



PERANAN INSTRUMEN OPTIK PADA MOBIL

Sugiono



PERANAN
**INSTRUMEN
OPTIK**
PADA MOBIL



Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014

All Rights Reserved

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PERANAN
**INSTRUMEN
OPTIK**
PADA MOBIL

Sugiono



LIPI Press

Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2017 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian

Katalog dalam Terbitan

Peranan Instrumen Optik pada Mobil/Sugiono. – Jakarta: LIPI Press, 2017.

xix + 195 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-979-799-881-3

1. Instrumen Optik

2. Mobil

681.4

Copy editor : Risma Wahyu H. dan Tantrina Dwi A.
Proofreader : Noviasuti Putri Indrasari dan Martinus Helmiawan
Penata Isi : Astuti Krisnawati dan Rahma Hilma Taslima
Desainer sampul : Rusli Fazi

Cetakan pertama : Agustus 2017



Diterbitkan oleh:

LIPI Press, anggota Ikapi

Jln. Gondangdia Lama 39, Menteng, Jakarta 10350

Telp: (021) 314 0228, 314 6942. Faks.: (021) 314 4591

E-mail: press@mail.lipi.go.id

Website: lipipress.lipi.go.id

 LIPI Press

 @lipi_press

Buku ini merupakan karya buku yang terpilih dalam Program Akuisisi Pengetahuan Lokal Tahun 2021 Balai Media dan Reproduksi (LIPI Press), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.



Karya ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR.....	vii
PENGANTAR PENERBIT.....	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
PRAKATA PENULIS.....	xvii
PERSEMBAHAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Dasar Teori.....	4
BAB 2 PERANAN KOMPONEN DAN MODUL OPTIK PADA MOBIL.....	27
A. Lampu Utama.....	29
B. Lampu Penunjuk Arah.....	46
C. Lampu Rem.....	51
D. Lampu Posisi.....	54
E. Lampu Mundur.....	56
F. Lampu Penerangan TNKB.....	58
G. Lampu Isyarat Peringatan Bahaya.....	62
H. Alat Pemantul Cahaya.....	64
I. Kaca Spion.....	72
J. Lampu Kabut.....	77
K. Segitiga Pengaman.....	80
L. Pelindung Silau Cahaya Matahari.....	84
M. Lampu Samping.....	86

Buku ini tidak diperjualbelikan.



N. <i>Head Up Display</i>	89
O. Alat Pemandu Keselamatan Berkendara.....	92
P. Pencahayaan Interior.....	97
Q. Lampu di Bawah Pintu.....	101
BAB 3 PEMUTAKHIRAN KOMPONEN DAN MODUL OPTIK	
PADA MOBIL	105
A. Lampu Utama.....	105
B. Lampu Penunjuk Arah.....	108
C. Lampu Rem.....	109
D. Lampu Posisi.....	111
E. Lampu Mundur.....	113
F. Lampu Penerang TNKB.....	115
G. Lampu Isyarat Peringatan Bahaya.....	117
H. Alat Pemantul Cahaya.....	118
I. Kaca Spion.....	118
J. Lampu Kabut.....	123
K. Segitiga Pengaman.....	126
L. Pelindung Silau Cahaya Matahari.....	127
M. Lampu Samping.....	140
N. <i>Head Up Display</i>	141
O. Alat Pemandu Keselamatan Berkendara.....	141
P. Pencahayaan Interior.....	146
Q. Lampu di Bawah Pintu.....	147
BAB 4 PENUTUP	151
DAFTAR PUSTAKA	159
INDEKS	191
BIOGRAFI PENULIS	193

Buku ini tidak diperjualbelikan.





DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Penjelasan Mekanisme Pembiasan Sinar Cahaya.....	7
Gambar 1.2	Penjalaran sinar pada serat optik dengan memanfaatkan pemantulan total terjadi saat sinar datang melebihi sudut kritis.	9
Gambar 1.3	Diagram pemantulan spekular pada cermin datar, dengan besaran sudut pantul sama dengan sudut datang.....	10
Gambar 1.4	Pencerminan pada cermin datar menghasilkan citra khayal (tidak dapat ditangkap pada layar).	11
Gambar 1.5	Cermin Cekung.	13
Gambar 1.6	Cermin Cembung.	13
Gambar 1.7	Lensa Positif.....	15
Gambar 1.8	Lensa Negatif.....	16
Gambar 1.9	Struktur Prisma Tegak-Lurus (<i>Right Angle Prism</i>).....	17
Gambar 1.10	Prisma Tegak-Lurus Beratap (<i>roofed right angle prism</i>)	17
Gambar 1.11	Prisma Tegak-Lurus pada Orientasi Berbeda.....	18
Gambar 1.12	Skema prisma retroreflektor (<i>retroreflector</i>).....	18
Gambar 1.13	Sepasang prisma tegak lurus yang difungsikan sebagai pembagi berkas.....	19
Gambar 1.14	Pembagi Berkas Bidang Sejajar.	20
Gambar 1.15	Pembagi berkas <i>pellical</i> , dengan substansi membran tipis yang sebagian memantulkan dan sebagian lain meneruskan sinar yang datang.....	20

Gambar 1.16	<i>Dash-mat</i> yang berfungsi sebagai perangkap cahaya (<i>light absorbing</i>) di samping fungsi lain agar benda-benda yang berada di atasnya tidak tergelincir saat kendaraan bermanuver.....	22
Gambar 1.17	Ilustrasi Mekanisme <i>Filter</i> Cahaya.....	23
Gambar 1.18	Ilustrasi Cahaya Sebagai Gelombang Elektromagnetik ..	24
Gambar 1.19	Ilustrasi Polarisasi Cahaya Melalui Filter Polarisasi.	25
Gambar 2.1	Salah Satu Jenis Lampu Utama pada Sebuah Mobil	30
Gambar 2.2	Lampu Utama Mobil pada Awal Keberadaannya	34
Gambar 2.3	Mobil buatan Ford Model T yang sudah menggunakan dinamo untuk menyalakan lampunya.....	35
Gambar 2.5	Lampu HID (<i>High Intensity Discharge</i>) Jenis CMH (<i>Ceramic Metal Halide</i>).....	36
Gambar 2.4	<i>Sealbeam</i> , salah satunya berbentuk bulat.....	36
Gambar 2.6	Model Lampu Utama Jauh dan Lampu Utama Dekat Menyatu	38
Gambar 2.7	Model Lampu Utama Jauh dan Lampu Utama Dekat Terpisah.....	38
Gambar 2.8	Proyeksi Berkas Lampu Dekat Menurut Aturan PBB....	39
Gambar 2.9	Skema optik jalannya sinar dari sumber cahaya (<i>flame</i>) ditempatkan pada titik fokus cermin cembung.	40
Gambar 2.10	Skema Optik <i>Seal Beam Head Lamp</i>	40
Gambar 2.11	Skema optik <i>multiple mirror</i> digunakan untuk memantulkan sinar lampu pada lampu utama mobil....	41
Gambar 2.12	Lensa lampu utama mobil dilengkapi lensa seperti sarang lebah.....	41
Gambar 2.13	Pola berkas cahaya lampu utama pendek yang tidak menyilaukan pengguna jalan yang berpapasan untuk kendaraan bersetir kiri, adapun untuk penerapan kendaraan bersetir kanan dilakukan pembalikan posisi.	42
Gambar 2.14	Skema sistem optik lampu utama kendaraan lebih kompleks berfungsi sebagai lampu dekat dan lampu jauh.....	43
Gambar 2.15	Salah satu wujud lampu utama kendaraan dengan memanfaatkan lensa pada Gambar 2.14.	44
Gambar 2.16	Sistem Optik Lampu Utama Panjang Kendaraan dari Lensa Fresnel.....	45
Gambar 2.17	Lampu tanda-belok (a) belakang kiri; (b) depan kanan; (c) skema optik.....	47

Gambar 2.18	Ketentuan Spesifikasi Penyebaran Cahaya pada Lampu Tanda Belok Menurut Aturan PBB	49
Gambar 2.19	Lampu Berbagai Tanda Terdapat di Bagian Belakang Mobil	50
Gambar 2.20	Lensa penutup lampu rem kendaraan	53
Gambar 2.21	Lensa-lensa kecil terdapat pada penutup lampu rem. ..	53
Gambar 2.22	Contoh lampu mundur saat berfungsi, tampak lampu warna putih menyala.	57
Gambar 2.23	Skema pencahayaan pada lampu tanda nomor kendaraan bermotor.	59
Gambar 2.24	Prinsip retroreflektif pada Sebuah Prisma Retroreflektor	65
Gambar 2.25	Berbagai jenis retroreflektor untuk keselamatan berkendara di malam hari atau gelap memanfaatkan cahaya lampu kendaraan.....	67
Gambar 2.26	(a) Cara pertama dengan manik-manik kaca, 1–3: pembiasan; 4: pemantulan cermin; 5–7: pembiasan; (b) Cara kedua dengan prisma-mikro, 1: pembiasan; 2–4: pemantulan; 5: pembiasan.	69
Gambar 2.27	Retroreflektor pada permukaan jalan	69
Gambar 2.28	Ketentuan divergensi sudut pantul pada retroreflektor α yang besarnya 20°	71
Gambar 2.29	(a) Titik Buta (<i>blind spot</i>) Pandangan Belakang dari Kaca Spion; (b) Titik buta pandangan hampir tidak ada dengan tersedianya cermin bahu.....	74
Gambar 2.30	Skema pemantulan pada cermin.	75
Gambar 2.31	Lampu Kabut untuk Keperluan <i>Off-Road</i>	78
Gambar 2.32	Distribusi Cahaya pada Lampu Kabut	79
Gambar 2.33	Manfaat Segitiga Pengaman untuk Menandai Keadaan Darurat	81
Gambar 2.34	Rambu Retroreflektif Zaman Awal Kemunculannya.....	83
Gambar 2.35	Pelindung Silau Cahaya Matahari (<i>Sun Visor</i>) pada Mobil.....	85
Gambar 2.36	Lampu samping	87
Gambar 2.37	Salah satu skema optik lampu samping umumnya terbuat dari bahan plastik keras yang sering disebut lensa.	88
Gambar 2.38	Paparan HUD pada (a) Pesawat Tempur dan (b) Mobil.....	90

