat disesuaikan dengan *driving cycle* yang dipilih.

Contoh perhitungan dari gaya hambat angin (F_w) pada kendaraan dengan *driving cycle* Prius pada detik ke-2 adalah sebagai berikut:

$$F_w = 0,5 \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2$$

$$F_w = (0,5) \cdot (1,2) \cdot (1,79) \cdot (0,4) \cdot (0,28)^2$$

$$F_w = 0,03 \text{ N}$$

Contoh perhitungan gaya hambat *rolling* (F_r) pada kendaraan dengan *driving cycle* Prius pada detik ke-2, kondisi lintasan adalah aspal yang datar, dan tekanan ban radial dengan kembangan sebesar 40 Psi adalah sebagai berikut:

$$F_r = W \cdot \cos\alpha \cdot C_r$$

$$C_r = C_K \cdot C_A \cdot C_J \left(f_o + f_s \left(\frac{V}{100} \right) \right)$$

$$F_r = 18639 \cdot \cos(0) \cdot (1) \cdot (2) \cdot (1) \left(0,008 + 0,00025 \left(\frac{1}{100} \right) \right)$$

$$F_r = 298,32 \text{ N}$$

Contoh perhitungan gaya inersia (F_i) pada kendaraan dengan *driving cycle* Prius pada detik ke-2 adalah sebagai berikut:

$$F_i = M \cdot a$$

$$F_i = M \cdot \left(\frac{V_3 - V_2}{t_3 - t_2} \right)$$

$$F_i = 1900 \cdot \left(\frac{0 - 0,28}{3 - 2} \right)$$

$$F_i = -527,82 \text{ N}$$

Langkah selanjutnya dari perhitungan kontribusi sistem rem regeneratif setelah mengetahui besarnya gaya hambat yang terjadi pada kendaraan adalah menghitung RHP kendaraan. RHP kendaraan adalah tenaga yang digunakan kendaraan untuk melawan gaya hambat baik itu saat kendaraan mengalami percepatan maupun perlambatan. Setiap gaya hambat yang dihasilkan oleh kendaraan pada suatu *driving cycle* akan mempengaruhi RHP kendaraan yang dihasilkan. RHP kendaraan dihitung pada setiap kondisi *driving cycle*, baik kendaraan itu mengalami percepatan, perlambatan, dan kecepatan konstan. Dari setiap kondisi tersebut, RHP yang dihasilkan dijumlahkan secara keseluruhan untuk mendapatkan total RHP kendaraan. Persamaan yang dipakai dalam perhitungan RHP kendaraan adalah persamaan (9). Perhitungan persamaan tersebut memiliki dua kemungkinan hasil, yaitu bernilai positif atau negatif. Angka bernilai positif menandakan bahwa kendaraan mengalami percepatan. Angka bernilai negatif menandakan kendaraan mengalami perlambatan. Contoh perhitungan RHP kendaraan pada *driving cycle* Prius detik ke-2 adalah sebagai berikut:

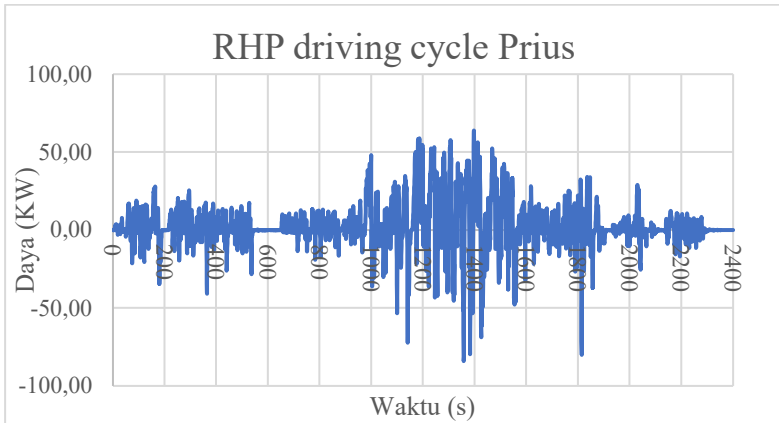
$$\text{RHP} = (F_w + F_r + F_i) V$$

$$\text{RHP} = (0,03 + 298,32 + (-527,82)) \cdot 0,28$$

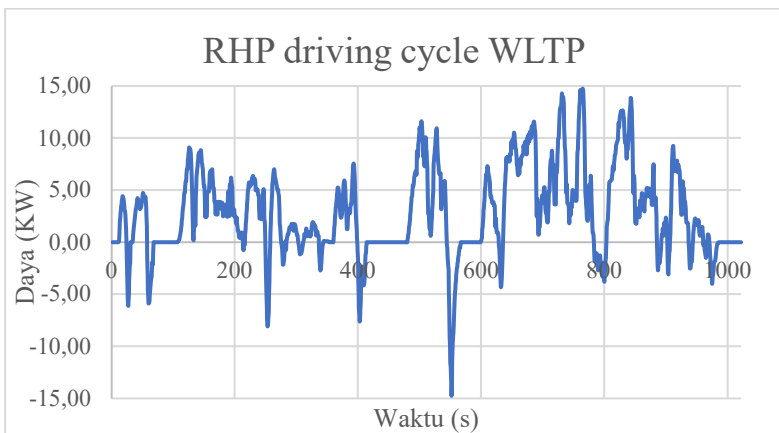
$$\text{RHP} = -0,06 \text{ KW}$$

$$\text{RHP}_{\text{Perlambatan}} = 0,06 \text{ KW}$$

RHP perlambatan adalah RHP yang dihasilkan kendaraan saat mengalami perlambatan saja. Hasil perhitungan lengkap mengenai RHP pada setiap detik pada tiap *driving cycle* dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah grafik yang menunjukkan RHP kendaraan pada tiap *driving cycle*:



Gambar 4.2.1 RHP *driving cycle* Prius



Gambar 4.2.2 RHP *driving cycle* WLTP

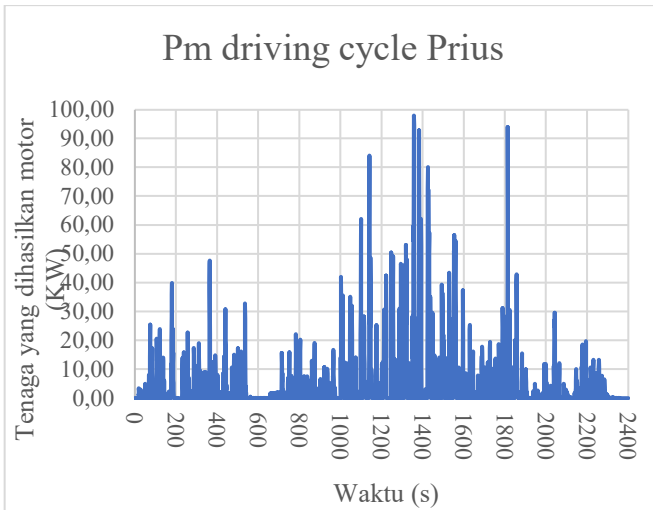
Grafik diatas menunjukkan RHP kendaraan pada tiap detik untuk setiap *driving cycle*. RHP yang bernilai negatif menandakan kendaraan mengalami perlambatan dan menandakan sistem rem regeneratif bekerja. Apabila dibandingkan, *driving cycle* Prius memiliki jumlah perlambatan yang lebih banyak yaitu sebanyak 962 detik perlambatan dari total 2400 detik yang tersedia daripada *driving cycle* WLTP dengan 388 detik perlambatan dari total 1022 detik yang tersedia. Total RHP pada *driving cycle* Prius adalah 22435,49 KW dan pada *driving cycle* WLTP adalah 3684,56 KW. Dengan perbedaan jumlah perlambatan yang terjadi, kontribusi sistem regeneratif pada *driving cycle* Prius seharusnya lebih besar dibandingkan *driving cycle* WLTP. Hal ini dikarenakan dengan semakin banyak perlambatan yang terjadi, maka sistem rem regeneratif semakin sering bekerja.

Langkah akhir yang dilakukan adalah membandingkan total tenaga yang dihasilkan motor (P_m) setiap perlambatan dengan total RHP kendaraan. Perhitungan dari tenaga yang dihasilkan motor menggunakan persamaan (14). Contoh perhitungan tenaga yang dihasilkan motor adalah sebagai berikut:

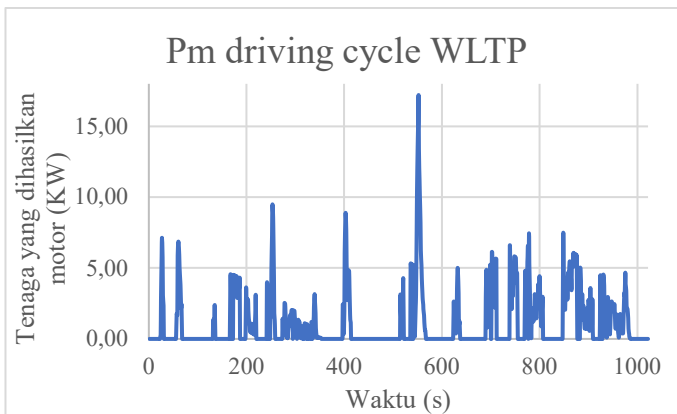
$$P_m = \frac{\text{RHP}}{\eta}$$

$$P_m = \frac{0,06}{(0,95 \times 0,95 \times 0,95)}$$

$$P_m = 0,07 \text{ KW}$$



Gambar 4.2.3 Tenaga yang dihasilkan motor dengan *driving cycle* Prius selama perlambatan



Gambar 4.2.4 Tenaga yang dihasilkan motor dengan *driving cycle* WLTP selama perlambatan

Grafik diatas adalah grafik yang menunjukkan tenaga yang dihasilkan oleh motor pada tiap detiknya untuk setiap *driving cycle*. Perhitungan untuk total nilai tenaga yang dihasilkan motor melibatkan total RHP perlambatan dibandingkan dengan efisiensi dari drivetrain. Grafik P_m bernilai nol menunjukkan bahwa kendaraan sedang tidak mengalami perlambatan sehingga sistem rem regeneratif tidak bekerja. Dilihat dari grafik-grafik diatas, *driving cycle* Prius memiliki total nilai tenaga yang dihasilkan motor lebih besar yaitu sebesar 8709,53 KW dibandingkan dengan *driving cycle* WLTP sebesar 1118,55 KW. Hal ini dikarenakan jumlah perlambatan yang terjadi pada *driving cycle* Prius lebih banyak dibandingkan *driving cycle* WLTP yang menandakan pada *driving cycle* Prius, sistem rem regeneratif lebih banyak bekerja dan motor menghasilkan tenaga yang lebih banyak pula.

Perbandingan tersebut akan menghasilkan besaran persentase kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan. Persamaan yang dipakai guna mendapatkan persentase kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan adalah persamaan (34). Perhitungan kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan pada setiap *driving cycle* yang dipilih adalah sebagai berikut:

$$\%K_{\text{reg}} = \frac{\text{Total } P_m \text{ perlambatan}}{\text{Total RHP kendaraan}} \times 100\%$$

$$\%K_{\text{reg Prius}} = \frac{8709,53}{22435,49} \times 100\%$$

$$\%K_{\text{reg Prius}} = 38,82\%$$

$$\%K_{\text{reg WLTP}} = \frac{1118,55}{3684,56} \times 100\%$$

$$\%K_{\text{reg WLTP}} = 30,36\%$$

Dapat dilihat pada perhitungan diatas, kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan pada *driving cycle* Prius lebih besar dengan nilai 38,82% dibandingkan *driving cycle* WLTP yang menghasilkan nilai 30,36%. Perbedaan ini dipengaruhi dengan total perlambatan pada *driving cycle* Prius yang lebih banyak dibanding *driving cycle* WLTP. Arti dari persentase yang dihasilkan adalah sebanyak 38,82% daya yang dibutuhkan kendaraan pada *driving cycle* Prius dapat dipenuhi oleh sistem rem regeneratif. Sedangkan untuk *driving cycle* WLTP, sebanyak 30,36% daya yang dibutuhkan kendaraan dapat dipenuhi oleh sistem rem regeneratif.

4.3 Perhitungan Efisiensi Sistem Rem Regeneratif

Perhitungan efisiensi sistem rem regeneratif diawali dengan menghitung energi bangkitan kendaraan. Energi bangkitan adalah energi listrik yang dihasilkan dari sistem rem regeneratif. Energi bangkitan kendaraan didasari dari tenaga yang dihasilkan motor selama perlambatan. Tenaga motor yang dihasilkan motor pada suatu *driving cycle* yang terbagi setiap satu detik dikonversikan menjadi energi bangkitan dengan satuan J. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan (34). Total waktu yang tersedia pada *driving cycle* Prius adalah 2400 detik dan *driving cycle* WLTP sebanyak 1022 detik. Berikut contoh perhitungan energi bangkitan *driving cycle* Prius pada detik ke-2:

$$E_b = P_m \text{ Perlambatan} \left(\frac{KJ}{s} \right) \times 1(s) \times \frac{1000}{1} \left(\frac{J}{KJ} \right)$$

$$E_{b2 \text{ Prius}} = 0,07 \left(\frac{KJ}{s} \right) \times 1(s) \times \frac{1000}{1} \left(\frac{J}{KJ} \right)$$

$$E_{b2 \text{ Prius}} = 70 J$$

$$\text{Total } E_{b \text{ Prius}} = \Delta E_b = E_{b1} + E_{b2} + \dots + E_{b2400}$$

$$\text{Total } E_{b \text{ Prius}} = 8709534,29 J = 8,71 MJ$$

$$\text{Total } E_{b \text{ WLTP}} = \Delta E_b = E_{b1} + E_{b2} + \dots + E_{b1022}$$

$$\text{Total } E_{b \text{ WLTP}} = 1118550,91 \text{ J} = 1,12 \text{ MJ}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung energi kinetik kendaraan pada setiap detik perlambatan suatu *driving cycle*. Energi kinetik adalah energi yang terjadi karena adanya pergerakan dari kendaraan tersebut, baik itu percepatan maupun perlambatan. Energi kinetik dihitung dengan menggunakan persamaan (14) dan persamaan (15). Pada perhitungan nilai total energi kinetik perlambatan, apabila terdapat energi kinetik yang bernilai negatif pada suatu detik, maka energi kinetik tersebut dijadikan sama dengan nol. Hal ini dikarenakan pada detik tersebut, kendaraan tidak mengalami perlambatan. Contoh perhitungan energi kinetik dengan *driving cycle* Prius detik ke-2 dan nilai total energi kinetik pada tiap *driving cycle* adalah sebagai berikut:

$$E_{k2 \text{ Prius}} = 0,5 \times km \times M \times (V_2^2 - V_3^2)$$

$$km = 1,04 + 0,0025 (I_t \times I_g)^2$$

$$km = 1,04 + 0,0025 (2,362 \times 4,25)^2 = 1,29$$

$$E_{k2 \text{ Prius}} = 0,5 \times 1,29 \times 1900 \times (0,28^2 - 0^2)$$

$$E_{k2 \text{ Prius}} = 94,72 \text{ J}$$

$$\text{Total } E_{k \text{ perlambatan Prius}} = \Delta E_k = E_{k1} + E_{k2} + \dots + E_{k2400}$$

$$\text{Total } E_{k \text{ perlambatan Prius}} = 12816628,46 \text{ J} = 12,82 \text{ MJ}$$

$$\text{Total } E_{k \text{ perlambatan WLTP}} = \Delta E_k = E_{k1} + E_{k2} + \dots + E_{k1022}$$

$$\text{Total } E_{k \text{ perlambatan WLTP}} = 1895837,46 \text{ J} = 1,90 \text{ MJ}$$

Hasil perhitungan lengkap mengenai energi bangkitan (E_b) dan energi kinetik (E_k) kendaraan pada setiap detik pada tiap *driving cycle* dapat dilihat pada lampiran.