Gambar 2.39	Gambaran Skematis Jejak Sinar Optis pada HUD Jenis Reflektif pada Aplikasi Otomotif.....	91
Gambar 2.40	Rambu lalu lintas menjaga jarak aman pada kecepatan 80 km/jam pada 80 m di jalan tol.	93
Gambar 2.41	Salah satu tampilan pemandu yang diinstalasi pada minibus.	95
Gambar 2.42	Salah Satu Contoh Pencahayaan Interior yang Terdapat di Bagian Pedal Mobil.....	98
Gambar 2.42	Struktur LED berfungsi sebagai lampu interior.	99
Gambar 2.44	Lampu Tambahan untuk Membaca Peta Jalan di Malam Hari.....	100
Gambar 2.45	(a) Salah Satu Skema Lampu di bawah pintu; (b) Pemasangan dan Hasil Tampilannya Secara Praktis.....	102
Gambar 2.46	Skema Optik Lampu LED di Bawah Pintu Mobil.....	103
Gambar 2.47	Lampu LED yang Menerangi Kolong Mobil.....	104
Gambar 3.1	Lampu Utama Laser Mobil Audi A4.....	106
Gambar 3.2	Lampu Utama Laser Mobil BMW i8.....	106
Gambar 3.3	Salah satu prinsip optik yang digunakan untuk lampu utama kendaraan berbasis laser.....	107
Gambar 3.4	Cahaya lampu tanda belok diarahkan ke permukaan jalan sehingga tidak menyilaukan pengguna jalan lain.....	109
Gambar 3.5	CHMSL yang Tampak dari Belakang.....	110
Gambar 3.6	CHMSL Bertuliskan “STOP” Saat Difungsikan.....	110
Gambar 3.7	(a) DRL terpasang pada mobil keluaran baru, (b) DRL yang terpasang dari kejauhan terlihat dengan jelas.....	112
Gambar 3.8	DRL dengan Sebutan <i>Angel Eyes</i> pada Sedan BMW...	113
Gambar 3.9	Monitor televisi memperlihatkan bagian belakang kendaraan saat posisi mundur.....	115
Gambar 3.10	Sarana visual animasi ruangan dan gerakan mundur mobil (<i>bird eye view</i>) sehingga mekanisme parkir manual lebih nyaman.	115
Gambar 3.11	Tanda nomor kendaraan bermotor diberi aksesoris sehingga tampak menyala.....	116
Gambar 3.12	Kaca spion yang diberi tambahan cermin berukuran lebih kecil dengan permukaan yang lebih cembung dapat memperluas medan pandang.....	119
Gambar 3.13	Cermin <i>Progressive</i>	121



Gambar 3.14	Cermin dengan peringatan bahwa benda yang sesungguhnya lebih dekat dari yang tampak.	121
Gambar 3.15	Skema cermin bahu siang dan malam dengan permukaan pantul belakang diberi lapisan pemantul:	122
Gambar 3.16	Sepasang lampu kabut terdiri atas susunan LED.....	124
Gambar 3.17	Penggunaan Laser Penembus Kabut.....	124
Gambar 3.18	Pola Garis Laser Penembus Kabut untuk Mencegah Tabrak Belakang Akibat Cuaca Buruk.....	126
Gambar 3.19	Segitiga pengaman dilengkapi LED.	127
Gambar 3.20	Segitiga pengaman dapat dilipat seperti payung membentuk piramida.	127
Gambar 3.21	Penghalang Sinar Matahari Jenis Kain Berbingkai.....	128
Gambar 3.22	Pelindung Silau Otomatis pada Mobil Mewah.....	129
Gambar 3.23	Kaca elektrokromik.....	130
Gambar 3.24	Pelindung silau cahaya matahari ditambahi saku untuk kepentingan non-optik.	131
Gambar 3.25	(a) Penyejuk pandangan ketika panas terik, (b) Sarana <i>Night Vision</i> sederhana yang mampu melihat terang pada malam hari tanpa silau walaupun berpapasan dengan kendaraan yang cahaya lampu utamanya berlebihan.	132
Gambar 3.26	Sifat polarisasi pada cahaya: arah medan listrik diperlihatkan vertikal (merah) dan medan magnetnya horizontal (biru).	135
Gambar 3.27	Ilustrasi fungsi polarisator linear yang sumbu dipasang saling tegak lurus.....	135
Gambar 3.28	Salah satu contoh pemandangan di mana mobil dijemu di tempat parkir.	137
Gambar 3.29	Ilustrasi fungsi penghalang sinar matahari.....	138
Gambar 3.30	Salah Satu Contoh Pemasangan Penghalang Sinar Matahari.	139
Gambar 3.31	Lampu Samping yang Ditambahkan pada Kaca Spion	140
Gambar 3.32	Pencangghian Peralatan Pemandu Keselamatan Berkendara.....	141
Gambar 3.33	Penampilan Marka Optik Penanda Jarak Aman.....	142
Gambar 3.34	Penampilan Marka Opto Elektronik Penanda Jarak Aman	143

Gambar 3.35	Berkas laser yang semula ditayangkan sebagai titik dibuat agar menjadi garis lurus dengan menggunakan lensa silindris.	143
Gambar 3.36	Skema Laser Pengukur Jarak yang Dipasang pada Mobil.....	145
Gambar 3.37	LED dalam Bentuk Strip.....	147
Gambar 3.38	Pencahayaan atap mobil memanfaatkan serat optik untuk merepresentasikan bintang gemintang di “langit” pada mobil Rolls-Royce.....	148
Gambar 3.39	Lampu di bawah pintu, di samping menerangi pijakan di bawahnya, juga menampilkan logo pabrik mobil. .	149
Gambar 3.40	<i>Puddle light</i> pada mobil Ford.	150

Buku ini tidak diperjualbelikan.



PENGANTAR PENERBIT

Sebagai penerbit ilmiah, LIPI Press mempunyai tanggung jawab untuk menyediakan terbitan ilmiah yang berkualitas. Penyediaan terbitan ilmiah yang berkualitas adalah salah satu perwujudan tugas LIPI Press untuk ikut serta dalam mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan dalam pembukaan UUD 1945.

Buku *Peranan Instrumen Optik pada Mobil* ini disusun sebagai bentuk kontribusi penulis dalam mengembangkan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang instrumentasi optik. Dalam buku ini, komponen, modul, dan instrumen optik yang berperan dalam kendaraan, khususnya instrumen optik pada mobil, dibahas secara menyeluruh. Penulis menjelaskan beberapa fungsi penting komponen optik sebagai pelengkap mobil, yaitu untuk memberikan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara bagi para penggunanya.

Lebih lanjut, pembahasan instrumen optik dalam buku ini disusun dengan merujuk pada beberapa peraturan dan undang-undang yang berkaitan dengan optik, misalnya Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan, dan Peraturan Kepala Polisi Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2012

Buku ini tidak diperjualbelikan.

tentang Registrasi dan Identifikasi Kendaraan Bermotor serta Regulasi Perserikatan Bangsa Bangsa, seperti Regulasi Nomor 113 tentang ketentuan penyinaran lampu utama kendaraan, juga peraturan negara lain, seperti Amerika Serikat, Inggris dan Australia.

Buku ini memberikan petunjuk tentang cara kerja yang digunakan dalam berbagai komponen dan instrumen optik yang ditemukan dalam mobil. Selain itu, pembahasan terkait sejarah, fungsi utama, dan prinsip optik dari masing-masing komponen juga diulas dalam buku ini.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

LIPI Press

Buku ini tidak diperjualbelikan.





KATA PENGANTAR

Buku ini merupakan cerminan konsistensi penulis di bidang instrumentasi optik, sejak penulisan tugas akhir di Fisika ITB pada 1978, dan menjadi bagian dari Lembaga Instrumentasi Nasional (LIN) LIPI. Setelah pulang dari studi di Kanada pada 1987, penulis mulai menekuni kegiatan penelitian di bidang keamanan dan keselamatan berkendara berbasis optik, dimulai dengan tugas realisasi Kamera Radar Pengukur Kecepatan Kendaraan (KADARPARAN®) yang didanai Pemerintah Daerah Jawa Tengah pada 1991. KADARPARAN® pertama yang diwujudkan melalui Puslitbang KIM (sekarang Puslit Metrologi)-LIPI, diserahkan oleh Ketua LIPI Prof. Dr. Ir. Samaun Samadikun (almarhum) kepada Gubernur Jawa Tengah, Muhammad Ismail (almarhum), di depan Rapat Pleno DPRD Jawa Tengah. Selanjutnya, pada 1992 KADARPARAN® yang kedua juga diserahkan ke Pemda Jawa Tengah.

Pada waktu yang hampir bersamaan, penulis juga mendaftarkan patennya pada 26 Agustus 1991. Akhirnya pada 10 Maret 1997, penulis memperoleh Hak Paten dengan nomor paten ID 0 001 402, Cara untuk memandu pengemudi kendaraan beroda empat atau lebih

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dalam mengemudikan kendaraan dengan kaca film, yang merupakan paten pertama LIPI.

Penulis mempunyai minat dan potensi yang sangat baik dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang Instrumentasi Optik. Sebagai peneliti, penulis juga mengembangkan hal-hal yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang ada di masyarakat melalui hasil penelitiannya. Misalnya, desain objektif katadioptrik teropong bidik malam buatan LIPI, desain optik peluncur roket dalam negeri, perwujudan KADARPARAN® LIPI serta petunjuk keamanan pangan bagi restoran dan rumah makan dalam bentuk buku yang diterbitkan LIPI Press pada 2013 dan beredar luas di masyarakat.

Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi bangsa Indonesia untuk menuju bangsa yang mandiri melalui hasil-hasil penelitiannya, khususnya di bidang Instrumentasi Optik.

Dr. Ir. R. Harry Arjadi, M.Sc.

Kepala Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian

Periode 2014–April 2016

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Buku ini tidak diperjualbelikan.





PRAKATA

Buku *Peranan Instrumen Optik pada Mobil* disusun dalam rangka memenuhi standar kompetensi minimum sebagai pejabat Peneliti Utama bidang Instrumentasi Optik. Buku ini sebenarnya telah digagas tiga tahun sebelumnya, namun karena berbagai kesibukan penulis di Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian (P2SMTP-LIPI), penulisan buku ini tertunda. Naskah baru mulai dikerjakan lebih serius sejak bulan Januari 2016, dengan menuliskan berbagai komponen dan modul instrumen di buku harian penulis. Kemudian, disaring, direvisi, dan ditulis ulang, baik dalam bentuk draf lembaran, maupun dalam bentuk elektronik.

Di samping melakukan penggalan sendiri tentang topik buku ini, penulis juga mengambil dari berbagai sumber, baik dari buku, makalah, naskah paten, maupun sumber-sumber lain dari internet, termasuk gambar-gambar. Apabila informasi yang diperoleh tidak memuat gambar yang memadai, penulis menggambar sendiri dengan sarana yang ada, juga memotret dengan kamera dan memuatnya dalam buku ini.

Buku ini awalnya disusun berdasarkan komponen atau modul atau instrumen optik yang berperan dalam kendaraan, mulai dari

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sepeda, sepeda motor, hingga kendaraan yang lebih besar, seperti bus dan truk. Hal tersebut dirasa terlalu luas maka dipersempit hanya pada mobil. Di samping itu, penelaah menyarankan agar pembahasan dalam buku ini disusun berdasarkan acuan tertentu. Penulis setuju sehingga menyusunnya berdasar pada perundangan dan peraturan yang berlaku di Indonesia. Karena terdapat topik-topik penting yang digagas penulis, namun tidak terdapat dalam perundangan dan peraturan tersebut, penulis menempatkannya pada bagian akhir Bab 2 dan Bab 3 buku ini.

Upaya telah dilakukan secara maksimal agar tidak terdapat kesalahan, namun tentu masih ada kemungkinan adanya kesalahan dan kekurangan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan buku ini.

Semoga buku ini bermanfaat bagi pembacanya, dan sebagai ladang pahala dari Allah Swt. bagi penulis serta diterima sebagai bukti pemenuhan standar kompetensi minimum.

Tangerang Selatan

Penulis

Buku ini tidak diperjualbelikan.



PERSEMBAHAN

Buku ini saya persembahkan kepada:

- 1) Allah Swt., di mana hidup dan mati saya hanya untuk-Nya (semoga diterima),
- 2) Almarhumah Bunda dan Ayahanda di alam baka atas kasih sayang mereka sejak kecil hingga dewasa,
- 3) Istriku tercinta, Anisah, atas kesabaran dan pengertian dalam mendampingi saya dengan segala keterbatasan, khususnya sepanjang waktu penulisan buku ini,
- 4) Anak-anak saya: Yasmin, Wildan, Tikfi, Mikyal; menantu-menantu saya: Ali, Suci, Nandi, Pranda; dan cucu-cucu saya: Kiandra, Aisha, Sofia, Malik, Sarah atas pengertian dan dorongan mereka,
- 5) Pembimbing saya di bidang optik, Prof. Dr. Ir. H. Farid Ruskanda, M.Sc. (almarhum), semoga ini menjadi amalnya,
- 6) Dr. Ir. R. Harry Arjadi, M.Sc., Kepala P2SMTP-LIPI yang memberi kesempatan penulisan buku ini selama jam kerja, dan
- 7) Para pegawai P2SMTP-LIPI, peneliti, sarjana, mahasiswa, siswa dan para pembelajar, khususnya bidang optik, semoga selalu bersemangat dalam mencari ilmu dan berkarya untuk kesejahteraan manusia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Banyak orang mendefinisikan kata instrumentasi dengan berbagai kepentingan sesuai pandangannya. Definisi instrumentasi dalam buku ini diambil dari dua acuan. Definisi pertama, instrumentasi adalah perancangan, penentuan atau penggunaan instrumen pengukuran (Oxford University, 2017). Definisi kedua, instrumentasi adalah teknologi mendesain dan mengonstruksikan instrumen, khususnya untuk penggunaan dalam sains dan industri (American Heritage Dictionary of English Language, 2011). Penulis sependapat dengan definisi kedua karena sesuai dengan maksud penulisan buku ini. Sementara itu, buku ini juga melibatkan kata instrumen, yang dikutip dari beberapa definisi dari berbagai sumber. Definisi tersebut adalah sebagai berikut.

- 1) Suatu peralatan yang digunakan untuk mengukur sesuatu, seperti suhu atau jarak (definisi ringkas) atau suatu peralatan ukur untuk menentukan nilai terkini dari suatu kuantitas yang diamati (definisi lengkap) (Merriam-webster, 2016);
- 2) Suatu peralatan untuk merekam, mengukur, atau mengendalikan, khususnya peralatan yang berfungsi sebagai bagian dari sistem kendali (American Heritage Dictionary of English Language, 2011);

- 3) Suatu perangkat atau peralatan lain, khususnya yang memanfaatkannya tanpa tenaga listrik, digunakan untuk melakukan sebagian pekerjaan tertentu (Cambridge Dictionaries Online, 2016).

Sementara itu, instrumen optik dikutip dari dua acuan. Acuan pertama, instrumen optik adalah peralatan yang memproses gelombang cahaya untuk mempercanggih citra agar pandangan lebih jelas (BYJU'S, 2016). Acuan kedua mengatakan bahwa instrumen optik adalah instrumen yang dirancang untuk membantu penglihatan (Farlex, Inc., 2013–2017). Penulis berpendapat bahwa instrumen optik adalah komponen, modul, peralatan atau media yang memproses gelombang cahaya untuk penglihatan atau untuk dimanfaatkan sesuai dengan tujuan—dan khusus pada buku ini—untuk kenyamanan dan keamanan pengemudi dan orang-orang yang terkait dengan mobil. Artinya, pembahasan pada buku ini adalah mengenai berbagai komponen, modul, peralatan atau media yang ditambahkan pada mobil untuk mendukung atau membantu pengemudi kendaraan untuk menjalankan fungsi utama kendaraannya yang bersifat mekanis. Jika instrumen optik tersebut tidak ada, pengemudi dan orang lain yang terkait kendaraan menjadi tidak efektif dan efisien dalam mengoperasikan atau berinteraksi dengan kendaraan tersebut. Selain itu, orang-orang terkait dengan kendaraan tersebut terkendala untuk mengantisipasi dan menyesuaikan diri terhadap aktivitas kendaraan tersebut. Contoh sederhana, ketika seorang pengemudi hendak membelokkan kendaraannya ke kiri atau ke kanan, ia perlu mendapatkan informasi situasi dan kondisi lalu lintas di belakangnya dan memerlukan kaca spion untuk melihat kondisi di luar kendaraan di sebelah kiri atau kanannya. Selain itu, ia juga memerlukan cermin bahu (*shoulder mirror*) untuk melihat kondisi di luar kendaraan yang terdapat tepat di belakangnya, kemudian menyalakan lampu belok atau lampu sein kiri atau kanan yang ditutupi oleh lensa kuning yang tidak menyilaukan mata orang-orang di belakangnya. Jika kondisi aman maka

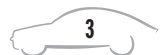
ia melakukan pengereman untuk melambatkan kendaraan. Secara otomatis, lampu rem yang ditutupi oleh lensa merah akan menyala untuk menginformasikan bahwa kendaraan ini siap untuk berbelok sehingga pengemudi lain di belakangnya dapat menyesuaikan diri.

Itulah sebagian kecil fungsi komponen optik sebagai pelengkap mobil untuk memberikan keamanan dan kenyamanan. Apabila dimensi kendaraan relatif panjang, misalnya bus besar, mobil boks atau kontainer dengan cermin bahu yang tidak efektif atau tidak bisa membantu mengamati situasi di belakang luar kendaraan, kendaraan bisa dilengkapi dengan lensa *fresnel* negatif yang direkatkan pada kaca belakang kendaraan. Lensa ini berfungsi memperluas pandangan ke bagian belakang luar. Bisa juga menggunakan kamera elektro-optik yang paparannya terdapat pada monitor televisi yang dipasang di dasbor atau tempat lain agar mudah dipantau pengemudi. Namun, bus besar, mobil boks atau kontainer yang disinggung di sini hanya sebagai contoh dan tidak dibahas secara rinci.

Urutan penulisan instrumen optik dalam buku ini disusun berdasarkan keberadaannya dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Republik Indonesia, 2009), Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan (Pemerintah Republik Indonesia, 2012), dan Peraturan Kepala Polisi Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2012 tentang Registrasi dan Identifikasi Kendaraan Bermotor (Kepolisian Republik Indonesia, 2012) dengan mengambil hal-hal yang terkait dengan optik pada ketiganya. Adapun urutan tentang hal-hal tersebut adalah sebagai berikut.

Instrumen optik yang berfungsi sebagai komponen utama dapat dilihat dalam penjelasan di bawah ini.

- 1) lampu utama dekat;
- 2) lampu utama jauh;
- 3) lampu penunjuk arah;
- 4) lampu rem;



- 5) lampu posisi depan;
- 6) lampu posisi belakang;
- 7) lampu mundur;
- 8) lampu penerangan Tanda Nomor Kendaraan Bermotor;
- 9) lampu isyarat peringatan bahaya;
- 10) alat pemantul cahaya.

Adapun yang dikategorikan sebagai komponen pendukung, yaitu kaca spion. Sementara itu, instrumen optik yang dikategorikan sebagai perlengkapan yaitu segitiga pengaman.

Berikut adalah komponen, modul dan elemen optik atau terkait optik sebagai opsi karena tidak masuk dalam kategori-kategori tersebut, yaitu

- 1) pelindung silau cahaya matahari;
- 2) lampu samping;
- 3) lampu kabut;
- 4) *head up display*;
- 5) pemandu keselamatan berkendara;
- 6) pencahayaan interior;
- 7) lampu di bawah pintu.

B. DASAR TEORI

Pembahasan dalam buku ini mengacu pada teori optika, yang dibatasi pada optika geometri dan sedikit optika fisik, tanpa membahas optika kuantum. Optika geometri yang dibahas di sini didasarkan pada delapan hal, sebagai berikut.

- 1) Pendekatan penjalaran sinar melalui komponen optik yang lebih disederhanakan dengan memanfaatkan sudut kecil. Dalam pendekatan ini, nilai *sinus* suatu sudut diasumsikan sama dengan nilai sudut itu sendiri dalam satuan *radiant*, sering disebut sinar paraksial (*paraxial*);

- 2) Pembiasan sinar sebagai akibat dari sinar yang melewati suatu medium tembus pandang atau transparan, kemudian bertemu dan melewati medium yang berbeda;
- 3) Pemantulan sinar sebagai akibat dari sinar yang menemui permukaan yang halus dan mengilap pada suatu benda atau zat. Pemantulan juga bisa terjadi jika sinar bertemu benda atau zat yang bentuk permukaannya datar, bola, elipsoida, hiperbola, parabola, atau bahkan *multi radii* (berkelengkungan dengan berbagai radius) sebagaimana yang banyak dipakai pada cermin lampu utama mobil beberapa tahun terakhir;
- 4) Lensa yang memanfaatkan peristiwa pembiasan pada permukaan yang melengkung sehingga mengarahkan sinar cahaya ke suatu lokasi tertentu, walaupun terdapat lensa dengan bahan Gradient Index (GRIN) yang berindeks bias berbeda secara terpolat untuk menggantikan permukaan yang melengkung dengan permukaan datar. Lensa positif dimanfaatkan untuk mengumpulkan sinar ke suatu lokasi tertentu, sedangkan lensa negatif menyebarkan sinar;
- 5) Prisma yang banyak dimanfaatkan untuk pembelokan dan/atau pemantulan sinar, baik pembelokan tunggal maupun jamak karena jumlah permukaannya. Ada pula prisma yang dibuat agar membelokkan atau memantulkan sinar sehingga kembali ke tempat asal sinar sebagaimana yang terdapat pada *retroreflector* yang dipasang pada bagian belakang kendaraan. Ketika kendaraan diparkir pada malam hari atau hari gelap, sinar yang dipancarkan kendaraan lain dan mengarah pada kendaraan yang diparkir dipantulkan kembali mengarah pada kendaraan lain tersebut. Tujuannya agar terlihat dari jarak jauh sehingga pengemudi kendaraan di belakangnya waspada tanpa menyediakan sumber cahaya dari kendaraan yang diparkir tersebut;
- 6) Pembagi berkas cahaya ini dimanfaatkan untuk memantulkan sebagian dan meneruskan sebagian cahaya;

- 7) Perangkap cahaya (*light trap*) yang berfungsi untuk “menangkap cahaya” yang jika diteruskan atau dipantulkan akan mengganggu; dan
- 8) Filter cahaya yang dimanfaatkan sebagai penangkal silau, baik saat berkendara siang hari dan mengarah ke keberadaan matahari, maupun di malam hari ketika berpapasan dengan kendaraan lain.

Sementara itu, optika fisik pada buku ini hanya dibahas sedikit, yaitu ketika membahas filter polarisasi cahaya. Prinsip optika fisik dalam filter polarisasi dimanfaatkan sebagai komponen anti silau ketika dipasang di depan mata pengemudi yang menghadapi jalan licin di siang hari yang terik dan sinarnya terpantul permukaan jalan secara terpolarisasi. Dengan filter polarisasi ini, sinar pantul dapat dikendalikan sehingga tidak menyilaukan.

Selanjutnya, akan diulas lebih lanjut mengenai optika geometri dan optika fisik.