Langkah terakhir yang dilakukan adalah membandingkan total energi bangkitan dengan total energi kinetik selama perlambatan. Perbandingan tersebut akan menghasilkan besar persentase efisiensi sistem rem regeneratif. Perhitungan efisiensi sistem regeneratif untuk tiap *driving cycle* yang dipilih adalah sebagai berikut:

$$\eta_{\text{reg}} = \frac{\text{Total } E_b}{\text{Total } E_k \text{ perlambatan}} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{reg Prius}} = \frac{8,71}{12,82} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{reg Prius}} = 67,94\%$$

$$\eta_{\text{reg WLTP}} = \frac{1,12}{1,90} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{reg WLTP}} = 58,94\%$$

Arti dari persentase yang dihasilkan adalah sistem rem regeneratif dapat mengkonversikan sebanyak 67,94% dari total energi kinetik yang dihasilkan selama perlambatan pada *driving cycle* Prius untuk dijadikan energi listrik. Sedangkan untuk *driving cycle* WLTP, sistem rem regeneratif dapat mengkonversikan sebanyak 58,94% dari total energi kinetik yang dihasilkan selama perlambatan. Perbedaan nilai efisiensi ini terjadi dikarenakan total perlambatan yang terjadi pada *driving cycle* Prius lebih banyak dari *driving cycle* WLTP. Nilai efisiensi pada kedua *driving cycle* ini sudah cukup baik, karena lebih dari 50% dari energi kinetik yang selama perlambatan yang berpotensi diubah menjadi energi listrik mampu diubah oleh sistem rem regeneratif baik untuk *driving cycle* Prius maupun *driving cycle* WLTP.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa pengaplikasian sistem rem regeneratif pada EZZY ITS II yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Porsi dan gaya pengereman regeneratif pada *gear* pertama bekerja secara penuh tanpa adanya bantuan dari rem mekanis pada rentang *j/g* 0 sampai 0,8. Sedangkan pada *gear* kedua, porsi dan gaya pengereman regeneratif bekerja secara penuh pada rentang *j/g* 0 sampai 0,2.
2. Besar kontribusi sistem rem regeneratif terhadap kebutuhan daya kendaraan pada *driving cycle* Prius adalah 38,82% dan pada *driving cycle* WLTP adalah 30,36%.
3. Besar efisiensi sistem rem regeneratif pada mobil EZZY ITS II dengan *driving cycle* Prius adalah 67,94% dan dengan *driving cycle* WLTP adalah 58,94%.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa pengaplikasian sistem rem regeneratif pada EZZY ITS II yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan dapat melibatkan system control dalam setiap analisisnya, untuk memperoleh hasil yang lebih baik.
2. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan objek penelitian yang dipakai adalah sepeda motor listrik, dikarenakan sepeda motor listrik mulai berkembang di Indonesia.

Halaman sengaja dikosongkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baradwadya, C. R. (2016). *Analisa Pengaplikasian Sistem 'KERS' pada Bus Transjakarta dengan Sistem Penyimpanan pada Baterai*. Surabaya: Teknik Mesin ITS.
- BJ, Z. (2014). *Kompas*. Retrieved Februari 2020, from <https://bandung.kompas.com/read/2014/02/07/1839185/Mobilitas.Penduduk.Jakarta.Sangat.Bergantung.pada.Mobil.Pribadi?page=all#page2>
- Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., & Ebrahimi, K. (2018). *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles* (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Hasoloan, N. (2019). *Analisis Pengelolaan Energi dan Konsumsi Bahan Bakar pada Kendaraan Hibrid*. Surabaya: Teknik Mesin ITS.
- Mashadi, B., & Crolla, D. (2012). *Vehicle Powertrain Systems*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.
- Perdana, P. B. (2018). *Analisa Penggunaan Regenerative Brake pada Mobil Multiguna Pedesaan Bertenaga Listrik*. Surabaya: Teknik Mesin ITS.
- Pradityo, S. (2016). *Detik*. Retrieved Februari 2020, from <https://news.detik.com/x/detail/intermeso/20161025/Benarkah-Indonesia-Kaya-Migas/>
- Skoda-storyboard*. (2019). Retrieved Februari 2020, from <https://www.skoda-storyboard.com/en/innovation/mobility/purchase-subsidies-zero-rate-tax-and-toll-free-travel-how-to->

incentivise-emobility/attachment/emobility-map-europe-english/

Sutantra, I. N. (2015). *Teknologi Otomotif Hybrid* (1st ed.). Surabaya: Widya Guna.

Tim Molina. (n.d.). *PUI SKO*. Retrieved Februari 2020, from <http://sko.its.ac.id/ezyy-ii/>

Xiao, B., Lu, H., Wang, H., Ruan, J., & Zhang, N. (2017). Enhanced Regenerative Braking Strategies for Electric Vehicles: Dynamic Performance and Potential Analysis . 20.

Yoga, N. B. (2019). *Desain dan Analisis Sistem Tenaga dan Transmisi pada Mobil Bertenaga Listrik EZZY ITS II*. Surabaya: Teknik Mesin ITS.

LAMPIRAN

16. 13H) United Nations Regulation No. 13-H, Uniform provisions concerning the approval of passenger cars with regard to braking

11 May 1998

ENTRY INTO FORCE:	11 May 1998, in accordance with article 1(4).
REGISTRATION:	11 May 1998, No. 4789.
STATUS:	Parties: See XI-B-16. ¹
TEXT:	United Nations, <i>Treaty Series</i> , vol. 2016, p. 15; C.N.419.2000.TREATIES-1 of 27 June 2000 and doc.TRANS/WP.29/799 (supplement 1 to the original); C.N.897.2000.TREATIES-1 of 27 September 2000 and doc. TRANS/WP.29/736 (modification); C.N.788.2001.TREATIES-1 of 20 August 2001 and doc. TRANS/WP.29/795 (supplement 2 to the original) and C.N.207.2002.TREATIES-1 of 6 March 2002 (adoption); C.N.784.2002.TREATIES-1 of 1 August 2002 and doc. TRANS/WP.29/864 (modification); C.N.364.2003.TREATIES-1 of 8 May 2003 and doc. TRANS/WP.29/812 (modification); C.N.440.2004.TREATIES-1 of 13 May 2004 and doc.TRANS/WP.29/997 (procès-verbal concerning certain modifications); C.N.1064.2004.TREATIES-1 of 4 October 2004 and doc. TRANS/WP.29/1019 (supplement 3 to the original) and C.N.254.2005.TREATIES-1 of 8 April 2005 (adoption); C.N.1163.2006.TREATIES-1 of 11 December 2006 and doc. ECE/TRANS/WP.29/2006/141 (supplement 4 to the original) and C.N.681.2007.TREATIES-2 of 5 July 2007 (adoption); C.N.563.2007.TREATIES-1 of 10 May 2007 and doc. ECE/TRANS/WP.29/2007/3 + Corr.1 (supplement 5 to the original) and C.N.1078.2007.TREATIES-2 of 12 November 2007 (adoption); C.N.284.2008.TREATIES-1 of 15 April 2008 and doc. ECE/TRANS/WP.29/2008/3 + amendment referred to in para. 33 of the report of the session (supplement 6 to the original) and C.N.787.2008.TREATIES-2 of 28 October 2008 (adoption); C.N.32.2009.TREATIES-1 of 22 January 2009 and doc. ECE/TRANS/WP.29/2008/81 + Corr.1 (supplement 7 to the original) and C.N.432.2009.TREATIES-3 of 22 July 2009 (adoption); C.N.203.2009.TREATIES-2 of 24 April 2009 and doc. ECE/TRANS/WP.29/2009/6 (supplement 8 to the original) and C.N.757.2009.TREATIES-5 of 27 October 2009 (adoption); C.N.549.2009.TREATIES-4 of 17 September 2009 (supplement 9 to the original); C.N.565.2009.TREATIES-5 of 17 September 2009 and doc. ECE/TRANS/WP.29/2009/62 (modifications); C.N.566.2009.TREATIES-5 of 17 September 2009 and doc. ECE/TRANS/WP.29/2009/63 (modifications); C.N.166.2010.TREATIES-1 of 18 March 2010 (adoption); C.N.300.2010.TREATIES-2 of 9 June 2010 and doc. ECE/TRANS/WP.29/2010/4 and Corr.1 (supplement 10 to 00) (proposal of amendments) and C.N.717.2010.TREATIES-4 (adoption); C.N.455.2010.TREATIES-3 of 30 July 2010 and doc. ECE/TRANS/WP.29/2010/65 (supplement 11) (proposal of amendments) and C.N.17.2011.TREATIES-1 (adoption); C.N.214.2011.TREATIES-2 of 28 April 2011 (proposal of amendments) and doc. ECE/TRANS/WP.29/2011/5 (Supplement 12) and C.N.717.2011.TREATIES-4 of 2 November 2011 (adoption); C.N.662.2011.TREATIES-3 of 13 October 2011 (proposal of amendments) and C.N.192.2012.TREATIES-XLB.16.13H of 14 April 2012 (adoption); C.N.789.2011.TREATIES-5 of 5 January 2012 (modifications); C.N.2.2012.TREATIES-1 of 27 January 2012 (corrections); C.N.257.2012.TREATIES-XLB.16.13H of 18 May 2012 (corrections); C.N.391.2012.TREATIES-XLB.16.13H of 27 July 2012 (proposal of amendments) and C.N.123.2013.TREATIES-XLB.16.13H of 30 January 2013 (adoption); C.N.506.2013.TREATIES-XLB.16.13H of 13 August 2013 (proposal of amendments) and C.N.67.2014.TREATIES-XLB.16.13H of 19 February 2014 (adoption); C.N.761.2014.TREATIES-XLB.16.13H of 15 December 2014 (proposal of amendments) and C.N.335.2015.TREATIES-XLB.16.13H of 19 June 2015 (adoption); C.N.521.2016.TREATIES-XLB.16.13H of 9 August 2016 (proposal of amendments) and C.N.72.2017.TREATIES-XLB.16.13H of 17 February 2017 (adoption); C.N.498.2018.TREATIES-XLB.16.13H of 29 October 2018 (Amendments); C.N.609.2018.TREATIES-XLB.16.13H of 9 January 2019 (Amendments). ²

Contracting Parties applying Regulation No. 13H

<i>Participant'</i>	<i>Application of regulation, Succession(d)</i>	<i>Participant'</i>	<i>Application of regulation, Succession(d)</i>
Austria.....	11 May 1998	Azerbaijan.....	15 Apr 2002

XI B 16 13H. TRANSPORT AND COMMUNICATIONS - ROAD TRAFFIC 1

<i>Participant¹</i>	<i>Application of regulation, Succession(d)</i>	<i>Participant¹</i>	<i>Application of regulation, Succession(d)</i>
Belarus.....	11 May 1998	Montenegro ³	23 Oct 2006 d
Belgium.....	11 May 1998	Netherlands.....	11 May 1998
Bosnia and Herzegovina.....	11 May 1998	North Macedonia.....	11 May 1998
Bulgaria.....	22 Nov 1999	Norway.....	11 May 1998
Croatia.....	11 May 1998	Pakistan.....	24 Feb 2020
Czech Republic.....	11 May 1998	Poland.....	11 May 1998
Denmark.....	11 May 1998	Portugal.....	11 May 1998
Egypt.....	5 Dec 2012	Republic of Moldova.....	21 Sep 2016
Estonia.....	11 May 1998	Romania.....	11 May 1998
European Union ¹	15 May 2001	Russian Federation.....	11 May 1998
Finland.....	11 May 1998	San Marino.....	27 Nov 2015
France.....	11 May 1998	Serbia.....	11 May 1998
Germany.....	11 May 1998	Slovakia.....	11 May 1998
Greece.....	11 May 1998	Slovenia.....	11 May 1998
Hungary.....	11 May 1998	South Africa.....	18 Apr 2001
Italy.....	11 May 1998	Spain.....	11 May 1998
Japan.....	25 Sep 1998	Sweden.....	11 May 1998
Latvia.....	19 Nov 1998	Switzerland.....	11 May 1998
Lithuania.....	28 Jan 2002	Turkey.....	11 May 1998
Luxembourg.....	11 May 1998	Ukraine.....	9 Aug 2002
Malaysia.....	3 Feb 2006	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.....	11 May 1998

Notes:

¹ The Regulation enters into force for all Contracting Parties to the Agreement which did not notify their disagreement thereto, in accordance with 1 (4). The date listed under "*Application of regulation*" reflects the date of the entry into force of the Regulation for those States parties to the Agreement, at the time of the entry into force of the Regulation, which did not notify their disagreement thereto, in accordance with article 1(4) of the Agreement.

States parties to the Agreement not applying the Regulation may, at any time, notify the Secretary-General that they intend to apply it, and the Regulation will then enter into force for such States on the sixtieth day after such notification, in accordance with article 1(7) of the Agreement. For these States, the date listed under "*Application of regulation*" is the date of deposit of the notification.

States that become parties to the Agreement subsequent to the entry into force of the Regulation, which do not notify their disagreement thereto, apply the Regulation as from the date of entry into force of the Agreement for such States. In these cases, the date listed under "*Application of regulation*" reflects the date of deposit of the instrument of accession to the Agreement.

Following is the list of Contracting Parties that notified their objection to draft Regulation No. 13H, pursuant to article 1 (4);

or declared the non-application of Regulation No. 13H, pursuant to article 1(5):

<i>Participant:</i>	<i>Date of the notification:</i>
European Community*	23 Jan 1998
Australia**	25 Feb 2000
Ukraine***	1 May 2000
New Zealand****	27 Nov 2001
Thailand	2 Mar 2006

*The European Community implicitly notified its non-application of Regulation No. 13H upon accession by virtue of its declaration restricting its application to those Regulations in force at the date of accession, i.e. 23 January 1998. Regulation No. 13H was not in force at that time, but had been circulated as a draft Regulation, pursuant to article 1(5) of the Agreement. In a communication dated 16 April 1999, the European Community subsequently confirmed its intention to reserve its position with regard to the entry into force of the Regulation for the European Community. See declaration made by the European Community upon accession to the Agreement in chapter XI.B.16.