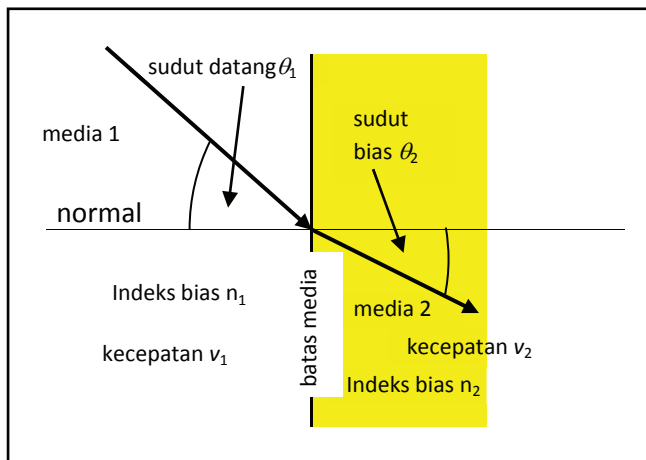
1. Optika Geometri

Optika geometri (*geometrical optics*) atau optika berbasis sinar dan memanfaatkan bentuk geometri permukaan komponen optik menjelaskan penjalaran cahaya yang diasumsikan sebagai sinar yang menjalar pada garis lurus dan jejaknya mengikuti aturan pemantulan dan pembiasan pada garis batas antarmedia yang berlainan (Lipson, Lipson, & Lipson, 2010). Aturan tersebut diungkapkan secara empiris pada 984 M dan digunakan hingga saat ini untuk mendesain komponen optik dan instrumen optik berbasis penjejak sinar (*ray tracing*) dan bentuk permukaan optik yang dikenai sinar tersebut (Hogendijk, 2003).

a. Pendekatan

Dalam menangani optika geometri, seringkali dilakukan penyederhanaan atau pendekatan perhitungan dan penjalaran sinar melalui

pendekatan paraksial (*paraxial*) atau pendekatan sudut kecil sinar terhadap sumbu optik dari komponen atau modul yang sedang menjadi objek. Dengan pendekatan tersebut, perilaku sinarnya diasumsikan linear dan membuat perhitungan penjalaran sinar pada komponen dan sistem optik dengan rumus yang lebih sederhana. Hal tersebut mengarah pada teknik optika *Gaussian* dan sinar paraksial, yang dimanfaatkan untuk memperoleh sifat-sifat sistem optik, seperti perkiraan (*approximation*) posisi atau kedudukan citra dan obyek serta pembesaran (*magnification*) (Greivenkamp, 2004). Tentu saja, untuk melakukan perhitungan pada komponen atau modul optik yang terdiri atas banyak lensa dan atau cermin, pendekatan paraksial tidak lagi dapat digunakan. Perhitungan harus menggunakan cara-cara yang lebih tepat dan teliti, misalnya menggunakan rumus-rumus untuk sinar meridional (sinar yang jauh dari sumbu optik) dan sinar *skew* (sinar miring yang tidak sebidang dengan sumbu optik).



Sumber: Lipson dkk. (2010)

Gambar 1.1 Penjelasan Mekanisme Pembiasan Sinar Cahaya

b. Pembiasan

Ketika membahas optika geometri, pembiasan merupakan salah satu hal utama yang harus diketahui, dimengerti, dan diterapkan. Hal terkait hukum pembiasan dapat diringkaskan dengan mengacu pada Gambar 1.1.

Pembiasan terjadi ketika cahaya merambat pada medium berindeks bias yang berbeda. Perbedaannya bisa pada batas yang diskrit antara dua media yang berbeda, seperti air dan udara, maupun “batas” kontinu (tidak diskrit), seperti pada GRIN (*gradient index*) (Marchand, 1978). Prinsip ini membuat lensa dapat mengumpulkan atau menyebarkan cahaya. Contoh yang paling sederhana adalah saat cahaya merambat pada suatu medium yang homogen dengan indeks bias n_1 , kemudian menembus medium yang homogen dengan indeks bias n_2 (lihat Gambar 1.1). Untuk keadaan yang demikian, Hukum Snellius menjelaskan bahwa hasil pembiasan sinar tersebut sesuai dengan rumus:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

θ_1 adalah sudut antara garis normal dan sinar datang;

θ_2 adalah sudut antara garis normal dan sinar bias (Zemansky dkk., 1992).

Sementara itu, hubungan indeks bias suatu medium (n) dengan kecepatan cahaya pada medium tersebut (v), adalah

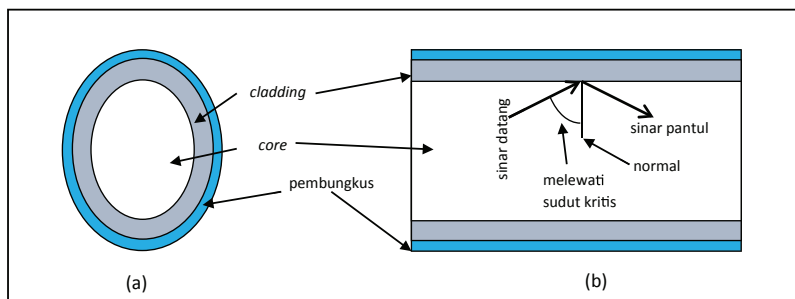
$$n = c/v,$$

c adalah kecepatan cahaya pada ruang hampa.

Hukum Snellius juga dapat dimanfaatkan untuk memprediksi pembiasan sinar cahaya ketika melewati medium yang linear, dengan syarat indeks bias dan bentuk fisik medianya diketahui. Sebagai contoh, perambatan cahaya melalui prisma menghasilkan sinar cahaya dapat dibelokkan tergantung bentuk dan arah prismanya. Pada kebanyakan

bahan optik (bahan yang transparan), nilai indeks biasnya ternyata berbeda-beda pada warna cahaya yang melewatinya. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, Hukum Snellius dimanfaatkan untuk memprediksi bagaimana prisma menyebarkan cahaya putih yang memasukinya, kemudian “diubah” menjadi spektrum cahaya warna-warni “pelangi”, yang diungkapkan oleh Newton (Zemansky, Sears, Freedman, & Young, 1992).

Beberapa media mempunyai indeks bias yang bervariasi secara bertahap sesuai posisinya sehingga sinar cahaya saat melewati media tersebut tampak melengkung. Hal ini merupakan penjelasan mengapa terjadi fatamorgana ketika terik matahari di sebuah dataran. Panas yang mengenai dataran tersebut mengakibatkan perubahan indeks bias udara di atasnya tidak merata sehingga sinar cahaya seolah-olah menjalar bukan sebagai garis lurus, melainkan melengkung pada jarak jauh. Fenomena tersebut dimanfaatkan untuk membuat bahan optik berindeks bias yang bervariasi untuk keperluan tertentu atau disebut GRIN (Marchand, 1978). Dengan demikian, sebuah lensa dapat berbentuk bidang datar pada kedua sisinya (*plan parallel plate*), tanpa sebuah permukaan lengkung pun dengan memanfaatkan GRIN (Gomez-Reino dkk, 2002).



Ket.: (a) Irisan melintang serat optik dan (b) Irisan membujur serat optik.

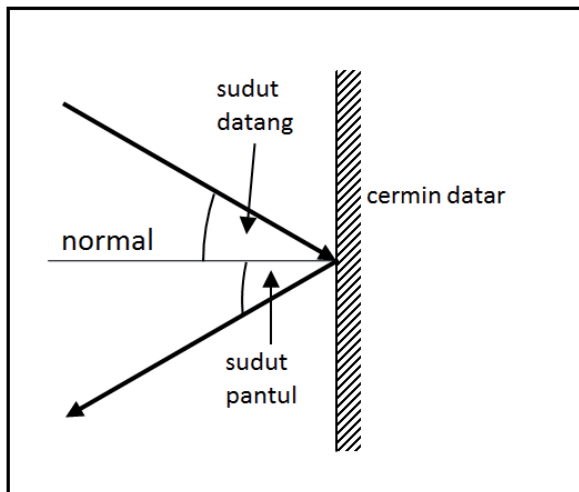
Sumber: Zemansky dkk. (1992)

Gambar 1.2 Penjalaran sinar pada serat optik dengan memanfaatkan pemantulan total terjadi saat sinar datang melebihi sudut kritis.

Ketika sinar cahaya merambat dari bahan berindeks bias bernilai tinggi ke bahan berindeks bias bernilai rendah, hukum Snellius memprediksi tidak ada sinar cahaya yang dibiaskan ketika sinar cahaya tersebut datang pada sudut yang lebih besar dari sudut kritis. Hal tersebut berarti semua sinar cahaya dipantulkan. Peristiwa ini disebut pemantulan internal secara total (*total internal reflection*). Hal ini dimanfaatkan oleh teknologi serat optik (*fiber optics*), dengan inti (*core*) serat optik tersebut dibuat dari bahan berindeks bias bernilai tinggi, sedangkan bagian luarnya (*cladding*) dibuat dari bahan berindeks bias bernilai rendah, sebagaimana tampak pada Gambar 1.2.

c. Pemantulan

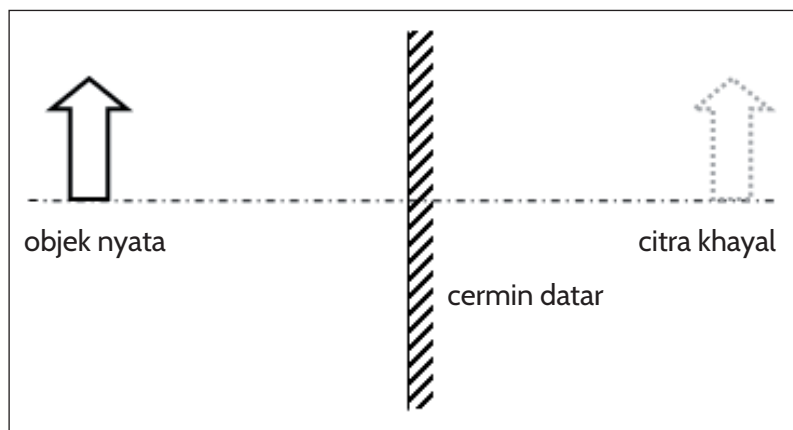
Peristiwa pemantulan dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu spekular (*specular*) dan difus (*diffuse*). Pemantulan spekular terjadi pada permukaan yang mengkilap, seperti cermin, yang memantulkan cahaya secara sederhana dan dapat diprediksi (lihat Gambar 1.3). Hal



Gambar 1.3 Diagram pemantulan spekular pada cermin datar, dengan besaran sudut pantul sama dengan sudut datang.

ini memungkinkan terjadinya pembentukan citra hasil pemantulan yang dikaitkan dengan benda yang sebenarnya (*real*) atau ekstrapolasi lokasi (*virtual*) dalam ruang. Pemantulan difus terjadi pada bahan yang tidak mengilap, seperti besi atau kayu. Pemantulan pada permukaan ini hanya dapat digambarkan secara statistik dengan distribusi cahaya yang dipantulkan secara tepat tergantung struktur mikroskopik bahan pemantul tersebut. Banyak pemantul difus dijelaskan atau dapat didekati dengan Hukum *Cosinus* Lambert. Hukum ini menggambarkan bahwa permukaan memiliki pencahayaan yang sama jika dilihat dari sudut mana pun. Namun, hukum *cosinus* Lambert tidak akan dibahas lebih lanjut dalam buku ini. Permukaan mengilap dapat memberi pemantulan, baik spekulat maupun difus.

Dalam peristiwa pemantulan spekulat (selanjutnya disebut pemantulan), arah sinar yang dipantulkan ditentukan oleh sudut sinar datang terhadap normal (imajiner), yaitu garis tegak lurus permukaan pada titik di mana sinar mengenainya. Sinar datang, sinar yang dipantulkan, dan garis normal berada pada satu bidang. Sudut antara sinar yang dipantulkan dan normal permukaan adalah sama dengan sudut antara



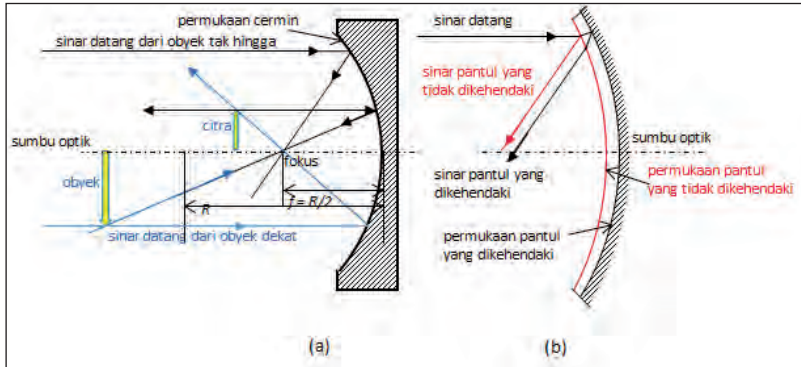
Gambar 1.4 Pencerminan pada cermin datar menghasilkan citra khayal (tidak dapat ditangkap pada layar).

sinar datang dan normal. Hal ini dikenal sebagai Hukum Pemantulan sebagaimana yang diperlihatkan secara skematis pada Gambar 1.3.

Untuk cermin datar, hukum pemantulan menjelaskan bahwa citra (*image*) yang tegak berada pada jarak yang sama di balik cermin, sebagaimana objek berada di depan cermin, demikian pula ukurannya. Dengan demikian, ukuran objek sama dengan ukuran citra, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.4 (Zemansky dkk., 1992). Hukum pemantulan juga mendeskripsikan bahwa citra akibat cermin itu terbalik sebagian atau disebut inversi kiri-kanan. Hal tersebut berarti citra objek kiri tampak menjadi kanan, dan sebaliknya. Sementara itu, citra atas-bawah tetap sama dengan objeknya. Dengan demikian, citra yang terbentuk dari hasil dua kali pemantulan kanan-kiri menjadi tidak terbalik, bahkan untuk kepentingan lainnya, reflektor bersudut (*retroreflector*) dibuat agar terjadi tiga kali pemantulan yang mengakibatkan sinar datang dipantulkan ke arah asal sinar tersebut datang.

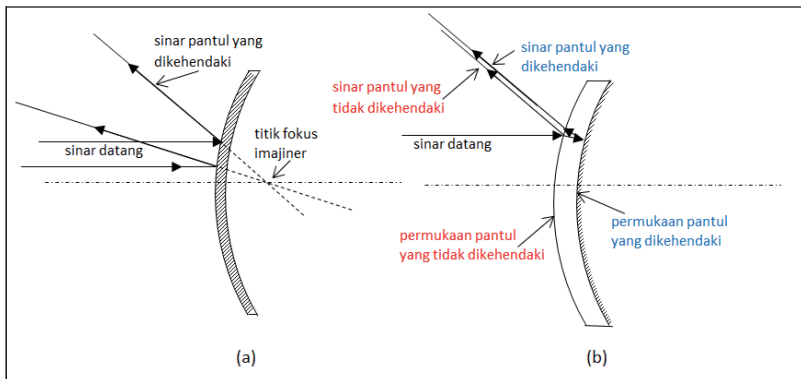
Cermin dengan permukaan melengkung dapat digambarkan melalui penjejakan sinar dan menggunakan hukum pemantulan pada setiap titik di permukaan tersebut. Untuk cermin dengan permukaan parabola, sinar paralel yang datang pada cermin menghasilkan sinar pantul yang berkumpul di titik fokus. Permukaan melengkung lain juga dapat memfokuskan cahaya, tetapi dengan perbedaan karena bentuknya menyebar sehingga fokus tersebar pada ruang.

Secara khusus, cermin sferis menunjukkan penyimpangan sferis juga, yang disebut sebagai aberasi sferis (*spherical aberration*). Cermin cekung dapat membentuk citra nyata dengan perbesaran yang lebih besar dari satu (pembesaran) atau kurang dari satu (pengecilan), dan pembesarannya bisa negatif, yang menunjukkan bahwa citranya terbalik dibandingkan objeknya (Gambar 1.5). Sementara itu, cermin cembung (Gambar 1.6) selalu memberikan citra khayal, yang berarti tidak dapat ditangkap layar.



Ket.: (a) cermin depan (*front mirror*), ketika sinar datang dari ujung objek sejajar sumbu optik maka sinar pantul menuju ke dan melintasi titik fokus. Jarak antara titik fokus dan permukaan cermin adalah setengah panjang jari-jari kelengkungan cermin tersebut ($R/2$), yang jalannya sinar ditunjukkan oleh garis biru berpanah di bagian bawah. Sebaliknya, ketika sinar datang dari ujung objek menuju ke dan melintasi titik fokus maka sinar pantul sejajar dengan sumbu optik. Kedua sinar tersebut membentuk citra ujung objek antara titik fokus dan titik pusat kelengkungan cermin tersebut, dan berupa citra nyata (*real image*). (b) cermin belakang (*back mirror*), Gambar 1.5 menunjukkan adanya sinar pantul ganda akibat dari pemantulan ganda, yaitu dari permukaan-luar yang tidak dikehendaki dan permukaan dalam yang dikehendaki.

Gambar 1.5 Cermin Cekung.



Ket.: (a) cermin-depan (*front mirror*): menggambarkan tidak ada sinar pantul yang tidak dikehendaki (b) cermin-belakang (*back mirror*): menggambarkan adanya sinar pantul yang tidak dikehendaki.

Gambar 1.6 Cermin Cembung.

Di samping masalah pemantulan sederhana sebagaimana yang dijelaskan sebelumnya (lihat Gambar 1.5 (a) dan 1.6 (a)), terdapat pula pemantulan yang jarang diamati dalam kehidupan sehari-hari. Pemantulan ini adalah pemantulan yang sebenarnya tidak dikehendaki dan disebut sebagai pemantulan ganda (*double reflection*). Hasil pantulannya disebut bayangan hantu (*ghost image*), dan peristiwa tersebut terjadi pada cermin-belakang (*back mirror*) yang diperlihatkan pada Gambar 1.5 (b) dan 1.6 (b). Pemantulan ganda akibat cermin-belakang dapat dilihat secara jelas dengan menggunakan *laser pointer* cahaya tampak.

d. Lensa

Lensa adalah suatu komponen terpenting dalam optik yang membuat sinar cahaya mengumpul atau menyebar sebagai akibat dari pembiasan. Lensa dicirikan dengan panjang fokus (*focal length*). Lensa yang mengumpulkan cahaya disebut mempunyai panjang fokus positif. Sebaliknya, lensa yang menyebarkan cahaya disebut mempunyai panjang fokus negatif. Panjang fokus yang lebih kecil menunjukkan bahwa lensa tersebut mempunyai permukaan dengan jari-jari kelengkungan yang kecil. Adapun panjang fokus sebuah lensa di udara, secara sederhana dirumuskan sebagai berikut:

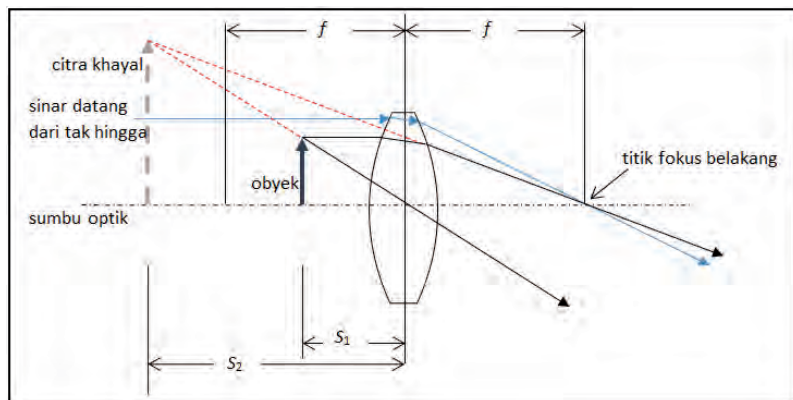
$$\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f},$$

S_1 adalah jarak antara objek dan lensa,

S_2 adalah jarak antara lensa dan citra,

f adalah panjang fokus lensa, dengan konvensi tanda yang digunakan adalah jarak objek dan citra adalah positif jika objek dan citra tersebut pada sisi yang berlawanan terhadap lensa.

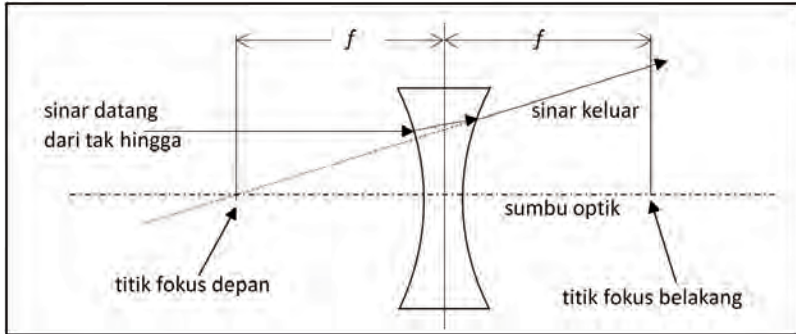
Sinar-sinar paralel dengan sumbu optik yang datang pada sebuah lensa difokuskan oleh lensa positif (Gambar 1.7) ke suatu titik yang disebut titik fokus yang berjarak satu panjang fokus dari lensa tersebut



Gambar 1.7 Lensa Positif

pada sisi berlawanan dari sinar datang. Titik fokus ini disebut titik fokus belakang (*back focal point*) dari lensa. Sebaliknya, penelusuran sinar paralel dari belakang terkumpul pada titik fokus depan (*front focal point*). Kedua titik fokus tersebut tidak harus sama jaraknya dengan permukaan lensa karena tergantung kelengkungan permukaan yang membentuk lensa tersebut. Sinar yang datang dari objek pada jarak yang terhingga (tidak tak terhingga) difokuskan lebih jauh dari jarak fokus tersebut. Semakin dekat objek tersebut terhadap lensa, semakin jauh citra yang terbentuk tersebut dari lensa. Ketika objek tersebut berada pada jarak sejauh panjang fokus dari lensa, citra yang terbentuk adalah tak hingga. Ketika berada pada jarak yang lebih pendek dari panjang fokus, citra yang terbentuk menjadi citra khayal (tak nyata).

Sementara itu, pada lensa negatif seperti pada Gambar 1.8, sinar-sinar paralel datang menyebar setelah melalui lensa tersebut. Artinya, titik fokusnya berada di depan (titik fokus depan) dan tidak nyata. Setara dengan cermin, orientasi arah citra (misalnya arah tegak, *upright*) yang sama dengan objeknya adalah khayal, sedangkan citra berorientasi terbalik (*inverted*) terhadap objeknya adalah nyata (Zemansky dkk., 1992).



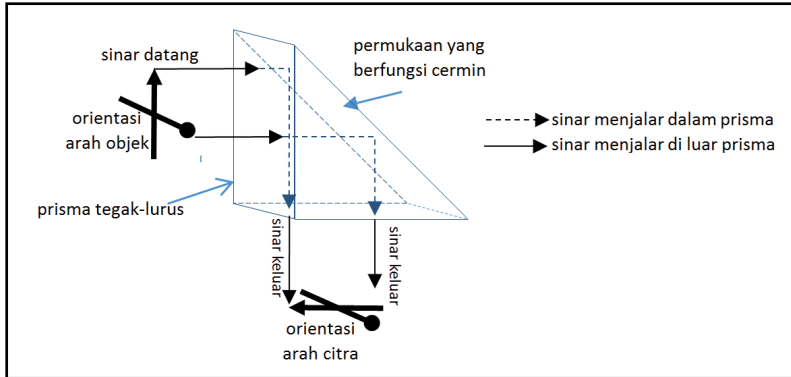
Gambar 1.8 Lensa Negatif

Di samping itu, lensa-lensa juga mengalami aberasi. Aberasi menyebabkan citra yang terbentuk menjadi terdistorsi. Aberasi monokromatis terjadi karena geometri lensa yang tidak mengarahkan sinar secara sempurna dari setiap titik objek ke satu titik citra, sedangkan aberasi khromatik terjadi akibat indeks bias lensa berlainan untuk cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda (Zemansky dkk., 1992).