**See declaration made by Australia upon accession to the Agreement in chapter XI.B.16.

***See declaration made by Ukraine upon accession to the Agreement in chapter XI.B.16.

****In a communication received on 18 January 2002, the Government of New Zealand, in connection with its accession to the Agreement, clarified its intention to apply certain Regulations annexed to the Agreement. By notifying the application of certain Regulations, the Government of New Zealand implicitly notified the non-application of those Regulations not specified, in accordance with article 1(5) of the Agreement. See declaration made by New Zealand upon accession to the Agreement in chapter XI.B.16.

² For additional references to the texts of the annexed regulations and their amendments, see doc. TRANS/WP.29/343 as up-dated annually.

³ See note 1 under "Montenegro" in the "Historical Information" section in the front matter of this volume.

Driving Cycle Prius							
time (s)	v (km/h)	F _w (N)	F _r (N)	F _i (N)	RHP (KW)	E _b (J)	E _k (J)
1	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
2	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
3	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
6	1	0,03	298,32	1055,64	0,38	0,00	-757,73
7	3	0,30	298,50	1055,64	1,13	0,00	-1515,47

8	5	0,83	298,69	1055,64	1,88	0,00	-2273,20
9	7	1,62	298,88	1055,64	2,64	0,00	-3030,93
10	9	2,69	299,06	527,82	2,07	0,00	-1799,62
11	10	3,32	299,16	1055,64	3,77	0,00	-4167,54
12	12	4,77	299,34	527,82	2,77	0,00	-2367,92
13	13	5,60	299,44	527,82	3,01	0,00	-2557,35
14	14	6,50	299,53	527,82	3,24	0,00	-2746,78
15	15	7,46	299,62	527,82	3,48	0,00	-2936,22
16	16	8,49	149,86	0,00	0,70	0,00	0,00
17	16	8,49	299,72	-527,82	-0,98	1138,54	2936,22
18	15	7,46	299,62	-527,82	-0,92	1072,83	2746,78
19	14	6,50	299,53	-1055,64	-2,92	3400,37	4925,27
20	12	4,77	299,34	-527,82	-0,75	869,79	2178,48
21	11	4,01	149,62	0,00	0,47	0,00	0,00
22	11	4,01	299,25	527,82	2,54	0,00	-2178,48
23	12	4,77	299,34	527,82	2,77	0,00	-2367,92
24	13	5,60	299,44	527,82	3,01	0,00	-2557,35
25	14	6,50	149,76	0,00	0,61	0,00	0,00
26	14	6,50	299,53	-527,82	-0,86	1006,09	2557,35
27	13	5,60	299,44	-527,82	-0,80	938,39	2367,92
28	12	4,77	299,34	-1055,64	-2,51	2922,03	4167,54
29	10	3,32	299,16	-527,82	-0,63	730,16	1799,62
30	9	2,69	299,06	-527,82	-0,57	659,25	1610,18
31	8	2,12	149,48	0,00	0,34	0,00	0,00
32	8	2,12	298,97	1583,46	4,19	0,00	-5398,85
33	11	4,01	299,25	1055,64	4,15	0,00	-4546,40
34	13	5,60	299,44	1055,64	4,91	0,00	-5304,14
35	15	7,46	299,62	1583,46	7,88	0,00	-9376,95
36	18	10,74	149,95	0,00	0,80	0,00	0,00
37	18	10,74	149,95	0,00	0,80	0,00	0,00
38	18	10,74	149,95	0,00	0,80	0,00	0,00
39	18	10,74	299,90	-527,82	-1,09	1266,62	3315,09
40	17	9,58	149,90	0,00	0,75	0,00	0,00
41	17	9,58	299,81	-527,82	-1,03	1203,16	3125,65
42	16	8,49	149,86	0,00	0,70	0,00	0,00
43	16	8,49	299,72	-527,82	-0,98	1138,54	2936,22
44	15	7,46	299,62	-527,82	-0,92	1072,83	2746,78
45	14	6,50	149,76	0,00	0,61	0,00	0,00
46	14	6,50	149,76	0,00	0,61	0,00	0,00
47	14	6,50	299,53	-527,82	-0,86	1006,09	2557,35
48	13	5,60	299,44	-527,82	-0,80	938,39	2367,92
49	12	4,77	149,67	0,00	0,51	0,00	0,00
50	12	4,77	299,34	-1583,46	-4,26	4974,28	5967,15
51	9	2,69	299,06	-527,82	-0,57	659,25	1610,18
52	8	2,12	298,97	-1055,64	-1,68	1955,86	2652,07
53	6	1,19	298,78	-1055,64	-1,26	1469,06	1894,33
54	4	0,53	298,60	527,82	0,92	0,00	-852,45
55	5	0,83	298,69	527,82	1,15	0,00	-1041,88
56	6	1,19	298,78	2639,10	4,90	0,00	-8050,92
57	11	4,01	299,25	2111,28	7,38	0,00	-9850,54

58	15	7,46	299,62	2639,10	12,28	0,00	-16575,43
59	20	13,26	300,09	2639,10	16,40	0,00	-21311,26
60	25	20,72	300,55	2111,28	16,89	0,00	-20458,81
61	29	27,88	300,93	1583,46	15,41	0,00	-17333,16
62	32	33,95	301,21	1583,46	17,06	0,00	-19038,06
63	35	40,61	301,49	1055,64	13,59	0,00	-13639,21
64	37	45,39	301,67	527,82	8,99	0,00	-7103,75
65	38	47,87	301,77	-527,82	-1,88	2193,85	7103,75
66	37	45,39	301,67	-527,82	-1,86	2167,04	6914,32
67	36	42,97	301,58	-527,82	-1,83	2137,79	6724,89
68	35	40,61	301,49	-1055,64	-6,94	8091,86	12881,47
69	33	36,10	301,30	-1055,64	-6,58	7679,67	12123,74
70	31	31,86	301,11	-527,82	-1,68	1957,11	5777,72
71	30	29,84	301,02	-1055,64	-6,04	7045,15	10987,14
72	28	25,99	150,42	0,00	1,37	0,00	0,00
73	28	25,99	300,83	-527,82	-1,56	1823,49	5209,42
74	27	24,17	300,74	-3166,92	-21,32	24862,85	27278,41
75	21	14,62	300,18	-3166,92	-16,64	19406,55	20458,81
76	15	7,46	299,62	-2639,10	-9,72	11334,04	11839,59
77	10	3,32	149,58	0,00	0,42	0,00	0,00
78	10	3,32	299,16	527,82	2,31	0,00	-1989,05
79	11	4,01	299,25	2639,10	8,99	0,00	-12786,76
80	16	8,49	299,72	2639,10	13,10	0,00	-17522,59
81	21	14,62	300,18	2111,28	14,15	0,00	-17427,88
82	25	20,72	150,28	0,00	1,19	0,00	0,00
83	25	20,72	300,55	-1055,64	-5,10	5948,58	9092,80
84	23	17,54	300,37	-2639,10	-14,83	17298,19	19416,93
85	18	10,74	299,90	-1583,46	-6,36	7423,35	9376,95
86	15	7,46	299,62	-527,82	-0,92	1072,83	2746,78
87	14	6,50	299,53	1055,64	5,30	0,00	-5683,00
88	16	8,49	299,72	2111,28	10,75	0,00	-13639,21
89	20	13,26	300,09	2111,28	13,47	0,00	-16670,14
90	24	19,10	300,46	2111,28	16,21	0,00	-19701,08
91	28	25,99	300,83	2111,28	18,96	0,00	-22732,01
92	32	33,95	301,21	1583,46	17,06	0,00	-19038,06
93	35	40,61	301,49	527,82	8,46	0,00	-6724,89
94	36	42,97	150,79	0,00	1,94	0,00	0,00
95	36	42,97	150,79	0,00	1,94	0,00	0,00
96	36	42,97	301,58	-527,82	-1,83	2137,79	6724,89
97	35	40,61	301,49	-527,82	-1,81	2106,16	6535,45
98	34	38,33	301,39	527,82	8,19	0,00	-6535,45
99	35	40,61	301,49	527,82	8,46	0,00	-6724,89
100	36	42,97	301,58	1055,64	14,00	0,00	-14018,07
101	38	47,87	301,77	1055,64	14,83	0,00	-14775,81
102	40	53,05	301,95	-527,82	-1,92	2239,87	7482,62
103	39	50,43	150,93	0,00	2,18	0,00	0,00
104	39	50,43	301,86	-527,82	-1,90	2218,14	7293,19
105	38	47,87	301,77	-1055,64	-7,45	8692,61	14018,07
106	36	42,97	301,58	-2111,28	-17,67	20607,97	25762,95
107	32	33,95	301,21	-1583,46	-11,10	12942,91	17333,16

108	29	27,88	300,93	-2111,28	-14,36	16748,73	20458,81
109	25	20,72	300,55	-2639,10	-16,10	18775,09	21311,26
110	20	13,26	300,09	-2111,28	-9,99	11651,03	13639,21
111	16	8,49	299,72	-527,82	-0,98	1138,54	2936,22
112	15	7,46	299,62	1583,46	7,88	0,00	-9376,95
113	18	10,74	299,90	2639,10	14,75	0,00	-19416,93
114	23	17,54	300,37	2111,28	15,52	0,00	-18943,34
115	27	24,17	300,74	1583,46	14,31	0,00	-16196,56
116	30	29,84	301,02	1055,64	11,56	0,00	-11744,87
117	32	33,95	301,21	527,82	7,67	0,00	-6156,59
118	33	36,10	150,65	0,00	1,71	0,00	0,00
119	33	36,10	301,30	-1583,46	-11,42	13323,34	17901,46
120	30	29,84	301,02	-2111,28	-14,84	17306,36	21216,54
121	26	22,41	300,65	-3166,92	-20,54	23957,59	26141,81
122	20	13,26	300,09	-2639,10	-12,92	15071,43	16575,43
123	15	7,46	299,62	-1583,46	-5,32	6203,43	7672,05
124	12	4,77	299,34	1055,64	4,53	0,00	-4925,27
125	14	6,50	299,53	3166,92	13,51	0,00	-19322,21
126	20	13,26	300,09	2639,10	16,40	0,00	-21311,26
127	25	20,72	300,55	1583,46	13,23	0,00	-15059,96
128	28	25,99	150,42	0,00	1,37	0,00	0,00
129	28	25,99	150,42	0,00	1,37	0,00	0,00
130	28	25,99	300,83	1055,64	10,75	0,00	-10987,14
131	30	29,84	301,02	1583,46	15,95	0,00	-17901,46
132	33	36,10	301,30	1055,64	12,77	0,00	-12881,47
133	35	40,61	301,49	527,82	8,46	0,00	-6724,89
134	36	42,97	150,79	0,00	1,94	0,00	0,00
135	36	42,97	150,79	0,00	1,94	0,00	0,00
136	36	42,97	301,58	-527,82	-1,83	2137,79	6724,89
137	35	40,61	301,49	-1583,46	-12,07	14077,57	19038,06
138	32	33,95	301,21	-1583,46	-11,10	12942,91	17333,16
139	29	27,88	300,93	-527,82	-1,60	1869,98	5398,85
140	28	25,99	300,83	-527,82	-1,56	1823,49	5209,42
141	27	24,17	300,74	-527,82	-1,52	1775,13	5019,99
142	26	22,41	300,65	-1055,64	-5,29	6171,50	9471,67
143	24	19,10	300,46	-1055,64	-4,91	5724,00	8713,94
144	22	16,05	150,14	0,00	1,02	0,00	0,00
145	22	16,05	300,27	-527,82	-1,29	1507,62	4072,82
146	21	14,62	300,18	-527,82	-1,24	1449,43	3883,39
147	20	13,26	150,04	0,00	0,91	0,00	0,00
148	20	13,26	300,09	-527,82	-1,19	1389,82	3693,95
149	19	11,97	299,99	1055,64	7,22	0,00	-7577,34
150	21	14,62	300,18	527,82	4,92	0,00	-4072,82
151	22	16,05	150,14	0,00	1,02	0,00	0,00
152	22	16,05	150,14	0,00	1,02	0,00	0,00
153	22	16,05	150,14	0,00	1,02	0,00	0,00
154	22	16,05	150,14	0,00	1,02	0,00	0,00
155	22	16,05	300,27	2111,28	14,84	0,00	-18185,61
156	26	22,41	300,65	2111,28	17,58	0,00	-21216,54
157	30	29,84	301,02	2639,10	24,75	0,00	-30782,93

158	35	40,61	301,49	2111,28	23,85	0,00	-28036,15
159	39	50,43	301,86	2111,28	26,69	0,00	-31067,08
160	43	61,30	302,23	1583,46	23,26	0,00	-25289,36
161	46	70,15	302,51	1583,46	25,00	0,00	-26994,26
162	49	79,60	302,79	1055,64	19,57	0,00	-18943,34
163	51	86,23	302,98	1583,46	27,95	0,00	-29835,77
164	54	96,68	303,26	527,82	13,92	0,00	-10324,12
165	55	100,29	303,35	-527,82	-1,90	2212,99	10324,12
166	54	96,68	303,26	-527,82	-1,92	2237,61	10134,69
167	53	93,13	151,58	0,00	3,60	0,00	0,00
168	53	93,13	303,16	527,82	13,61	0,00	-10134,69
169	54	96,68	303,26	-527,82	-1,92	2237,61	10134,69
170	53	93,13	303,16	-527,82	-1,94	2258,69	9945,26
171	52	89,65	151,54	0,00	3,48	0,00	0,00
172	52	89,65	303,07	527,82	13,30	0,00	-9945,26
173	53	93,13	303,16	527,82	13,61	0,00	-10134,69
174	54	96,68	303,26	527,82	13,92	0,00	-10324,12
175	55	100,29	303,35	527,82	14,23	0,00	-10513,56
176	56	103,97	303,44	-1055,64	-10,08	11761,89	20837,68
177	54	96,68	303,26	-1055,64	-9,84	11472,70	20079,94
178	52	89,65	303,07	-1583,46	-17,20	20062,40	28699,17
179	49	79,60	302,79	-2639,10	-30,72	35828,85	44043,27
180	44	64,19	302,32	-3166,92	-34,23	39924,16	46600,62
181	38	47,87	301,77	-2111,28	-18,60	21690,14	27278,41
182	34	38,33	301,39	-1583,46	-11,75	13701,58	18469,76
183	31	31,86	301,11	-2639,10	-19,86	23163,61	26994,26
184	26	22,41	300,65	-3166,92	-20,54	23957,59	26141,81
185	20	13,26	300,09	-1583,46	-7,06	8230,63	10513,56
186	17	9,58	299,81	-3166,92	-13,49	15739,87	15912,41
187	11	4,01	299,25	-2111,28	-5,52	6444,02	6819,60
188	7	1,62	298,88	-2639,10	-4,55	5304,14	4262,15
189	2	0,13	298,41	-527,82	-0,13	148,58	284,25
190	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
191	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
192	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
193	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
194	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
195	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
196	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
197	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
198	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
199	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
200	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
201	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
202	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
203	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
204	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
205	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
206	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
207	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72