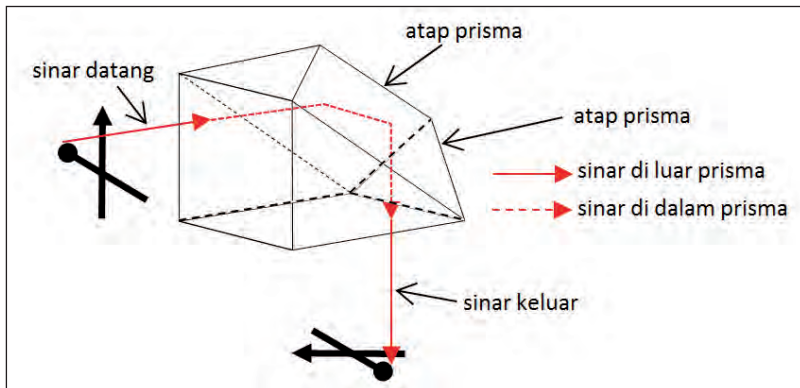
e. Prisma

Salah satu bentuk prisma yang terkenal adalah prisma tegak-lurus (*right angle prism*). Fungsinya adalah membelokkan sinar secara tegak lurus, sebagaimana tampak pada Gambar 1.9.

Sinar yang datang memasuki prisma dalam keadaan tegak lurus terhadap arah sinar yang datang dengan permukaan, akan menembus masuk sampai permukaan pantul yang berfungsi cermin, kemudian dipantulkan. Karena posisi “cermin” ini 45° terhadap sinar masuk, sinar tersebut “dibelokkan” secara tegak lurus. Sinar yang berasal dari objek tegak (lihat objek berujung panah pada Gambar 1.9), ketika keluar dari prisma, orientasinya diubah. Sinar yang semula “atas” menjadi “depan” dan yang semula “bawah” menjadi “belakang”. Sebaliknya, sinar yang orientasinya kiri-kanan, setelah dipantulkan tidak berubah



Gambar 1.9 Struktur Prisma Tegak-Lurus (*Right Angle Prism*)

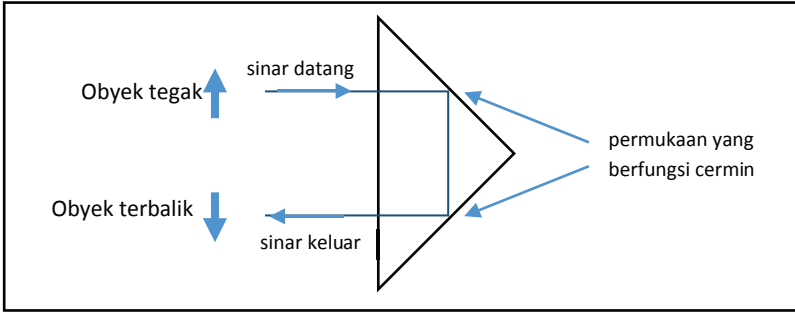


Gambar 1.10 Prisma Tegak-Lurus Beratap (*roofed right angle prism*)

(Gambar 1.9). Artinya, arah atas-bawah berubah, tetapi tidak untuk arah kiri-kanannya.

Dengan munculnya kebutuhan untuk membalikkan orientasi kiri-kanan hasil dari prisma ini maka dilakukan modifikasi terhadap prisma ini dengan membuat atap pada bidang pemantulnya, yang terkenal dengan sebutan “*roofed*” bertujuan agar orientasi kiri dan kanannya juga ikut berubah, sebagaimana pada Gambar 1.10.

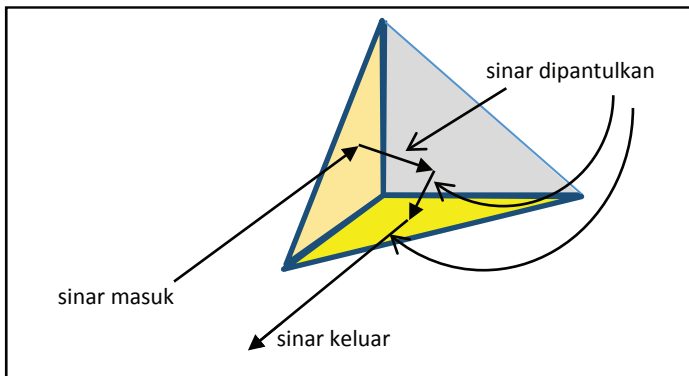
Jika dibandingkan, ternyata jumlah permukaan pantul pada prisma tegak-lurus adalah satu, sedangkan pada prisma tegak-lurus



Gambar 1.11 Prisma Tegak-Lurus pada Orientasi Berbeda

beratap adalah dua, di kanan dan kiri. Hal itulah yang “mengubah” orientasi kiri-kanannya.

Di samping sebagai pembelok sinar, prisma tegak-lurus ini jika dipasang pada orientasi lain, bisa berfungsi sebagai pembalik sinar. Artinya, sinar yang datang pada prisma tersebut akan “dipantulkan” dan menghasilkan sinar dengan arah sebaliknya, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.11. Namun, prisma ini paling sesuai sebagai pembalik citra dan umumnya digunakan pada teropong binokuler secara berpasangan untuk membalikkan citra pada dua arah, yaitu pembalik arah atas-bawah dan arah kanan-kiri.

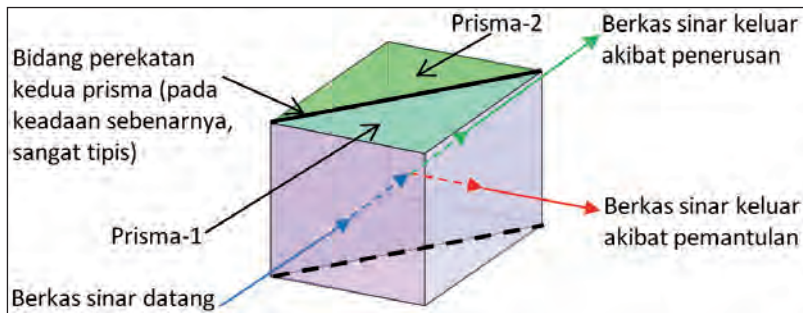


Gambar 1.12 Skema prisma retroreflektor (*retroreflektor*).

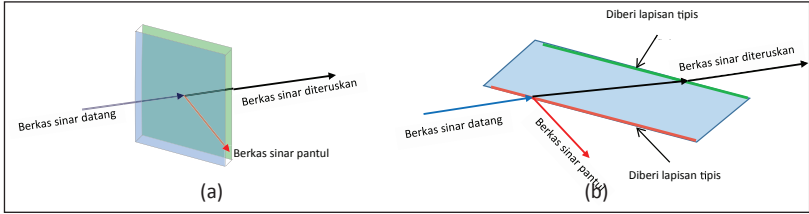
Selain pembalik citra atau pembalik sinar “sederhana”, ada juga yang berfungsi lebih dari sekadar pembalik sinar, yakni sebagai *retroreflector*. Sinar yang berasal dari suatu posisi, setelah dipantulkan oleh prisma tersebut, akan kembali ke posisi semula. Lebih lengkapnya diperlihatkan pada Gambar 1.12.

f. Pembagi berkas (*beam splitter*)

Salah satu komponen optik yang dikenal berfungsi sebagai pembagi berkas adalah prisma tegak lurus (*right angle prism*), di mana bentuknya sama dengan yang terdapat pada Gambar 1.9 dan 1.11. Komponen ini difungsikan secara berpasangan dengan direkatkan antara satu dan lainnya pada bidang miringnya (*hypotenuse*) menggunakan perekat yang tembus pandang dengan nilai indeks bias yang sama atau mendekati sama dengan indeks bias kedua prisma tersebut. Dua di antara produsennya adalah Edmund (Edmund Scientific, 2017) dan Optical Precision (Precision Optical, 2017), yang secara skematis diperlihatkan pada Gambar 1.13. Adapun jenis lain dari pembagi berkas yang diketahui adalah *plate beam splitter*, yang berupa pelat bidang sejajar (*plan parallel plate*) (Edmund Scientific, 2017) dan *pellical beam splitter*, yang berupa membran tipis (Edmund Scientific, 2017). Kedua jenis pembagi berkas tersebut diperlihatkan secara skematis pada Gambar 1.14 dan Gambar 1.15.

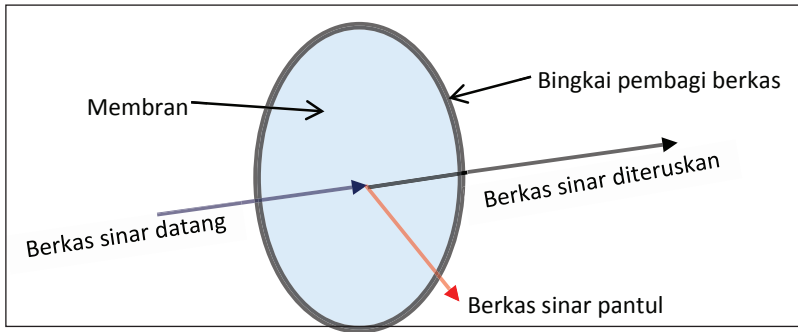


Gambar 1.13 Sepasang prisma tegak lurus yang difungsikan sebagai pembagi berkas.



Ket. (a) Perspektif (b) Irisan atas perspektif.

Gambar 1.14 Pembagi Berkas Bidang Sejajar.



Gambar 1.15 Pembagi berkas *pellical*, dengan substansi membran tipis yang sebagian memantulkan dan sebagian lain meneruskan sinar yang datang.

Setiap jenis pembagi berkas memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kelebihan pembagi berkas sepasang prisma (Gambar 1.13) dapat diatur sedemikian rupa agar membagi berkas dengan perbandingan 50% : 50% antara yang dipantul dan yang diteruskan. Selain itu, menerima berkas secara frontal terhadap sinar datang dan memiliki kepresisian tertinggi di antara pembagi berkas. Kelemahan pembagi berkas jenis ini berukuran relatif lebih besar dan lebih mahal. Pembagi berkas sepasang prisma ini umumnya dimanfaatkan untuk menangani interferometri dengan menggunakan berkas laser karena panjang jejak sinar dalam prisma bisa dibuat sama antara yang dipantulkan dan yang diteruskan. Pembagi berkas jenis ini hampir dipastikan tidak digunakan sebagai komponen optik pada mobil yang dibahas pada buku ini karena harganya yang mahal.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Sebaliknya, kelebihan pembagi berkas bidang sejajar (Gambar 1.14) adalah kesederhanaan dalam pembuatannya, tetapi kekurangannya adalah mengorbankan kepresisiannya dibandingkan jenis sepasang prisma. Di samping itu, pembagi berkas bidang sejajar harus menerima berkas dalam keadaan menyudut 45° , jika tidak demikian pembagiannya tidak 50% : 50% antara berkas yang dipantulkan dan yang diteruskan. Selain itu, terdapat beda panjang jejak antara berkas yang dipantul dan yang diteruskan. Pembagi berkas bidang sejajar ini umumnya digunakan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya sebagai komponen optik yang digunakan pada mobil, yaitu cermin bahu anti-silau pada malam hari.