208	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
209	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
210	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
211	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
212	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
213	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
214	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
215	0	0,00	298,22	1055,64	0,00	0,00	-378,87
216	2	0,13	298,41	1583,46	1,05	0,00	-1989,05
217	5	0,83	298,69	2111,28	3,35	0,00	-5304,14
218	9	2,69	299,06	1055,64	3,39	0,00	-3788,67
219	11	4,01	299,25	1583,46	5,77	0,00	-7103,75
220	14	6,50	299,53	1583,46	7,35	0,00	-8808,65
221	17	9,58	299,81	1583,46	8,94	0,00	-10513,56
222	20	13,26	300,09	1583,46	10,54	0,00	-12218,46
223	23	17,54	150,18	0,00	1,07	0,00	0,00
224	23	17,54	300,37	1055,64	8,78	0,00	-9092,80
225	25	20,72	300,55	1583,46	13,23	0,00	-15059,96
226	28	25,99	300,83	1055,64	10,75	0,00	-10987,14
227	30	29,84	301,02	1055,64	11,56	0,00	-11744,87
228	32	33,95	301,21	527,82	7,67	0,00	-6156,59
229	33	36,10	301,30	527,82	7,93	0,00	-6346,02
230	34	38,33	150,70	0,00	1,79	0,00	0,00
231	34	38,33	301,39	-1583,46	-11,75	13701,58	18469,76
232	31	31,86	301,11	-1055,64	-6,22	7258,74	11366,01
233	29	27,88	300,93	-527,82	-1,60	1869,98	5398,85
234	28	25,99	150,42	0,00	1,37	0,00	0,00
235	28	25,99	300,83	-1583,46	-9,77	11400,62	15059,96
236	25	20,72	300,55	-1055,64	-5,10	5948,58	9092,80
237	23	17,54	300,37	-1055,64	-4,71	5497,80	8335,07
238	21	14,62	300,18	-2639,10	-13,56	15815,12	17522,59
239	16	8,49	299,72	-1055,64	-3,32	3874,86	5683,00
240	14	6,50	299,53	-1055,64	-2,92	3400,37	4925,27
241	12	4,77	299,34	1055,64	4,53	0,00	-4925,27
242	14	6,50	299,53	1055,64	5,30	0,00	-5683,00
243	16	8,49	299,72	2111,28	10,75	0,00	-13639,21
244	20	13,26	300,09	2111,28	13,47	0,00	-16670,14
245	24	19,10	300,46	1583,46	12,69	0,00	-14491,66
246	27	24,17	300,74	1583,46	14,31	0,00	-16196,56
247	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
248	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
249	30	29,84	301,02	1055,64	11,56	0,00	-11744,87
250	32	33,95	301,21	1583,46	17,06	0,00	-19038,06
251	35	40,61	301,49	1583,46	18,72	0,00	-20742,96
252	38	47,87	301,77	1583,46	20,41	0,00	-22447,86
253	41	55,73	302,04	527,82	10,09	0,00	-7861,49
254	42	58,48	302,14	527,82	10,37	0,00	-8050,92
255	43	61,30	302,23	-527,82	-1,96	2288,95	8050,92
256	42	58,48	302,14	-1583,46	-14,27	16641,02	23016,16
257	39	50,43	301,86	-2111,28	-19,06	22227,50	28036,15

258	35	40,61	301,49	-527,82	-1,81	2106,16	6535,45
259	34	38,33	301,39	-1055,64	-6,76	7886,89	12502,61
260	32	33,95	301,21	-527,82	-1,71	1997,62	5967,15
261	31	31,86	301,11	-527,82	-1,68	1957,11	5777,72
262	30	29,84	301,02	-1055,64	-6,04	7045,15	10987,14
263	28	25,99	150,42	0,00	1,37	0,00	0,00
264	28	25,99	300,83	1583,46	14,86	0,00	-16764,86
265	31	31,86	301,11	1583,46	16,50	0,00	-18469,76
266	34	38,33	301,39	1583,46	18,16	0,00	-20174,66
267	37	45,39	301,67	527,82	8,99	0,00	-7103,75
268	38	47,87	301,77	527,82	9,26	0,00	-7293,19
269	39	50,43	301,86	527,82	9,54	0,00	-7482,62
270	40	53,05	301,95	1055,64	15,68	0,00	-15533,54
271	42	58,48	302,14	1055,64	16,52	0,00	-16291,28
272	44	64,19	302,32	527,82	10,93	0,00	-8429,79
273	45	67,14	302,42	-527,82	-1,98	2307,61	8429,79
274	44	64,19	302,32	527,82	10,93	0,00	-8429,79
275	45	67,14	302,42	527,82	11,22	0,00	-8619,22
276	46	70,15	302,51	1055,64	18,25	0,00	-17806,74
277	48	76,39	151,35	0,00	3,04	0,00	0,00
278	48	76,39	302,70	-527,82	-1,98	2313,25	8998,09
279	47	73,24	151,30	0,00	2,93	0,00	0,00
280	47	73,24	302,60	-527,82	-1,98	2314,44	8808,65
281	46	70,15	151,26	0,00	2,83	0,00	0,00
282	46	70,15	151,26	0,00	2,83	0,00	0,00
283	46	70,15	151,26	0,00	2,83	0,00	0,00
284	46	70,15	151,26	0,00	2,83	0,00	0,00
285	46	70,15	151,26	0,00	2,83	0,00	0,00
286	46	70,15	302,51	-1055,64	-8,73	10179,46	17049,01
287	44	64,19	302,32	-1583,46	-14,88	17349,50	24152,76
288	41	55,73	302,04	-1055,64	-7,95	9270,78	15154,67
289	39	50,43	301,86	-527,82	-1,90	2218,14	7293,19
290	38	47,87	301,77	527,82	9,26	0,00	-7293,19
291	39	50,43	301,86	1055,64	15,25	0,00	-15154,67
292	41	55,73	302,04	1055,64	16,10	0,00	-15912,41
293	43	61,30	302,23	1583,46	23,26	0,00	-25289,36
294	46	70,15	302,51	527,82	11,51	0,00	-8808,65
295	47	73,24	302,60	1583,46	25,58	0,00	-27562,56
296	50	82,88	302,88	527,82	12,69	0,00	-9566,39
297	51	86,23	302,98	527,82	12,99	0,00	-9755,82
298	52	89,65	303,07	-1055,64	-9,58	11169,35	19322,21
299	50	82,88	302,88	-527,82	-1,97	2301,34	9376,95
300	49	79,60	302,79	-527,82	-1,98	2308,90	9187,52
301	48	76,39	151,35	0,00	3,04	0,00	0,00
302	48	76,39	302,70	527,82	12,09	0,00	-9187,52
303	49	79,60	302,79	527,82	12,39	0,00	-9376,95
304	50	82,88	302,88	527,82	12,69	0,00	-9566,39
305	51	86,23	302,98	527,82	12,99	0,00	-9755,82
306	52	89,65	151,54	0,00	3,48	0,00	0,00
307	52	89,65	303,07	-527,82	-1,95	2276,30	9755,82

308	51	86,23	151,49	0,00	3,37	0,00	0,00
309	51	86,23	302,98	-527,82	-1,96	2290,49	9566,39
310	50	82,88	302,88	-527,82	-1,97	2301,34	9376,95
311	49	79,60	302,79	-1583,46	-16,35	19068,88	26994,26
312	46	70,15	302,51	-1055,64	-8,73	10179,46	17049,01
313	44	64,19	151,16	0,00	2,63	0,00	0,00
314	44	64,19	302,32	-527,82	-1,97	2299,73	8240,35
315	43	61,30	151,12	0,00	2,54	0,00	0,00
316	43	61,30	302,23	-527,82	-1,96	2288,95	8050,92
317	42	58,48	302,14	-1055,64	-8,11	9458,18	15533,54
318	40	53,05	301,95	-527,82	-1,92	2239,87	7482,62
319	39	50,43	301,86	-1055,64	-7,62	8887,93	14396,94
320	37	45,39	301,67	-1055,64	-7,28	8494,79	13639,21
321	35	40,61	301,49	-1055,64	-6,94	8091,86	12881,47
322	33	36,10	150,65	0,00	1,71	0,00	0,00
323	33	36,10	150,65	0,00	1,71	0,00	0,00
324	33	36,10	301,30	527,82	7,93	0,00	-6346,02
325	34	38,33	301,39	527,82	8,19	0,00	-6535,45
326	35	40,61	150,74	0,00	1,86	0,00	0,00
327	35	40,61	150,74	0,00	1,86	0,00	0,00
328	35	40,61	301,49	527,82	8,46	0,00	-6724,89
329	36	42,97	301,58	-527,82	-1,83	2137,79	6724,89
330	35	40,61	301,49	-527,82	-1,81	2106,16	6535,45
331	34	38,33	301,39	-527,82	-1,78	2072,21	6346,02
332	33	36,10	301,30	1055,64	12,77	0,00	-12881,47
333	35	40,61	301,49	527,82	8,46	0,00	-6724,89
334	36	42,97	301,58	1055,64	14,00	0,00	-14018,07
335	38	47,87	301,77	527,82	9,26	0,00	-7293,19
336	39	50,43	301,86	527,82	9,54	0,00	-7482,62
337	40	53,05	150,98	0,00	2,27	0,00	0,00
338	40	53,05	301,95	-1055,64	-7,79	9080,67	14775,81
339	38	47,87	150,88	0,00	2,10	0,00	0,00
340	38	47,87	301,77	527,82	9,26	0,00	-7293,19
341	39	50,43	301,86	527,82	9,54	0,00	-7482,62
342	40	53,05	150,98	0,00	2,27	0,00	0,00
343	40	53,05	150,98	0,00	2,27	0,00	0,00
344	40	53,05	301,95	-1055,64	-7,79	9080,67	14775,81
345	38	47,87	301,77	-1055,64	-7,45	8692,61	14018,07
346	36	42,97	301,58	-527,82	-1,83	2137,79	6724,89
347	35	40,61	150,74	0,00	1,86	0,00	0,00
348	35	40,61	301,49	527,82	8,46	0,00	-6724,89
349	36	42,97	301,58	527,82	8,72	0,00	-6914,32
350	37	45,39	150,84	0,00	2,02	0,00	0,00
351	37	45,39	150,84	0,00	2,02	0,00	0,00
352	37	45,39	301,67	527,82	8,99	0,00	-7103,75
353	38	47,87	301,77	1055,64	14,83	0,00	-14775,81
354	40	53,05	301,95	1055,64	15,68	0,00	-15533,54
355	42	58,48	302,14	527,82	10,37	0,00	-8050,92
356	43	61,30	151,12	0,00	2,54	0,00	0,00
357	43	61,30	302,23	527,82	10,65	0,00	-8240,35

358	44	64,19	302,32	527,82	10,93	0,00	-8429,79
359	45	67,14	302,42	1055,64	17,82	0,00	-17427,88
360	47	73,24	151,30	0,00	2,93	0,00	0,00
361	47	73,24	302,60	-527,82	-1,98	2314,44	8808,65
362	46	70,15	302,51	-1055,64	-8,73	10179,46	17049,01
363	44	64,19	302,32	-3166,92	-34,23	39924,16	46600,62
364	38	47,87	301,77	-4222,56	-40,88	47685,21	51525,89
365	30	29,84	301,02	-2639,10	-19,24	22436,96	26047,10
366	25	20,72	300,55	-1055,64	-5,10	5948,58	9092,80
367	23	17,54	300,37	1055,64	8,78	0,00	-9092,80
368	25	20,72	300,55	527,82	5,90	0,00	-4830,55
369	26	22,41	300,65	527,82	6,15	0,00	-5019,99
370	27	24,17	150,37	0,00	1,31	0,00	0,00
371	27	24,17	150,37	0,00	1,31	0,00	0,00
372	27	24,17	150,37	0,00	1,31	0,00	0,00
373	27	24,17	150,37	0,00	1,31	0,00	0,00
374	27	24,17	300,74	-527,82	-1,52	1775,13	5019,99
375	26	22,41	300,65	527,82	6,15	0,00	-5019,99
376	27	24,17	300,74	1055,64	10,35	0,00	-10608,27
377	29	27,88	300,93	1055,64	11,15	0,00	-11366,01
378	31	31,86	150,56	0,00	1,57	0,00	0,00
379	31	31,86	301,11	527,82	7,41	0,00	-5967,15
380	32	33,95	150,60	0,00	1,64	0,00	0,00
381	32	33,95	301,21	-527,82	-1,71	1997,62	5967,15
382	31	31,86	301,11	-1583,46	-10,77	12560,36	16764,86
383	28	25,99	300,83	-1055,64	-5,67	6612,05	10229,41
384	26	22,41	150,32	0,00	1,25	0,00	0,00
385	26	22,41	300,65	527,82	6,15	0,00	-5019,99
386	27	24,17	300,74	1583,46	14,31	0,00	-16196,56
387	30	29,84	301,02	1055,64	11,56	0,00	-11744,87
388	32	33,95	301,21	1583,46	17,06	0,00	-19038,06
389	35	40,61	301,49	1055,64	13,59	0,00	-13639,21
390	37	45,39	150,84	0,00	2,02	0,00	0,00
391	37	45,39	301,67	-1583,46	-12,71	14822,53	20174,66
392	34	38,33	301,39	-527,82	-1,78	2072,21	6346,02
393	33	36,10	150,65	0,00	1,71	0,00	0,00
394	33	36,10	301,30	527,82	7,93	0,00	-6346,02
395	34	38,33	150,70	0,00	1,79	0,00	0,00
396	34	38,33	301,39	527,82	8,19	0,00	-6535,45
397	35	40,61	150,74	0,00	1,86	0,00	0,00
398	35	40,61	150,74	0,00	1,86	0,00	0,00
399	35	40,61	150,74	0,00	1,86	0,00	0,00
400	35	40,61	301,49	527,82	8,46	0,00	-6724,89
401	36	42,97	301,58	-527,82	-1,83	2137,79	6724,89
402	35	40,61	301,49	-1055,64	-6,94	8091,86	12881,47
403	33	36,10	301,30	-527,82	-1,75	2036,01	6156,59
404	32	33,95	301,21	-527,82	-1,71	1997,62	5967,15
405	31	31,86	150,56	0,00	1,57	0,00	0,00
406	31	31,86	301,11	527,82	7,41	0,00	-5967,15
407	32	33,95	301,21	1055,64	12,36	0,00	-12502,61