Kelebihan pembagi berkas *pellicle* (Gambar 1.15) adalah membagi berkas hampir 50% : 50% antara yang dipantulkan dan yang diteruskan dengan perbedaan panjang jejaknya setebal membran *pellicle* yang sangat tipis. Oleh karena itu, harus ditempatkan pada sebuah bingkai yang umumnya bundar agar tegangan pada membran tersebut merata. Sejauh ini, pembagi berkas *pellicle* digunakan dalam percobaan di laboratorium.

g. Perangkap cahaya (*light trap*)

Perangkap cahaya adalah komponen optik yang seringkali dilihat bukan sebagai komponen optik walaupun mengolah cahaya. Komponen ini berfungsi menahan atau menyerap cahaya agar ketika cahaya menumbuk komponen ini, tidak dipantulkan atau dibiaskan agar tidak berpengaruh kepada lainnya, misalnya mata menjadi silau akibat dipantulkan komponen ini. Komponen jenis ini umumnya berwarna hitam. Salah satu produsen komponen ini adalah Edmund Optics dengan nama produk *Light Absorbing Black-Out Material* (Edmund Optics Inc, 2017). Jenis komponen ini pada tingkatan ringan digunakan oleh pabrik mobil sebagai lapisan pada dasbor mobil agar ketika terkena cahaya matahari maka cahaya tersebut diserap sehingga

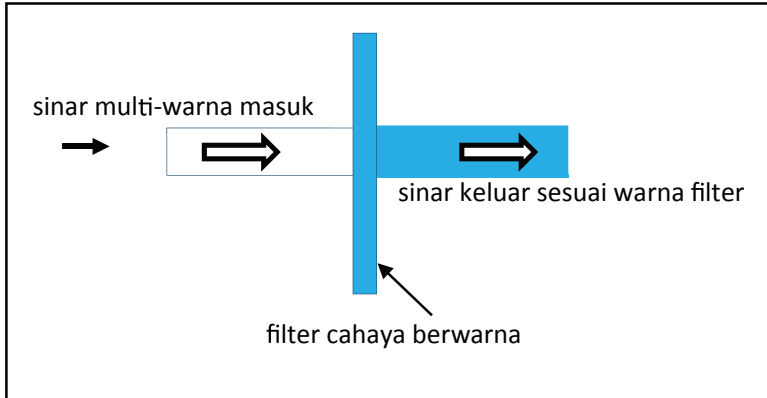
tidak dipantulkan dan tidak membuat mata pengemudi atau mata penumpang dalam mobil menjadi silau, bahkan tersedia pula aksesoris yang disebut *dash-mat*.



Gambar 1.16 *Dash-mat* yang berfungsi sebagai perangkap cahaya (*light absorbing*) di samping fungsi lain agar benda-benda yang berada di atasnya tidak tergelincir saat kendaraan bermanuver.

h. Filter cahaya

Filter cahaya yang dimaksud dalam buku ini dibatasi pada penyaring (*filter*) cahaya multi-warna, banyak warna, atau multikromatis (*polychromatic*). Setelah melewati filter cahaya maka cahaya tersebut menjadi monokromatis (*monochromatic*) atau satu warna sebagaimana digambarkan secara sederhana pada Gambar 1.17. Dalam buku ini, filter cahaya yang dimaksud bukan seperti *bandpass filter* (meneruskan cahaya pada suatu batas panjang gelombang tertentu pada spektrum cahaya), *lowpass filter* (meneruskan cahaya pada panjang gelombang rendah pada spektrum cahaya), atau *highpass filter* (meneruskan cahaya pada panjang gelombang tinggi pada spektrum cahaya). Prinsip ketiga macam filter tersebut adalah optika fisik.



Gambar 1.17 Ilustrasi Mekanisme *Filter* Cahaya.

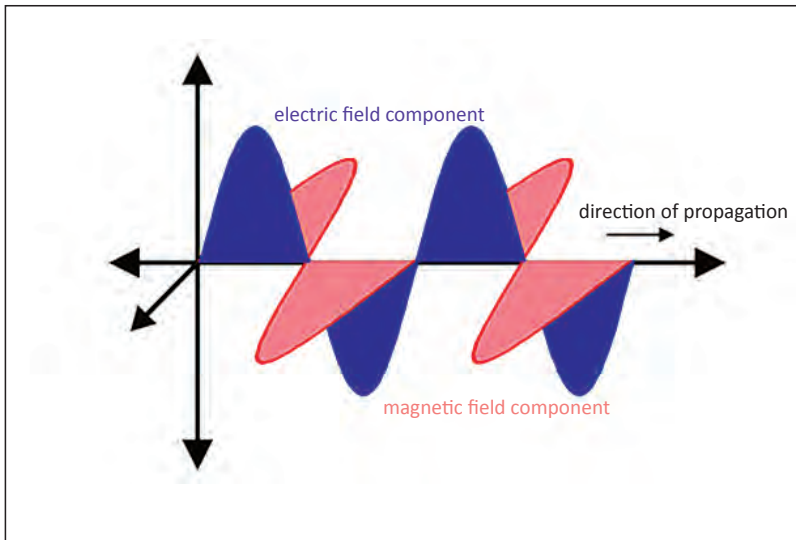
2. Optika Fisik

Filter Polarisasi Cahaya

Dalam bidang optika fisik, cahaya diperlakukan **bukan** sebagai sinar sebagaimana yang dijadikan dasar optika geometri, melainkan sebagai gelombang. Dengan dasar itulah ditemukan adanya peristiwa interferometri, yang tidak bisa dijelaskan melalui optika geometri. Untuk instrumen optik pada mobil, pemanfaatan peristiwa polarisasi cahaya adalah berbasis optika fisik. Peristiwa polarisasi cahaya dalam mobil dimanfaatkan antara lain sebagai “kaca” pada kacamata antisilau. Kacamata antisilau digunakan saat pagi dan sore hari, ketika matahari berada pada arah perjalanan kendaraan sehingga arah pantulannya dari permukaan jalan menuju ke arah mata pengemudi, dan ternyata sinar tersebut dipantulkan secara terpolarisasi. Oleh karena itu, cahaya yang menyilaukan dibuat menjadi tidak menyilaukan bagi pemakainya. Gagasan memanfaatkan filter polarisasi cahaya ini juga digunakan sebagai sarana lampu antisilau. Salah satu filter dipasang di depan lampu mobil, sedangkan filter lain dengan sumbu polarisasi bersilangan dipasang di depan mata pengemudi mobil yang berpapasan. Dengan demikian, cahaya yang berasal dari lampu mobil yang

berlawanan arah menjadi tampak redup, bahkan bisa dibuat hingga gelap. Sementara itu, cahaya yang berasal dari lampu mobilnya tetap terang dan tidak menyilaukan karena searah dengan pandangan mata pengemudinya.

Fenomena optik tersebut dijelaskan dengan mengacu pada Gambar 1.18. Cahaya yang diasumsikan sebagai gelombang elektromagnetik yang terdiri atas gelombang medan magnetik (warna merah, arah mendatar) dan gelombang medan listrik (warna biru arah tegak), keduanya saling tegak-lurus (Fink, Winchester, Carver, & Johnson, 2008). Sebagaimana yang telah diketahui tentang sifat gelombang, gelombang yang satu dengan gelombang lainnya dapat berinterferensi. Hal ini berkaitan dengan panjang gelombangnya.

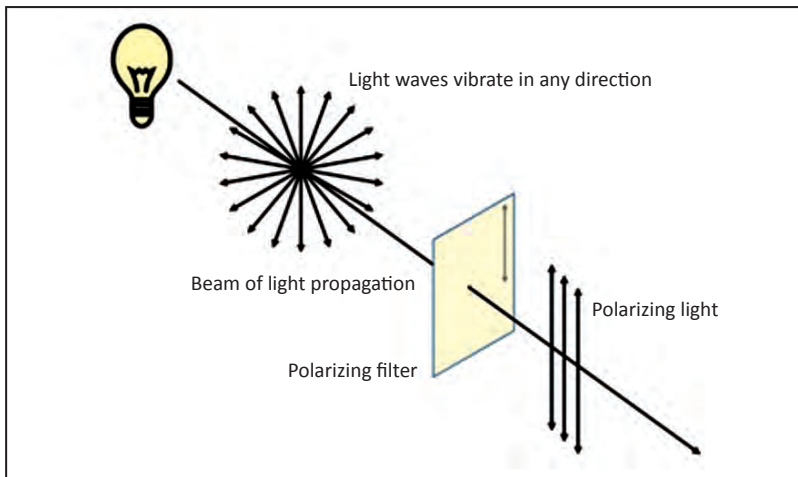


Sumber: Fink dkk. (2008)

Gambar 1.18 Ilustrasi Cahaya Sebagai Gelombang Elektromagnetik

Bahan asli filter polarisasi cahaya dipatenkan pada 1929 (Land, 1951), kemudian dikembangkan oleh Edwin H. Land pada 1932. Filter yang dikembangkan ini mengandung banyak kristal mikroskopis *iodoquinine sulphat* yang dipasangkan dalam film tembus pandang polimer nitroselulosa. Kristal berbentuk jarum tersebut diharmonisasi selama pembuatan film dengan menariknya atau mengekspos medan listrik atau medan magnet. Dengan kristal yang harmonis, bahan tersebut menjadi dikhroik, menyerap cahaya yang searah dengan kristal, dan meneruskan cahaya terpolarisasi tegak lurus (Cosentino, 2015), lihat Gambar 1.19.

Ketika cahaya tak terpolarisasi memasuki polarisator linear dengan sumbu tegak (Gambar 1.19), gelombang yang tegak diteruskan dan gelombang yang mendatar diserap (Zemansky dkk., 1992). Ketika cahaya yang sudah terpolarisasi linear tersebut memasuki polarisator yang dipasang pada sumbu yang saling tegak lurus (sumbu polarisasinya mendatar), tidak ada cahaya yang diteruskan (American Polarizer, 2016).



Sumber: Cosentino (2015)

Gambar 1.19 Ilustrasi Polarisasi Cahaya Melalui Filter Polarisasi.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB 2

PERANAN KOMPONEN DAN MODUL OPTIK PADA MOBIL

Hampir semua mobil, di dalamnya mengandung banyak modul dan komponen optik, atau komponen yang pembuatan dan pemanfaatannya melibatkan ilmu optik. Komponen dan modul optik ini berperan sangat vital, khususnya untuk keselamatan dan kenyamanan.

Pada mulanya, mobil dimanfaatkan hanya pada siang hari sehingga tidak diperlukan sarana penerangan dalam perjalanan. Namun, begitu mobil tersebut digunakan pada malam hari, perlu adanya lampu sebagai sarana penerangan dalam perjalanan. Karena laju mobil pada saat itu relatif pelan, lampu yang berbasis lidah api masih bisa diterima. Cahaya lampu yang demikian itu menyebar ke semua arah sehingga intensitasnya relatif rendah untuk pandangan ke depan. Kemudian, ditambahkan cermin cekung di belakangnya sehingga cahaya lebih terarah. Ketika mobil sudah mampu melaju dengan kencang, nyala lidah api yang melawan angin bisa padam. Oleh karena itu, perlu penambahan penutup yang transparan agar lampu tetap menyala walaupun diterpa angin. Bahan penutup transparan pada waktu itu terbuat dari kaca (*glass*), yang juga sebagai bahan baku lensa. Tidak hanya itu, jangkauan berkas cahaya lampu dibutuhkan untuk mencapai jarak jauh ke depan sehingga ditambahkan komponen optik berupa



lensa positif. Dengan lensa tersebut, cahaya difokuskan ke depan mobil pada area yang dikehendaki.