408	34	38,33	301,39	-527,82	-1,78	2072,21	6346,02
409	33	36,10	150,65	0,00	1,71	0,00	0,00
410	33	36,10	150,65	0,00	1,71	0,00	0,00
411	33	36,10	150,65	0,00	1,71	0,00	0,00
412	33	36,10	301,30	527,82	7,93	0,00	-6346,02
413	34	38,33	301,39	-527,82	-1,78	2072,21	6346,02
414	33	36,10	301,30	-527,82	-1,75	2036,01	6156,59
415	32	33,95	150,60	0,00	1,64	0,00	0,00
416	32	33,95	150,60	0,00	1,64	0,00	0,00
417	32	33,95	301,21	-527,82	-1,71	1997,62	5967,15
418	31	31,86	301,11	-527,82	-1,68	1957,11	5777,72
419	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
420	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
421	30	29,84	301,02	527,82	7,16	0,00	-5777,72
422	31	31,86	301,11	527,82	7,41	0,00	-5967,15
423	32	33,95	301,21	527,82	7,67	0,00	-6156,59
424	33	36,10	301,30	1055,64	12,77	0,00	-12881,47
425	35	40,61	301,49	1055,64	13,59	0,00	-13639,21
426	37	45,39	301,67	527,82	8,99	0,00	-7103,75
427	38	47,87	301,77	527,82	9,26	0,00	-7293,19
428	39	50,43	301,86	527,82	9,54	0,00	-7482,62
429	40	53,05	301,95	-527,82	-1,92	2239,87	7482,62
430	39	50,43	301,86	-527,82	-1,90	2218,14	7293,19
431	38	47,87	301,77	-1055,64	-7,45	8692,61	14018,07
432	36	42,97	150,79	0,00	1,94	0,00	0,00
433	36	42,97	301,58	527,82	8,72	0,00	-6914,32
434	37	45,39	301,67	-527,82	-1,86	2167,04	6914,32
435	36	42,97	301,58	-1583,46	-12,39	14451,24	19606,36
436	33	36,10	301,30	-1055,64	-6,58	7679,67	12123,74
437	31	31,86	301,11	527,82	7,41	0,00	-5967,15
438	32	33,95	301,21	1055,64	12,36	0,00	-12502,61
439	34	38,33	301,39	-527,82	-1,78	2072,21	6346,02
440	33	36,10	301,30	-3166,92	-25,94	30254,33	34098,02
441	27	24,17	300,74	-2639,10	-17,36	20245,31	23205,60
442	22	16,05	300,27	-2639,10	-14,20	16557,40	18469,76
443	17	9,58	299,81	-2111,28	-8,51	9925,19	11366,01
444	13	5,60	299,44	-1055,64	-2,71	3161,65	4546,40
445	11	4,01	299,25	-1583,46	-3,91	4562,80	5398,85
446	8	2,12	298,97	-1583,46	-2,85	3324,03	3693,95
447	5	0,83	298,69	-1055,64	-1,05	1224,96	1515,47
448	3	0,30	149,25	0,00	0,12	0,00	0,00
449	3	0,30	298,50	527,82	0,69	0,00	-663,02
450	4	0,53	298,60	527,82	0,92	0,00	-852,45
451	5	0,83	298,69	527,82	1,15	0,00	-1041,88
452	6	1,19	298,78	1055,64	2,26	0,00	-2652,07
453	8	2,12	298,97	1055,64	3,02	0,00	-3409,80
454	10	3,32	299,16	527,82	2,31	0,00	-1989,05
455	11	4,01	299,25	1055,64	4,15	0,00	-4546,40
456	13	5,60	299,44	1055,64	4,91	0,00	-5304,14
457	15	7,46	299,62	1055,64	5,68	0,00	-6061,87

458	17	9,58	299,81	2111,28	11,43	0,00	-14396,94
459	21	14,62	300,18	2111,28	14,15	0,00	-17427,88
460	25	20,72	300,55	527,82	5,90	0,00	-4830,55
461	26	22,41	300,65	-527,82	-1,48	1724,97	4830,55
462	25	20,72	150,28	0,00	1,19	0,00	0,00
463	25	20,72	150,28	0,00	1,19	0,00	0,00
464	25	20,72	300,55	527,82	5,90	0,00	-4830,55
465	26	22,41	300,65	-527,82	-1,48	1724,97	4830,55
466	25	20,72	300,55	-527,82	-1,43	1673,08	4641,12
467	24	19,10	300,46	-527,82	-1,39	1619,51	4451,69
468	23	17,54	300,37	527,82	5,40	0,00	-4451,69
469	24	19,10	300,46	527,82	5,65	0,00	-4641,12
470	25	20,72	150,28	0,00	1,19	0,00	0,00
471	25	20,72	300,55	527,82	5,90	0,00	-4830,55
472	26	22,41	300,65	-1583,46	-9,10	10618,02	13923,36
473	23	17,54	300,37	-1583,46	-8,09	9431,27	12218,46
474	20	13,26	300,09	-527,82	-1,19	1389,82	3693,95
475	19	11,97	150,00	0,00	0,85	0,00	0,00
476	19	11,97	299,99	527,82	4,43	0,00	-3693,95
477	20	13,26	300,09	527,82	4,67	0,00	-3883,39
478	21	14,62	300,18	1055,64	7,99	0,00	-8335,07
479	23	17,54	300,37	1583,46	12,15	0,00	-13923,36
480	26	22,41	300,65	1055,64	9,96	0,00	-10229,41
481	28	25,99	300,83	-1055,64	-5,67	6612,05	10229,41
482	26	22,41	300,65	-2111,28	-12,92	15064,54	18185,61
483	22	16,05	300,27	-1055,64	-4,52	5270,07	7956,20
484	20	13,26	300,09	-527,82	-1,19	1389,82	3693,95
485	19	11,97	299,99	1583,46	10,00	0,00	-11650,16
486	22	16,05	300,27	1055,64	8,38	0,00	-8713,94
487	24	19,10	300,46	-527,82	-1,39	1619,51	4451,69
488	23	17,54	300,37	-1583,46	-8,09	9431,27	12218,46
489	20	13,26	300,09	-1055,64	-4,12	4810,23	7198,47
490	18	10,74	299,90	-527,82	-1,09	1266,62	3315,09
491	17	9,58	149,90	0,00	0,75	0,00	0,00
492	17	9,58	299,81	-527,82	-1,03	1203,16	3125,65
493	16	8,49	149,86	0,00	0,70	0,00	0,00
494	16	8,49	299,72	527,82	3,72	0,00	-3125,65
495	17	9,58	299,81	1583,46	8,94	0,00	-10513,56
496	20	13,26	300,09	1583,46	10,54	0,00	-12218,46
497	23	17,54	300,37	2111,28	15,52	0,00	-18943,34
498	27	24,17	300,74	1583,46	14,31	0,00	-16196,56
499	30	29,84	301,02	527,82	7,16	0,00	-5777,72
500	31	31,86	301,11	-527,82	-1,68	1957,11	5777,72
501	30	29,84	301,02	-2111,28	-14,84	17306,36	21216,54
502	26	22,41	300,65	-527,82	-1,48	1724,97	4830,55
503	25	20,72	300,55	-1055,64	-5,10	5948,58	9092,80
504	23	17,54	300,37	-527,82	-1,34	1564,34	4262,25
505	22	16,05	300,27	-1055,64	-4,52	5270,07	7956,20
506	20	13,26	300,09	-527,82	-1,19	1389,82	3693,95
507	19	11,97	299,99	-527,82	-1,14	1328,87	3504,52

508	18	10,74	299,90	-527,82	-1,09	1266,62	3315,09
509	17	9,58	299,81	527,82	3,95	0,00	-3315,09
510	18	10,74	299,90	1055,64	6,83	0,00	-7198,47
511	20	13,26	300,09	1583,46	10,54	0,00	-12218,46
512	23	17,54	300,37	1055,64	8,78	0,00	-9092,80
513	25	20,72	300,55	1055,64	9,56	0,00	-9850,54
514	27	24,17	300,74	1055,64	10,35	0,00	-10608,27
515	29	27,88	300,93	-527,82	-1,60	1869,98	5398,85
516	28	25,99	300,83	-2111,28	-13,88	16189,18	19701,08
517	24	19,10	300,46	-1055,64	-4,91	5724,00	8713,94
518	22	16,05	300,27	527,82	5,16	0,00	-4262,25
519	23	17,54	300,37	1055,64	8,78	0,00	-9092,80
520	25	20,72	300,55	527,82	5,90	0,00	-4830,55
521	26	22,41	300,65	527,82	6,15	0,00	-5019,99
522	27	24,17	300,74	1055,64	10,35	0,00	-10608,27
523	29	27,88	300,93	527,82	6,90	0,00	-5588,29
524	30	29,84	301,02	-1583,46	-10,44	12175,75	16196,56
525	27	24,17	300,74	-1583,46	-9,44	11010,22	14491,66
526	24	19,10	300,46	1055,64	9,17	0,00	-9471,67
527	26	22,41	300,65	2111,28	17,58	0,00	-21216,54
528	30	29,84	301,02	527,82	7,16	0,00	-5777,72
529	31	31,86	301,11	-527,82	-1,68	1957,11	5777,72
530	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
531	30	29,84	301,02	527,82	7,16	0,00	-5777,72
532	31	31,86	301,11	527,82	7,41	0,00	-5967,15
533	32	33,95	301,21	-527,82	-1,71	1997,62	5967,15
534	31	31,86	301,11	-1055,64	-6,22	7258,74	11366,01
535	29	27,88	300,93	-1583,46	-10,11	11789,15	15628,26
536	26	22,41	300,65	-4222,56	-28,17	32850,64	33340,28
537	18	10,74	299,90	-3166,92	-14,28	16658,44	17049,01
538	12	4,77	299,34	-1055,64	-2,51	2922,03	4167,54
539	10	3,32	299,16	-1583,46	-3,56	4150,56	4830,55
540	7	1,62	298,88	-1583,46	-2,49	2909,86	3125,65
541	4	0,53	298,60	-1583,46	-1,43	1664,56	1420,75
542	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
543	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
544	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
545	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
546	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
547	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
548	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
549	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
550	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
551	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
552	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
553	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
554	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
555	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
556	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
557	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00

558	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
559	1	0,03	298,32	527,82	0,23	0,00	-284,15
560	2	0,13	298,41	527,82	0,46	0,00	-473,58
561	3	0,30	298,50	-527,82	-0,19	222,61	473,58
562	2	0,13	298,41	-1055,64	-0,42	490,62	378,87
563	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
564	1	0,03	149,16	0,00	0,04	0,00	0,00
565	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
566	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
567	1	0,03	149,16	0,00	0,04	0,00	0,00
568	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
569	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
570	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
571	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
572	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
573	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
574	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
575	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
576	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
577	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
578	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
579	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
580	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
581	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
582	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
583	1	0,03	149,16	0,00	0,04	0,00	0,00
584	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
585	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
586	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
587	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
588	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
589	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
590	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
591	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
592	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
593	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
594	1	0,03	149,16	0,00	0,04	0,00	0,00
595	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
596	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
597	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
598	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
599	1	0,03	149,16	0,00	0,04	0,00	0,00
600	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
601	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
602	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
603	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
604	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
605	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
606	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
607	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00

608	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
609	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
610	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
611	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
612	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
613	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
614	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
615	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
616	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
617	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
618	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
619	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
620	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
621	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
622	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
623	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
624	1	0,03	149,16	0,00	0,04	0,00	0,00
625	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
626	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
627	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
628	1	0,03	149,16	0,00	0,04	0,00	0,00
629	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
630	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
631	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
632	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
633	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
634	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
635	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
636	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
637	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
638	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
639	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
640	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
641	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
642	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
643	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
644	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
645	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
646	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
647	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
648	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
649	0	0,00	298,22	527,82	0,00	0,00	-94,72
650	1	0,03	298,32	-527,82	-0,06	74,35	94,72
651	0	0,00	298,22	1055,64	0,00	0,00	-378,87
652	2	0,13	298,41	2111,28	1,34	0,00	-3030,93
653	6	1,19	298,78	2639,10	4,90	0,00	-8050,92
654	11	4,01	299,25	2111,28	7,38	0,00	-9850,54
655	15	7,46	299,62	2111,28	10,08	0,00	-12881,47
656	19	11,97	299,99	1583,46	10,00	0,00	-11650,16
657	22	16,05	300,27	1055,64	8,38	0,00	-8713,94

658	24	19,10	300,46	527,82	5,65	0,00	-4641,12
659	25	20,72	300,55	-527,82	-1,43	1673,08	4641,12
660	24	19,10	150,23	0,00	1,13	0,00	0,00
661	24	19,10	300,46	-527,82	-1,39	1619,51	4451,69
662	23	17,54	300,37	527,82	5,40	0,00	-4451,69
663	24	19,10	150,23	0,00	1,13	0,00	0,00
664	24	19,10	150,23	0,00	1,13	0,00	0,00
665	24	19,10	300,46	-527,82	-1,39	1619,51	4451,69
666	23	17,54	300,37	527,82	5,40	0,00	-4451,69
667	24	19,10	300,46	1055,64	9,17	0,00	-9471,67
668	26	22,41	300,65	527,82	6,15	0,00	-5019,99
669	27	24,17	300,74	-527,82	-1,52	1775,13	5019,99
670	26	22,41	150,32	0,00	1,25	0,00	0,00
671	26	22,41	150,32	0,00	1,25	0,00	0,00
672	26	22,41	300,65	-527,82	-1,48	1724,97	4830,55
673	25	20,72	300,55	527,82	5,90	0,00	-4830,55
674	26	22,41	150,32	0,00	1,25	0,00	0,00
675	26	22,41	300,65	-527,82	-1,48	1724,97	4830,55
676	25	20,72	300,55	-527,82	-1,43	1673,08	4641,12
677	24	19,10	300,46	-527,82	-1,39	1619,51	4451,69
678	23	17,54	150,18	0,00	1,07	0,00	0,00
679	23	17,54	300,37	527,82	5,40	0,00	-4451,69
680	24	19,10	300,46	1055,64	9,17	0,00	-9471,67
681	26	22,41	300,65	1055,64	9,96	0,00	-10229,41
682	28	25,99	300,83	1055,64	10,75	0,00	-10987,14
683	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
684	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
685	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
686	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
687	30	29,84	301,02	527,82	7,16	0,00	-5777,72
688	31	31,86	150,56	0,00	1,57	0,00	0,00
689	31	31,86	301,11	-527,82	-1,68	1957,11	5777,72
690	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
691	30	29,84	150,51	0,00	1,50	0,00	0,00
692	30	29,84	301,02	527,82	7,16	0,00	-5777,72
693	31	31,86	150,56	0,00	1,57	0,00	0,00
694	31	31,86	301,11	527,82	7,41	0,00	-5967,15
695	32	33,95	301,21	527,82	7,67	0,00	-6156,59
696	33	36,10	301,30	-527,82	-1,75	2036,01	6156,59
697	32	33,95	301,21	-527,82	-1,71	1997,62	5967,15
698	31	31,86	301,11	-527,82	-1,68	1957,11	5777,72
699	30	29,84	301,02	-527,82	-1,64	1914,54	5588,29
700	29	27,88	300,93	-527,82	-1,60	1869,98	5398,85

Driving Cycle WLTP-1							
time (s)	v (km/h)	F _w (N)	F _r (N)	F _i (N)	RHP (KW)	E _b (J)	E _k (J)
1	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00

3	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0	0,00	298,22	105,56	0,00	0,00	-4,39
12	0,2	0,00	298,24	1530,68	0,10	0,00	-1051,47
13	3,1	0,32	298,51	1372,33	1,44	0,00	-2513,86
14	5,7	1,08	298,76	1213,99	2,40	0,00	-3462,05
15	8	2,12	298,97	1108,42	3,13	0,00	-4176,21
16	10,1	3,38	299,17	1002,86	3,66	0,00	-4613,50
17	12	4,77	299,34	950,08	4,18	0,00	-5102,43
18	13,8	6,31	299,51	844,51	4,41	0,00	-5133,19
19	15,4	7,86	299,66	686,17	4,25	0,00	-4584,93
20	16,7	9,25	299,78	527,82	3,88	0,00	-3779,58
21	17,7	10,39	299,87	316,69	3,08	0,00	-2373,22
22	18,3	11,10	299,93	263,91	2,92	0,00	-2038,11
23	18,8	11,72	299,98	52,78	1,90	0,00	-414,22
24	18,9	11,84	299,99	-263,91	0,25	293,44	2049,10
25	18,4	11,22	299,94	-791,73	-2,46	2865,06	5817,69
26	16,9	9,47	299,80	-1372,33	-4,99	5821,13	8912,77
27	14,3	6,78	299,56	-1847,37	-6,12	7140,19	9652,20
28	10,8	3,87	299,23	-1952,93	-4,95	5773,33	7276,78
29	7,1	1,67	298,89	-1636,24	-2,63	3072,73	3780,67
30	4	0,53	298,60	-2111,28	-2,01	2348,64	1757,94
31	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
32	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
33	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
34	0	0,00	298,22	791,73	0,00	0,00	-247,21
35	1,5	0,07	298,36	1319,55	0,67	0,00	-1510,73
36	4	0,53	298,60	950,08	1,39	0,00	-1938,13
37	5,8	1,12	298,76	897,29	1,93	0,00	-2484,19
38	7,5	1,86	298,92	897,29	2,50	0,00	-3119,25
39	9,2	2,81	299,08	897,29	3,06	0,00	-3754,31
40	10,9	3,94	299,24	791,73	3,32	0,00	-3840,01
41	12,4	5,10	299,38	791,73	3,78	0,00	-4334,43
42	13,9	6,41	299,52	791,73	4,24	0,00	-4828,85
43	15,4	7,86	299,66	633,38	4,03	0,00	-4219,06
44	16,6	9,14	299,77	475,04	3,62	0,00	-3371,95
45	17,5	10,15	299,85	422,26	3,56	0,00	-3146,72
46	18,3	11,10	299,93	316,69	3,19	0,00	-2452,33
47	18,9	11,84	299,99	316,69	3,30	0,00	-2531,44
48	19,5	12,61	300,04	316,69	3,41	0,00	-2610,54
49	20,1	13,39	300,10	369,47	3,81	0,00	-3145,62
50	20,8	14,34	300,16	422,26	4,26	0,00	-3726,84
51	21,6	15,47	300,24	475,04	4,74	0,00	-4360,80
52	22,5	16,78	300,32	369,47	4,29	0,00	-3514,79

53	23,2	17,84	300,39	369,47	4,43	0,00	-3622,46
54	23,9	18,94	300,45	316,69	4,22	0,00	-3190,67
55	24,5	19,90	300,51	316,69	4,34	0,00	-3269,77
56	25,1	20,89	300,56	158,35	3,35	0,00	-1664,55
57	25,4	21,39	300,59	-105,56	1,53	1781,09	1111,90
58	25,2	21,05	300,57	-527,82	-1,44	1683,59	5427,65
59	24,2	19,42	300,48	-1002,86	-4,59	5355,18	9707,14
60	22,3	16,49	300,30	-1266,77	-5,89	6864,05	11127,77
61	19,9	13,13	300,08	-1372,33	-5,86	6829,07	10626,76
62	17,3	9,92	299,84	-1372,33	-5,11	5956,16	9141,30
63	14,7	7,16	299,59	-1372,33	-4,35	5075,31	7655,84
64	12,1	4,85	299,35	-1372,33	-3,59	4187,64	6170,38
65	9,5	2,99	299,11	-1530,68	-3,24	3781,70	5129,90
66	6,6	1,44	298,84	-1319,55	-1,87	2179,68	2939,06
67	4,1	0,56	298,61	-2164,06	-2,12	2477,42	1846,94
68	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
69	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
70	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
71	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
72	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
73	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
74	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
75	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
76	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
77	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
78	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
79	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
81	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
82	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
83	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
84	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
85	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
86	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
87	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
88	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
89	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
90	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
91	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
92	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
93	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
94	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
95	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
96	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
97	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
98	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
99	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
100	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
101	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
102	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00

103	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
104	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
105	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
106	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
107	0	0,00	298,22	369,47	0,00	0,00	-53,84
108	0,7	0,02	298,29	211,13	0,10	0,00	-79,11
109	1,1	0,04	298,33	211,13	0,16	0,00	-114,27
110	1,5	0,07	298,36	527,82	0,34	0,00	-439,49
111	2,5	0,21	298,46	527,82	0,57	0,00	-659,23
112	3,5	0,41	298,55	633,38	0,91	0,00	-1081,13
113	4,7	0,73	298,66	738,95	1,36	0,00	-1661,26
114	6,1	1,23	298,79	897,29	2,03	0,00	-2596,26
115	7,8	2,02	298,95	950,08	2,71	0,00	-3441,17
116	9,6	3,06	299,12	950,08	3,34	0,00	-4153,14
117	11,4	4,31	299,29	897,29	3,80	0,00	-4576,14
118	13,1	5,69	299,44	1002,86	4,76	0,00	-5866,03
119	15	7,46	299,62	844,51	4,80	0,00	-5555,10
120	16,6	9,14	299,77	950,08	5,81	0,00	-6921,90
121	18,4	11,22	299,94	844,51	5,91	0,00	-6750,50
122	20	13,26	300,09	950,08	7,02	0,00	-8266,72
123	21,8	15,76	300,26	844,51	7,03	0,00	-7945,90
124	23,4	18,15	300,40	897,29	7,90	0,00	-9058,90
125	25,1	20,89	300,56	897,29	8,50	0,00	-9693,95
126	26,8	23,81	300,72	897,29	9,10	0,00	-10329,01
127	28,5	26,93	300,88	791,73	8,86	0,00	-9641,21
128	30	29,84	301,02	738,95	8,92	0,00	-9444,54
129	31,4	32,69	301,15	580,60	7,98	0,00	-7722,86
130	32,5	35,02	301,25	369,47	6,37	0,00	-5052,99
131	33,2	36,54	301,32	105,56	4,09	0,00	-1463,49
132	33,4	36,98	301,34	-211,13	1,18	1376,49	2918,18
133	33	36,10	301,30	-316,69	0,19	221,46	4311,35
134	32,4	34,80	301,24	-158,35	1,60	1865,50	2126,01
135	32,1	34,16	301,22	-105,56	2,05	2390,24	1406,35
136	31,9	33,74	150,60	0,00	1,63	0,00	0,00
137	31,9	33,74	301,20	158,35	4,37	0,00	-2112,83
138	32,2	34,37	301,22	369,47	6,31	0,00	-5006,84
139	32,9	35,89	301,29	422,26	6,94	0,00	-5853,95
140	33,7	37,65	301,36	475,04	7,62	0,00	-6753,79
141	34,6	39,69	301,45	527,82	8,35	0,00	-7712,97
142	35,6	42,02	301,54	527,82	8,62	0,00	-7932,71
143	36,6	44,41	301,63	475,04	8,35	0,00	-7327,32
144	37,5	46,62	301,72	475,04	8,58	0,00	-7505,31
145	38,4	48,89	301,80	475,04	8,81	0,00	-7683,31
146	39,3	51,21	301,89	369,47	7,89	0,00	-6098,96
147	40	53,05	301,95	316,69	7,46	0,00	-5313,38
148	40,6	54,65	302,01	263,91	7,00	0,00	-4488,25
149	41,1	56,00	302,05	158,35	5,90	0,00	-2719,32
150	41,4	56,82	302,08	105,56	5,34	0,00	-1823,87
151	41,6	57,37	302,10	105,56	5,37	0,00	-1832,65
152	41,8	57,93	151,06	0,00	2,43	0,00	0,00

153	41,8	57,93	302,12	52,78	4,79	0,00	-919,62
154	41,9	58,20	151,06	0,00	2,44	0,00	0,00
155	41,9	58,20	302,13	52,78	4,81	0,00	-921,82
156	42	58,48	302,14	52,78	4,82	0,00	-924,02
157	42,1	58,76	302,15	52,78	4,84	0,00	-926,22
158	42,2	59,04	302,16	52,78	4,85	0,00	-928,41
159	42,3	59,32	302,17	158,35	6,11	0,00	-2798,42
160	42,6	60,17	302,19	211,13	6,79	0,00	-3762,00
161	43	61,30	302,23	211,13	6,86	0,00	-3797,16
162	43,4	62,45	302,27	158,35	6,31	0,00	-2870,94
163	43,7	63,31	302,30	211,13	7,00	0,00	-3858,68
164	44,1	64,48	302,33	158,35	6,43	0,00	-2917,09
165	44,4	65,36	302,36	52,78	5,19	0,00	-976,76
166	44,5	65,65	302,37	52,78	5,20	0,00	-978,95
167	44,6	65,95	302,38	-52,78	3,91	4559,94	978,95
168	44,5	65,65	302,37	-52,78	3,90	4545,32	976,76
169	44,4	65,36	151,18	0,00	2,67	0,00	0,00
170	44,4	65,36	302,36	-52,78	3,88	4530,73	974,56
171	44,3	65,06	151,18	0,00	2,66	0,00	0,00
172	44,3	65,06	151,18	0,00	2,66	0,00	0,00
173	44,3	65,06	302,35	-52,78	3,87	4516,17	972,36
174	44,2	64,77	302,34	-52,78	3,86	4501,64	970,16
175	44,1	64,48	302,33	-52,78	3,85	4487,14	967,97
176	44	64,19	302,32	-52,78	3,83	4472,67	965,77
177	43,9	63,89	302,32	-52,78	3,82	4458,23	963,57
178	43,8	63,60	302,31	-52,78	3,81	4443,81	961,37
179	43,7	63,31	302,30	-105,56	3,16	3682,07	1916,16
180	43,5	62,73	302,28	-52,78	3,77	4400,74	954,78
181	43,4	62,45	302,27	-158,35	2,49	2901,99	2851,16
182	43,1	61,59	302,24	-105,56	3,09	3606,62	1889,79
183	42,9	61,02	302,22	-105,56	3,07	3581,70	1881,00
184	42,7	60,45	302,20	-105,56	3,05	3556,89	1872,21
185	42,5	59,88	302,18	-105,56	3,03	3532,20	1863,42
186	42,3	59,32	302,17	-52,78	3,63	4231,03	928,41
187	42,2	59,04	151,08	0,00	2,46	0,00	0,00
188	42,2	59,04	151,08	0,00	2,46	0,00	0,00
189	42,2	59,04	302,16	52,78	4,85	0,00	-928,41
190	42,3	59,32	302,17	52,78	4,87	0,00	-930,61
191	42,4	59,60	151,09	0,00	2,48	0,00	0,00
192	42,4	59,60	302,18	105,56	5,50	0,00	-1867,81
193	42,6	60,17	302,19	105,56	5,54	0,00	-1876,60
194	42,8	60,73	302,21	158,35	6,20	0,00	-2831,39
195	43,1	61,59	302,24	105,56	5,62	0,00	-1898,58
196	43,3	62,16	302,26	52,78	5,02	0,00	-952,58
197	43,4	62,45	151,13	0,00	2,58	0,00	0,00
198	43,4	62,45	151,13	0,00	2,58	0,00	0,00
199	43,4	62,45	302,27	-105,56	3,12	3644,22	1902,97
200	43,2	61,87	302,25	-158,35	2,47	2880,32	2837,98
201	42,9	61,02	302,22	-158,35	2,44	2848,02	2818,20
202	42,6	60,17	302,19	-211,13	1,79	2087,44	3726,84

203	42,2	59,04	302,16	-158,35	2,38	2773,66	2772,06
204	41,9	58,20	302,13	-211,13	1,74	2025,63	3665,31
205	41,5	57,10	302,09	-263,91	1,10	1281,18	4532,19
206	41	55,73	302,04	-263,91	1,07	1246,96	4477,26
207	40,5	54,38	302,00	-316,69	0,45	520,78	5300,20
208	39,9	52,78	301,94	-316,69	0,42	491,67	5221,09
209	39,3	51,21	301,89	-316,69	0,40	463,50	5141,98
210	38,7	49,65	301,83	-316,69	0,37	436,27	5062,87
211	38,1	48,13	301,77	-263,91	0,91	1061,54	4158,63
212	37,6	46,87	301,73	-263,91	0,88	1031,76	4103,70
213	37,1	45,63	301,68	-316,69	0,32	368,11	4851,92
214	36,5	44,17	301,63	-422,26	-0,78	904,27	6346,17
215	35,7	42,25	301,55	-316,69	0,27	313,62	4667,34
216	35,1	40,85	301,50	-369,47	-0,26	308,58	5345,24
217	34,4	39,23	301,43	-263,91	0,73	855,48	3752,11
218	33,9	38,10	301,38	-158,35	1,71	1989,62	2224,90
219	33,6	37,43	301,36	-52,78	2,67	3113,65	737,24
220	33,5	37,21	301,35	52,78	3,64	0,00	-737,24
221	33,6	37,43	301,36	158,35	4,64	0,00	-2224,90
222	33,9	38,10	301,38	211,13	5,19	0,00	-2997,29
223	34,3	39,00	301,42	263,91	5,76	0,00	-3796,06
224	34,8	40,15	301,47	211,13	5,34	0,00	-3076,40
225	35,2	41,08	301,50	211,13	5,41	0,00	-3111,56
226	35,6	42,02	301,54	211,13	5,49	0,00	-3146,72
227	36	42,97	301,58	211,13	5,56	0,00	-3181,88
228	36,4	43,93	301,62	263,91	6,16	0,00	-4026,79
229	36,9	45,14	301,66	263,91	6,26	0,00	-4081,72
230	37,4	46,37	301,71	263,91	6,36	0,00	-4136,66
231	37,9	47,62	301,76	211,13	5,90	0,00	-3348,88
232	38,3	48,63	301,79	211,13	5,97	0,00	-3384,04
233	38,7	49,65	301,83	211,13	6,05	0,00	-3419,20
234	39,1	50,69	301,87	105,56	4,98	0,00	-1722,78
235	39,3	51,21	301,89	105,56	5,01	0,00	-1731,57
236	39,5	51,73	301,91	105,56	5,04	0,00	-1740,36
237	39,7	52,25	301,92	105,56	5,07	0,00	-1749,15
238	39,9	52,78	301,94	52,78	4,52	0,00	-877,87
239	40	53,05	301,95	52,78	4,53	0,00	-880,07
240	40,1	53,31	150,98	0,00	2,28	0,00	0,00
241	40,1	53,31	150,98	0,00	2,28	0,00	0,00
242	40,1	53,31	301,96	-52,78	3,37	3930,22	880,07
243	40	53,05	301,95	-105,56	2,77	3232,78	1753,55
244	39,8	52,52	150,97	0,00	2,25	0,00	0,00
245	39,8	52,52	150,97	0,00	2,25	0,00	0,00
246	39,8	52,52	301,93	52,78	4,50	0,00	-875,67
247	39,9	52,78	301,94	105,56	5,10	0,00	-1757,94
248	40,1	53,31	150,98	0,00	2,28	0,00	0,00
249	40,1	53,31	301,96	-211,13	1,61	1872,85	3507,09
250	39,7	52,25	301,92	-475,04	-1,33	1554,67	7762,41
251	38,8	49,91	301,84	-738,95	-4,17	4867,72	11721,08
252	37,4	46,37	301,71	-950,08	-6,25	7294,98	14437,10

253	35,6	42,02	301,54	-1161,20	-8,09	9431,40	16678,48
254	33,4	36,98	301,34	-1161,20	-7,64	8905,24	15614,92
255	31,2	32,27	301,13	-1108,42	-6,72	7834,79	13913,01
256	29,1	28,07	300,94	-791,73	-3,74	4362,87	9344,56
257	27,6	25,25	300,80	-527,82	-1,55	1804,37	5955,03
258	26,6	23,46	300,70	-211,13	0,84	974,20	2320,48
259	26,2	22,76	300,67	52,78	2,74	0,00	-576,82
260	26,3	22,93	300,68	211,13	3,91	0,00	-2329,27
261	26,7	23,63	300,71	422,26	5,54	0,00	-4764,02
262	27,5	25,07	300,79	475,04	6,12	0,00	-5527,63
263	28,4	26,74	300,87	527,82	6,75	0,00	-6350,57
264	29,4	28,66	300,96	527,82	7,00	0,00	-6570,31
265	30,4	30,64	301,06	422,26	6,37	0,00	-5414,46
266	31,2	32,27	301,13	369,47	6,09	0,00	-4853,02
267	31,9	33,74	301,20	316,69	5,77	0,00	-4245,43
268	32,5	35,02	301,25	263,91	5,42	0,00	-3598,29
269	33	36,10	301,30	211,13	5,03	0,00	-2918,18
270	33,4	36,98	301,34	211,13	5,10	0,00	-2953,34
271	33,8	37,88	301,37	158,35	4,67	0,00	-2238,08
272	34,1	38,55	301,40	105,56	4,22	0,00	-1503,04
273	34,3	39,00	150,71	0,00	1,81	0,00	0,00
274	34,3	39,00	301,42	-211,13	1,23	1436,96	2997,29
275	33,9	38,10	301,38	-316,69	0,21	250,34	4430,01
276	33,3	36,76	301,33	-369,47	-0,29	338,61	5068,37
277	32,6	35,23	301,26	-422,26	-0,78	905,86	5660,57
278	31,8	33,53	301,19	-580,60	-2,17	2533,53	7553,66
279	30,7	31,25	301,09	-580,60	-2,12	2469,59	7287,77
280	29,6	29,05	300,98	-527,82	-1,63	1896,95	6394,51
281	28,6	27,12	300,89	-422,26	-0,75	873,38	4957,40
282	27,8	25,62	300,81	-316,69	0,08	87,78	3625,76
283	27,2	24,53	300,76	-422,26	-0,73	854,60	4711,29
284	26,4	23,11	300,68	-316,69	0,05	60,72	3441,17
285	25,8	22,07	300,63	-263,91	0,42	491,43	2807,21
286	25,3	21,22	300,58	-211,13	0,78	907,26	2206,22
287	24,9	20,56	300,54	-211,13	0,76	887,24	2171,06
288	24,5	19,90	300,51	-158,35	1,10	1286,49	1605,22
289	24,2	19,42	300,48	-105,56	1,44	1680,59	1059,16
290	24	19,10	300,46	-105,56	1,43	1664,07	1050,37
291	23,8	18,78	300,44	-105,56	1,41	1647,62	1041,58
292	23,6	18,47	300,42	-52,78	1,74	2034,83	517,49
293	23,5	18,31	300,41	-52,78	1,74	2024,95	515,30
294	23,4	18,15	300,40	-52,78	1,73	2015,09	513,10
295	23,3	18,00	150,20	0,00	1,09	0,00	0,00
296	23,3	18,00	300,40	-52,78	1,72	2005,23	510,90
297	23,2	17,84	300,39	-52,78	1,71	1995,40	508,70
298	23,1	17,69	300,38	-52,78	1,70	1985,58	506,51
299	23	17,54	300,37	-105,56	1,36	1582,43	1006,42
300	22,8	17,23	300,35	-158,35	1,01	1176,36	1493,15
301	22,5	16,78	300,32	-211,13	0,66	772,60	1960,11
302	22,1	16,19	300,28	-211,13	0,65	754,36	1924,95

303	21,7	15,61	300,25	-316,69	-0,01	5,86	2821,50
304	21,1	14,76	300,19	-369,47	-0,32	372,76	3191,76
305	20,4	13,80	300,13	-475,04	-0,91	1064,95	3945,48
306	19,5	12,61	300,04	-527,82	-1,17	1359,51	4175,11
307	18,5	11,35	299,95	-475,04	-0,84	981,51	3569,72
308	17,6	10,27	299,86	-527,82	-1,06	1241,38	3757,60
309	16,6	9,14	299,77	-475,04	-0,77	893,55	3193,96
310	15,7	8,17	299,69	-422,26	-0,50	581,94	2689,65
311	14,9	7,36	299,61	-316,69	-0,04	46,92	1924,95
312	14,3	6,78	299,56	-263,91	0,17	196,58	1543,69
313	13,8	6,31	299,51	-105,56	0,77	895,44	602,10
314	13,6	6,13	299,49	-105,56	0,76	881,58	593,31
315	13,4	5,95	149,74	0,00	0,58	0,00	0,00
316	13,4	5,95	299,47	52,78	1,33	0,00	-295,55
317	13,5	6,04	149,74	0,00	0,58	0,00	0,00
318	13,5	6,04	149,74	0,00	0,58	0,00	0,00
319	13,5	6,04	299,48	-52,78	0,95	1105,54	295,55
320	13,4	5,95	299,47	-52,78	0,94	1096,92	293,36
321	13,3	5,86	299,46	-105,56	0,74	860,86	580,12
322	13,1	5,69	299,44	-105,56	0,73	847,09	571,33
323	12,9	5,52	149,71	0,00	0,56	0,00	0,00
324	12,9	5,52	299,43	-52,78	0,90	1053,97	282,37
325	12,8	5,43	299,42	105,56	1,46	0,00	-566,94
326	13	5,60	299,44	211,13	1,86	0,00	-1160,24
327	13,4	5,95	299,47	211,13	1,92	0,00	-1195,40
328	13,8	6,31	299,51	158,35	1,78	0,00	-919,62
329	14,1	6,59	299,54	52,78	1,41	0,00	-310,94
330	14,2	6,69	299,55	105,56	1,62	0,00	-628,46
331	14,4	6,87	299,57	52,78	1,44	0,00	-317,53
332	14,5	6,97	149,79	0,00	0,63	0,00	0,00
333	14,5	6,97	299,58	-52,78	1,02	1192,23	317,53
334	14,4	6,87	299,57	-52,78	1,01	1183,51	315,33
335	14,3	6,78	149,78	0,00	0,62	0,00	0,00
336	14,3	6,78	299,56	-158,35	0,59	685,69	932,81
337	14	6,50	299,53	-527,82	-0,86	1006,09	2966,53
338	13	5,60	299,44	-844,51	-1,95	2272,35	4289,38
339	11,4	4,31	299,29	-1161,20	-2,72	3167,78	4979,37
340	9,2	2,81	299,08	-1213,99	-2,33	2718,89	4068,54
341	6,9	1,58	298,87	-1108,42	-1,55	1806,38	2699,54
342	4,8	0,76	298,67	-791,73	-0,66	765,65	1334,94
343	3,3	0,36	298,53	-527,82	-0,21	244,78	615,28
344	2,3	0,18	298,44	-211,13	0,06	65,20	184,58
345	1,9	0,12	298,40	-105,56	0,10	118,79	79,11
346	1,7	0,10	298,38	-52,78	0,12	135,33	36,26
347	1,6	0,08	298,37	-105,56	0,09	100,00	65,92
348	1,4	0,06	298,35	-52,78	0,10	111,43	29,67
349	1,3	0,06	298,35	-52,78	0,09	103,46	27,47
350	1,2	0,05	298,34	-52,78	0,08	95,49	25,27
351	1,1	0,04	298,33	-52,78	0,08	87,53	23,07
352	1	0,03	298,32	-105,56	0,05	62,47	39,55

353	0,8	0,02	298,30	-105,56	0,04	49,96	30,76
354	0,6	0,01	298,28	-316,69	0,00	3,58	39,55
355	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
356	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
357	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
358	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
359	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
360	0	0,00	298,22	1161,20	0,00	0,00	-531,78
361	2,2	0,16	298,43	1213,99	0,92	0,00	-1693,12
362	4,5	0,67	298,64	1108,42	1,76	0,00	-2561,10
363	6,6	1,44	298,84	1055,64	2,49	0,00	-3340,09
364	8,6	2,45	299,03	1055,64	3,24	0,00	-4219,06
365	10,6	3,73	299,21	1002,86	3,85	0,00	-4822,26
366	12,5	5,18	299,39	1002,86	4,54	0,00	-5615,53
367	14,4	6,87	299,57	1002,86	5,24	0,00	-6408,80
368	16,3	8,81	299,74	844,51	5,22	0,00	-6012,16
369	17,9	10,62	299,89	633,38	4,69	0,00	-4878,29
370	19,1	12,09	300,00	422,26	3,90	0,00	-3427,99
371	19,9	13,13	300,08	211,13	2,90	0,00	-1766,73
372	20,3	13,66	300,12	105,56	2,36	0,00	-896,55
373	20,5	13,93	300,13	105,56	2,39	0,00	-905,34
374	20,7	14,21	300,15	158,35	2,72	0,00	-1374,49
375	21	14,62	300,18	316,69	3,68	0,00	-2808,31
376	21,6	15,47	300,24	527,82	5,06	0,00	-4856,32
377	22,6	16,93	300,33	580,60	5,64	0,00	-5595,75
378	23,7	18,62	300,43	580,60	5,92	0,00	-5861,64
379	24,8	20,39	300,54	475,04	5,48	0,00	-4993,65
380	25,7	21,90	300,62	263,91	4,19	0,00	-2851,16
381	26,2	22,76	300,67	105,56	3,12	0,00	-1155,85
382	26,4	23,11	150,34	0,00	1,27	0,00	0,00
383	26,4	23,11	150,34	0,00	1,27	0,00	0,00
384	26,4	23,11	300,68	52,78	2,76	0,00	-581,22
385	26,5	23,28	300,69	52,78	2,77	0,00	-583,42
386	26,6	23,46	300,70	105,56	3,18	0,00	-1173,43
387	26,8	23,81	300,72	52,78	2,81	0,00	-590,01
388	26,9	23,99	300,73	158,35	3,61	0,00	-1783,21
389	27,2	24,53	300,76	158,35	3,65	0,00	-1802,99
390	27,5	25,07	300,79	263,91	4,51	0,00	-3048,93
391	28	25,99	300,83	422,26	5,83	0,00	-4992,56
392	28,8	27,50	300,91	580,60	7,27	0,00	-7094,40
393	29,9	29,64	301,01	580,60	7,57	0,00	-7360,28
394	31	31,86	301,11	475,04	6,96	0,00	-6219,82
395	31,9	33,74	301,20	316,69	5,77	0,00	-4245,43
396	32,5	35,02	301,25	52,78	3,51	0,00	-715,26
397	32,6	35,23	301,26	-105,56	2,09	2439,29	1428,33
398	32,4	34,80	301,24	-211,13	1,12	1311,40	2830,29
399	32	33,95	301,21	-369,47	-0,31	355,83	4868,40
400	31,3	32,48	301,14	-527,82	-1,69	1969,48	6768,08
401	30,3	30,44	301,05	-950,08	-5,21	6073,05	11628,79
402	28,5	26,93	300,88	-1213,99	-7,02	8183,27	13822,92

403	26,2	22,76	300,67	-1372,33	-7,63	8904,31	14226,15
404	23,6	18,47	300,42	-1319,55	-6,56	7651,75	12278,13
405	21,1	14,76	300,19	-1108,42	-4,65	5424,69	9252,27
406	19	11,97	299,99	-791,73	-2,53	2953,56	6015,46
407	17,5	10,15	299,85	-791,73	-2,34	2731,47	5521,04
408	16	8,49	299,72	-1055,64	-3,32	3874,86	6592,28
409	14	6,50	299,53	-1372,33	-4,15	4836,94	7255,91
410	11,4	4,31	299,29	-1583,46	-4,05	4727,49	6526,36
411	8,4	2,34	299,01	-1636,24	-3,12	3633,19	4666,24
412	5,3	0,93	298,72	-1266,77	-1,42	1660,80	2162,27
413	2,9	0,28	298,49	-1530,68	-0,99	1157,54	924,02
414	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
415	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
416	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
417	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
418	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
419	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
420	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
421	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
422	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
423	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
424	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
425	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
426	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
427	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
428	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
429	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
430	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
431	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
432	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
433	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
434	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
435	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
436	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
437	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
438	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
439	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
440	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
441	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
442	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
443	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
444	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
445	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
446	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
447	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
448	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
449	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
450	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
451	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
452	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00

453	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
454	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
455	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
456	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
457	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
458	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
459	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
460	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
461	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
462	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
463	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
464	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
465	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
466	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
467	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
468	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
469	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
470	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
471	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
472	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
473	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
474	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
475	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
476	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
477	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
478	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
479	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
480	0	0,00	298,22	844,51	0,00	0,00	-281,27
481	1,6	0,08	298,37	791,73	0,48	0,00	-774,59
482	3,1	0,32	298,51	738,95	0,89	0,00	-1169,03
483	4,5	0,67	298,64	844,51	1,43	0,00	-1863,42
484	6,1	1,23	298,79	791,73	1,85	0,00	-2257,86
485	7,6	1,91	298,93	950,08	2,64	0,00	-3362,06
486	9,4	2,93	299,10	1002,86	3,41	0,00	-4321,24
487	11,3	4,23	299,28	1055,64	4,27	0,00	-5405,67
488	13,3	5,86	299,46	897,29	4,44	0,00	-5285,91
489	15	7,46	299,62	1002,86	5,46	0,00	-6659,31
490	16,9	9,47	299,80	844,51	5,42	0,00	-6223,12
491	18,5	11,35	299,95	844,51	5,94	0,00	-6785,66
492	20,1	13,39	300,10	844,51	6,47	0,00	-7348,20
493	21,7	15,61	300,25	791,73	6,68	0,00	-7399,84
494	23,2	17,84	300,39	738,95	6,81	0,00	-7352,59
495	24,6	20,06	300,52	633,38	6,52	0,00	-6645,02
496	25,8	22,07	300,63	897,29	8,74	0,00	-9955,45
497	27,5	25,07	300,79	738,95	8,13	0,00	-8675,45
498	28,9	27,69	300,92	844,51	9,42	0,00	-10442,18
499	30,5	30,84	301,07	844,51	9,97	0,00	-11004,72
500	32,1	34,16	301,22	897,29	10,99	0,00	-12308,89
501	33,8	37,88	301,37	791,73	10,62	0,00	-11388,17
502	35,3	41,31	301,51	791,73	11,13	0,00	-11882,59

503	36,8	44,90	301,65	791,73	11,64	0,00	-12377,01
504	38,3	48,63	301,79	686,17	11,03	0,00	-11126,68
505	39,6	51,99	301,91	527,82	9,70	0,00	-8811,69
506	40,6	54,65	302,01	369,47	8,19	0,00	-6298,93
507	41,3	56,55	302,07	369,47	8,35	0,00	-6406,60
508	42	58,48	302,14	263,91	7,29	0,00	-4642,07
509	42,5	59,88	302,18	369,47	8,64	0,00	-6591,18
510	43,2	61,87	302,25	475,04	10,07	0,00	-8632,60
511	44,1	64,48	302,33	369,47	9,02	0,00	-6837,30
512	44,8	66,54	302,40	263,91	7,88	0,00	-4949,71
513	45,3	68,03	302,45	105,56	5,99	0,00	-1995,26
514	45,5	68,64	151,23	0,00	2,78	0,00	0,00
515	45,5	68,64	302,46	-158,35	2,69	3136,54	2989,60
516	45,2	67,73	302,44	-263,91	1,33	1556,22	4938,72
517	44,7	66,24	302,39	-263,91	1,30	1516,75	4883,78
518	44,2	64,77	302,34	-316,69	0,62	722,10	5788,02
519	43,6	63,02	302,29	-263,91	1,23	1432,48	4762,92
520	43,1	61,59	302,24	-158,35	2,46	2869,53	2831,39
521	42,8	60,73	302,21	-52,78	3,69	4301,25	939,40
522	42,7	60,45	302,20	52,78	4,93	0,00	-939,40
523	42,8	60,73	302,21	263,91	7,45	0,00	-4729,96
524	43,3	62,16	302,26	316,69	8,19	0,00	-5748,47
525	43,9	63,89	302,32	369,47	8,97	0,00	-6806,53
526	44,6	65,95	302,38	422,26	9,80	0,00	-7910,74
527	45,4	68,33	302,46	475,04	10,67	0,00	-9067,69
528	46,3	71,07	302,54	475,04	10,92	0,00	-9245,68
529	47,2	73,86	302,62	316,69	9,09	0,00	-6262,67
530	47,8	75,75	302,68	211,13	7,83	0,00	-4219,06
531	48,2	77,02	302,72	158,35	7,20	0,00	-3187,37
532	48,5	77,99	302,74	105,56	6,55	0,00	-2135,90
533	48,7	78,63	302,76	105,56	6,59	0,00	-2144,69
534	48,9	79,28	302,78	105,56	6,62	0,00	-2153,48
535	49,1	79,93	151,40	0,00	3,16	0,00	0,00
536	49,1	79,93	302,80	-52,78	4,50	5249,09	1077,84
537	49	79,60	302,79	-105,56	3,77	4395,09	2149,08
538	48,8	78,95	302,77	-105,56	3,74	4366,60	2140,29
539	48,6	78,31	302,75	-52,78	4,43	5169,40	1066,85
540	48,5	77,99	302,74	52,78	5,84	0,00	-1066,85
541	48,6	78,31	302,75	52,78	5,86	0,00	-1069,05
542	48,7	78,63	302,76	-52,78	4,45	5185,27	1069,05
543	48,6	78,31	302,75	-211,13	2,29	2675,92	4254,22
544	48,2	77,02	302,72	-369,47	0,14	160,32	7360,28
545	47,5	74,80	302,65	-422,26	-0,59	689,54	8279,91
546	46,7	72,30	302,58	-527,82	-1,98	2314,19	10152,12
547	45,7	69,24	302,48	-580,60	-2,65	3092,94	10913,53
548	44,6	65,95	302,38	-897,29	-6,55	7644,06	16343,37
549	42,9	61,02	302,22	-1108,42	-8,88	10358,15	19312,09
550	40,8	55,19	302,03	-1372,33	-11,51	13419,54	22567,58
551	38,2	48,38	301,78	-1530,68	-12,53	14611,55	23419,09
552	35,3	41,31	301,51	-1847,37	-14,75	17208,42	25803,30

553	31,8	33,53	301,19	-1636,24	-11,50	13410,41	20606,38
554	28,7	27,31	300,90	-1530,68	-9,59	11181,96	17365,17
555	25,8	22,07	300,63	-1530,68	-8,66	10098,14	15517,14
556	22,9	17,39	300,36	-1425,11	-7,04	8216,55	12785,73
557	20,2	13,53	300,11	-1266,77	-5,35	6238,30	10020,27
558	17,8	10,50	299,88	-1213,99	-4,47	5211,43	8415,05
559	15,5	7,97	299,67	-1161,20	-3,68	4286,79	6961,45
560	13,3	5,86	299,46	-1055,64	-2,77	3233,37	5405,67
561	11,3	4,23	299,28	-1055,64	-2,36	2753,80	4526,70
562	9,3	2,87	299,09	-1002,86	-1,81	2112,03	3486,22
563	7,4	1,82	298,91	-1002,86	-1,44	1683,49	2692,95
564	5,5	1,00	298,74	-950,08	-0,99	1158,94	1819,47
565	3,7	0,45	298,57	-791,73	-0,51	590,68	972,36
566	2,2	0,16	298,43	-1161,20	-0,53	614,89	531,78
567	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
568	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
569	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
570	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
571	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
572	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
573	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
574	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
575	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
576	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
577	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
578	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
579	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
580	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
581	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
582	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
583	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
584	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
585	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
586	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
587	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
588	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
589	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
590	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
591	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
592	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
593	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
594	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
595	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
596	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
597	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
598	0	0,00	149,11	0,00	0,00	0,00	0,00
599	0	0,00	298,22	316,69	0,00	0,00	-39,55
600	0,6	0,01	298,28	686,17	0,16	0,00	-357,08
601	1,9	0,12	298,40	422,26	0,38	0,00	-404,33
602	2,7	0,24	298,48	1319,55	1,21	0,00	-2169,96

603	5,2	0,90	298,71	950,08	1,81	0,00	-2412,78
604	7	1,62	298,88	1266,77	3,05	0,00	-4324,54
605	9,4	2,93	299,10	1108,42	3,68	0,00	-4822,26
606	11,5	4,38	299,30	1213,99	4,85	0,00	-6393,42
607	13,8	6,31	299,51	1108,42	5,42	0,00	-6852,68
608	15,9	8,38	299,71	1161,20	6,49	0,00	-8218,38
609	18,1	10,86	299,91	950,08	6,34	0,00	-7515,20
610	19,9	13,13	300,08	1002,86	7,28	0,00	-8705,11
611	21,8	15,76	300,26	844,51	7,03	0,00	-7945,90
612	23,4	18,15	300,40	686,17	6,53	0,00	-6870,26
613	24,7	20,23	300,53	580,60	6,18	0,00	-6103,36
614	25,8	22,07	300,63	475,04	5,72	0,00	-5191,42
615	26,7	23,63	300,71	263,91	4,36	0,00	-2961,03
616	27,2	24,53	300,76	263,91	4,45	0,00	-3015,97
617	27,7	25,44	300,81	211,13	4,14	0,00	-2452,33
618	28,1	26,18	300,84	158,35	3,79	0,00	-1862,32
619	28,4	26,74	300,87	158,35	3,83	0,00	-1882,10
620	28,7	27,31	300,90	158,35	3,88	0,00	-1901,87
621	29	27,88	300,93	105,56	3,50	0,00	-1278,90
622	29,2	28,27	300,95	105,56	3,53	0,00	-1287,69
623	29,4	28,66	150,48	0,00	1,46	0,00	0,00
624	29,4	28,66	300,96	-52,78	2,26	2637,15	644,95
625	29,3	28,46	300,95	-211,13	0,96	1122,98	2557,81
626	28,9	27,69	300,92	-211,13	0,94	1100,07	2522,65
627	28,5	26,93	300,88	-211,13	0,92	1077,47	2487,49
628	28,1	26,18	300,84	-263,91	0,49	574,61	3059,92
629	27,6	25,25	300,80	-369,47	-0,33	388,32	4191,59
630	26,9	23,99	300,73	-475,04	-1,12	1310,15	5230,98
631	26	22,41	300,65	-738,95	-3,00	3503,58	7783,29
632	24,6	20,06	300,52	-950,08	-4,30	5017,53	9374,23
633	22,8	17,23	300,35	-950,08	-4,01	4672,53	8662,26
634	21	14,62	300,18	-791,73	-2,78	3245,14	6674,69
635	19,5	12,61	300,04	-475,04	-0,88	1026,02	3767,49
636	18,6	11,47	299,96	-105,56	1,06	1240,66	813,05
637	18,4	11,22	299,94	316,69	3,21	0,00	-2465,51
638	19	11,97	299,99	580,60	4,71	0,00	-4725,57
639	20,1	13,39	300,10	738,95	5,88	0,00	-6398,91
640	21,5	15,33	300,23	844,51	6,93	0,00	-7840,42
641	23,1	17,69	300,38	950,08	8,14	0,00	-9492,89
642	24,9	20,56	300,54	791,73	7,70	0,00	-8454,60
643	26,4	23,11	300,68	791,73	8,18	0,00	-8949,02
644	27,9	25,81	300,82	686,17	7,85	0,00	-8155,75
645	29,2	28,27	300,95	686,17	8,24	0,00	-8527,12
646	30,5	30,84	301,07	580,60	7,73	0,00	-7505,31
647	31,6	33,11	301,17	633,38	8,49	0,00	-8490,86
648	32,8	35,67	301,28	580,60	8,36	0,00	-8061,26
649	33,9	38,10	301,38	686,17	9,66	0,00	-9869,75
650	35,2	41,08	301,50	580,60	9,03	0,00	-8641,38
651	36,3	43,69	301,61	633,38	9,87	0,00	-9730,21
652	37,5	46,62	301,72	527,82	9,13	0,00	-8350,23

653	38,5	49,14	301,81	633,38	10,53	0,00	-10310,33
654	39,7	52,25	301,92	580,60	10,31	0,00	-9729,11
655	40,8	55,19	302,03	475,04	9,43	0,00	-8157,95
656	41,7	57,65	302,11	422,26	9,06	0,00	-7400,94
657	42,5	59,88	302,18	369,47	8,64	0,00	-6591,18
658	43,2	61,87	302,25	263,91	7,54	0,00	-4773,91
659	43,7	63,31	302,30	211,13	7,00	0,00	-3858,68
660	44,1	64,48	302,33	158,35	6,43	0,00	-2917,09
661	44,4	65,36	302,36	211,13	7,14	0,00	-3920,21
662	44,8	66,54	302,40	158,35	6,56	0,00	-2963,23
663	45,1	67,43	302,43	263,91	7,94	0,00	-4982,67
664	45,6	68,94	302,47	211,13	7,38	0,00	-4025,69
665	46	70,15	302,51	263,91	8,13	0,00	-5081,55
666	46,5	71,69	302,56	263,91	8,24	0,00	-5136,49
667	47	73,24	302,60	263,91	8,35	0,00	-5191,42
668	47,5	74,80	302,65	263,91	8,46	0,00	-5246,36
669	48	76,39	302,70	316,69	9,28	0,00	-6368,15
670	48,6	78,31	302,75	263,91	8,71	0,00	-5367,22
671	49,1	79,93	302,80	316,69	9,54	0,00	-6513,18
672	49,7	81,89	302,86	316,69	9,68	0,00	-6592,28
673	50,3	83,88	302,91	263,91	9,09	0,00	-5554,00
674	50,8	85,56	302,96	211,13	8,46	0,00	-4482,75
675	51,2	86,91	303,00	316,69	10,05	0,00	-6790,05
676	51,8	88,96	303,05	263,91	9,44	0,00	-5718,81
677	52,3	90,68	303,10	316,69	10,32	0,00	-6935,08
678	52,9	92,78	303,15	263,91	9,70	0,00	-5839,66
679	53,4	94,54	303,20	316,69	10,60	0,00	-7080,11
680	54	96,68	303,26	263,91	9,96	0,00	-5960,52
681	54,5	98,47	303,30	263,91	10,08	0,00	-6015,46
682	55	100,29	303,35	316,69	11,01	0,00	-7291,07
683	55,6	102,49	303,41	316,69	11,16	0,00	-7370,17
684	56,2	104,71	303,46	263,91	10,49	0,00	-6202,24
685	56,7	106,58	303,51	316,69	11,45	0,00	-7515,20
686	57,3	108,85	303,56	316,69	11,61	0,00	-7594,31
687	57,9	111,14	303,62	263,91	10,92	0,00	-6389,02
688	58,4	113,07	303,67	211,13	10,19	0,00	-5150,77
689	58,8	114,63	303,70	52,78	7,70	0,00	-1293,19
690	58,9	115,02	303,71	-263,91	2,53	2954,62	6443,96
691	58,4	113,07	303,67	-158,35	4,19	4889,38	3840,01
692	58,1	111,91	303,64	-263,91	2,45	2854,67	6356,06
693	57,6	110,00	303,59	-369,47	0,71	823,29	8806,19
694	56,9	107,34	303,53	-316,69	1,49	1736,20	7462,46
695	56,3	105,09	303,47	-316,69	1,44	1675,79	7383,36
696	55,7	102,86	303,41	-263,91	2,20	2569,30	6092,37
697	55,2	101,02	303,37	-158,35	3,77	4400,58	3629,05
698	54,9	99,92	303,34	-158,35	3,74	4356,69	3609,28
699	54,6	98,84	303,31	-105,56	4,50	5246,89	2395,20
700	54,4	98,11	151,65	0,00	3,77	0,00	0,00

BIODATA PENULIS



Ariesto Christopher Faradico Walla dilahirkan di Bogor, 1 Maret 1998 anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Budi Mulia Bogor, SMP Negeri 5 Bogor, dan SMA Negeri 1 Bogor. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Bogor, penulis melanjutkan pendidikannya di Departemen Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis diterima di Departemen Teknik Mesin ITS pada tahun 2016 melalui jalur SNMPTN.

Selama penulis menjalani pendidikannya di Departemen Teknik Mesin ITS, penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun non-akademik selama perkuliahan. Pada kegiatan akademik, penulis pernah menjadi staff PPIM dari Himpunan Mahasiswa Mesin dan pernah menjadi ketua dari Engineering Software Training yang dilaksanakan oleh Himpunan Mahasiswa Mesin ITS. Dalam kegiatan non akademik, penulis pernah menjadi panitia acara *Red Euphoria Month* yang dilaksanakan oleh FTIRS-ITS, panitia acara *Mechanical City*, dan *group leader* dari Pemimpin Kelompok Kecil (PKK) yang dinaungi oleh Persekutuan Mahasiswa Kristen ITS. yang dilaksanakan oleh Departemen Teknik Mesin ITS.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat membantu dan menjadi referensi para pembaca, khususnya bagi mahasiswa yang sedang mengerjakan tugas akhirnya.