Perkembangan teknologi terjadi di berbagai bidang, termasuk mobil dan komponen serta modul optik. Mobil yang—ketika buku ini sedang ditulis—dikembangkan Tesla (*Full self-driving hardware on all cars*, 2016) dapat berjalan sendiri. Tentunya, hal tersebut tidak mungkin dilakukan tanpa kamera dan kamera itu berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi optik. Optik berperan sebagai sarana memproyeksikan citra ke suatu bidang tertentu dalam rangka menyediakan sarana pemaparan informasi digital yang fleksibel dan waktu-nyata (*real time*) bagi pengemudi. Sarana tersebut baru beberapa tahun ini muncul dan menjadi bagian dari mobil mewah. Hal ini tidak terlepas dari ilmu pengetahuan dan teknologi optik. Pada mobil super mewah, langit-langit interiornya dihiasi kerlipan cahaya bagaikan gemintang di langit. Tentunya hal itu memerlukan pengolahan cahaya secara optik.

Itulah latar belakang diperlukannya komponen optik untuk mengatasi permasalahan pada mobil. Penjelasan dan rincian pemanfaatan komponen dan modul optik dalam kendaraan dijelaskan pada masing-masing subbab. Hal tersebut perlu disebarluaskan kepada masyarakat luas, khususnya pelajar, mahasiswa, peneliti, dan pemerhati teknologi otomotif. Tujuannya menularkan pengetahuan dasar untuk memunculkan inspirasi komponen baru, modul optik baru, atau modifikasinya, khususnya yang terkait dengan mobil.

Buku ini menjelaskan tentang berbagai komponen, modul, peralatan atau instrumen berbasis optik atau yang pabrikasinya menyertakan ilmu optik. Buku ini juga memuat nama, definisi, fungsi, sejarah, jenis, dan prinsip optik dari setiap komponen.

Dalam setiap komponen atau modul optik yang dijelaskan pada buku ini, penulis membahas penamaan atau sebutannya dari berbagai sumber. Kemudian penulis menjelaskan definisi komponen atau modul dimaksud dengan menggunakan berbagai sumber, termasuk

literatur dari Perserikatan Bangsa-Bangsa. Setelah itu, dijelaskan tentang fungsi komponen atau modul yang dibahas tersebut. Tidak kalah pentingnya adalah prinsip optik dari komponen atau modul tersebut sehingga mampu memudahkan manusia menggunakan mobil. Sejarah komponen atau modul yang dibahas juga dikemukakan sejauh penelusuran penulis terhadap literatur dan pengalaman penulis. Hal ini untuk membekali pembaca tentang alasan munculnya komponen atau modul tersebut. Ada pula komponen atau modul optik yang diberi penjelasan tambahan, yaitu lampu utama. Hal itu karena ada lampu utama yang masing-masing sisinya menempatkan dua lampu, yaitu lampu jauh dan lampu dekat. Ada pula yang masing-masing sisinya hanya menempatkan satu lampu secara fisik, tetapi karena menggunakan prinsip optik, satu lampu tersebut dapat difungsikan menjadi lampu jauh dan lampu dekat dengan desain khusus.

A. LAMPU UTAMA

1. Nama/Sebutan

- a) Lampu utama (Republik Indonesia, 2009), (Pemerintah Republik Indonesia, 2012).
- b) Lampu utama (*headlamp*), disebutkan dalam Aturan PBB (*UN Regulation*) yang berkaitan dengan peraturan lampu kendaraan yang menyoroti permukaan jalan ke depan (United Nations, 2012; United Nations, 2010).
- c) Cahaya utama (*head light*), digunakan untuk lampu mobil yang menyorot ke arah depan (MacMillan Dictionary, 2016).

2. Definisi/Pengertian

Ada berbagai definisi yang didapatkan dari berbagai sumber, yaitu

- a) Cahaya di bagian depan kendaraan, seperti mobil atau sepeda motor (Merriam-Webster, 2016).



Sumber: Grayen (2015)

Gambar 2.1 Salah Satu Jenis Lampu Utama pada Sebuah Mobil

- b) Cahaya yang sangat kuat dengan reflektor; yang ditempatkan pada bagian depan mobil atau lokomotif (The Free Dictionary by Farlex, 2016).
- c) Cahaya kuat, dilengkapi dengan reflektor, dan ditempatkan pada bagian depan mobil, lokomotif, dan lain-lain (Collins English Dictionary, 2016).
- d) Suatu cahaya yang kuat pada bagian depan kendaraan bermotor atau kereta api (English Oxford Dictionary, 2016).
- e) Cahaya utama individual, khususnya untuk kendaraan bermotor (Your dictionary, 2016).
- f) Cahaya dengan reflektor dan lensa yang ditempatkan pada bagian depan lokomotif, kendaraan bermotor atau kendaraan lain (Your dictionary, 2016).
- g) Cahaya terang, dengan lensa dan reflektor, di depan kendaraan bermotor (awalnya kereta api), dirancang untuk menerangi jalan ketika berjalan pada malam hari, umumnya sepasang (Your dictionary, 2016).

- h) Cahaya yang besar dan kuat pada bagian depan kendaraan, umumnya satu atau dua (Cambridge Dictionaries Online, 2016).
- i) Cahaya pada bagian depan kendaraan (seperti pada mobil atau sepeda motor) [definisi sederhana] (Cambridge Dictionaries Online, 2016).
- j) Cahaya dengan reflektor dan lensa khusus yang ditempatkan pada bagian depan kendaraan untuk menerangi jalan di depannya [definisi lengkap] (Cambridge Dictionaries Online, 2016).
- k) Lampu yang digunakan untuk menerangi jalan pada jarak yang panjang di depan kendaraan [definisi berkas utama] (United Nations, 2010).
- l) Lampu yang digunakan untuk menerangi jalan di depan kendaraan tanpa menyebabkan silau yang tidak layak atau ketidaknyamanan pengemudi kendaraan yang datang atau pengguna jalan lain [definisi berkas lampu ketika menyalip] (United Nations, 2010).
- m) Salah satu dari dua lampu pada bagian depan kendaraan, dimanfaatkan untuk membantu mengemudikannya di malam hari (MacMillan Dictionary, 2016)

Akhirnya disimpulkan bahwa lampu utama adalah lampu yang terdapat di bagian depan kendaraan, baik yang dilengkapi maupun tidak dilengkapi reflektor dan lensa yang berfungsi sebagai penerang jalan ke arah depan yang dipakai pada kondisi gelap atau malam atau alasan lain.

3. Fungsi

Pada hakikatnya, fungsi lampu utama pada mobil adalah menerangi jalan di depan mobil yang akan dilalui pada malam hari, kondisi gelap, atau remang sehingga pengemudi mampu mengamati jalan dan sekitarnya dan mampu mengendalikan kendaraannya. Pada 1970, lampu



utama sepeda motor harus dinyalakan walaupun siang hari (National Motorists Association, 2016; Association of Drivers Against Daytime Running Lights, 2016). Ketentuan ini di Indonesia diberlakukan sejak 22 Juni 2009, dengan adanya Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, pasal 107 ayat (2) (Republik Indonesia, 2009), demikian pula di Inggris dengan adanya *The Road Vehicles Lighting Regulations 1989*. Menyalakan lampu utama pada siang hari untuk sepeda motor dimaksudkan agar sepeda motor lebih tampak jelas bagi pengemudi kendaraan lainnya. Hal ini dilakukan untuk mengurangi tabrak depan, baik antarsepeda motor maupun dengan kendaraan bermotor lainnya.

Lampu utama umumnya ada dua jenis, yaitu lampu utama jauh dan lampu utama dekat. Lampu utama jauh berguna untuk menerangi permukaan jalan dan sekitarnya pada jarak yang jauh. Lampu ini umumnya digunakan pada saat melaju sendirian atau tidak berpapasan dengan kendaraan pada arah yang berlawanan atau tidak ada kendaraan yang melaju searah di depannya. Lampu utama dekat berguna untuk menyoroti permukaan jalan dan sekelilingnya dengan jarak dekat, khususnya ketika bersimpangan dengan kendaraan yang datang dari depan atau sedang membuntuti kendaraan di depannya. Maksudnya agar pengemudi tetap melihat permukaan jalan dan sekitarnya, tetapi tidak menyilaukan pengemudi kendaraan yang berpapasan atau yang dibuntuti.

Ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 terkait lampu pada Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 menyatakan sebagai berikut.

- a) jangkauan minimum lampu utama dekat dan jauh, masing-masing adalah 40 m dan 100 m;
- b) berwarna putih atau kuning muda;
- c) berjumlah dua buah atau kelipatannya;
- d) dipasang pada bagian depan kendaraan bermotor;

- e) dipasang pada ketinggian tidak melebihi 1.500 mm dari permukaan jalan;
- f) dipasang tidak melebihi 400 mm dari sisi bagian terluar kendaraan (Republik Indonesia, 2009), (Pemerintah Republik Indonesia, 2012).

Fungsi lampu utama dalam keselamatan berkendara sangat vital. Di samping sebagai penerang jalan bagi pengemudinya, lampu ini juga sebagai tanda bagi pemakai jalan lainnya, khususnya bagi pengemudi kendaraan dan pejalan kaki yang berlawanan arah dengan kendaraan ini. Tujuannya agar dapat bereaksi atau bertindak untuk menyesuaikan diri dengan kendaraan ini. Tanpa lampu utama, pengemudi kendaraan dan pihak lain yang berinteraksi dengan kendaraan ini, sulit bereaksi terhadap keberadaannya sehingga dapat menimbulkan kecelakaan fatal. Dalam keadaan darurat, misalnya lampu utama mati pada malam hari, penggunaan lampu darurat (*hazard lamp*) masih dapat dimaklumi. Namun, jika semua lampu tidak dapat dinyalakan pada malam hari atau cuaca gelap, kendaraan tidak boleh dijalankan di jalan raya.

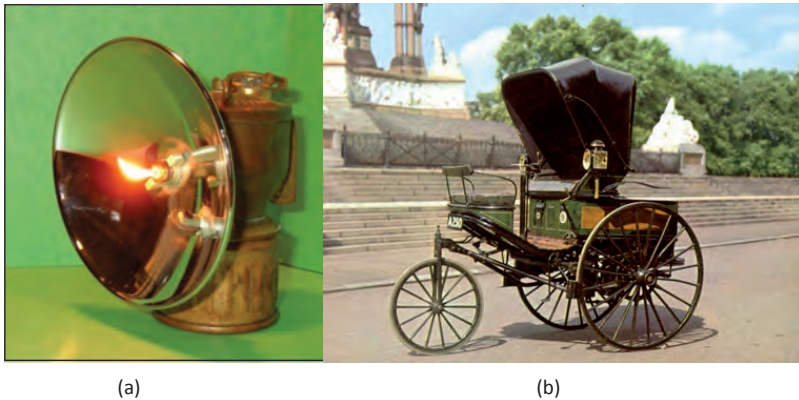
4. Sejarah

Lampu utama mobil, pertama kali digunakan pada 1880-an dengan menggunakan lampu berbahan bakar asetilena (*acetylene*) (Hamer & Hamer, 2016). Nyala (*flame*) lampu tersebut tahan terhadap hujan dan angin kencang (Gambar 2.2 (a)). Lampu itu kemudian dipasang pada sebuah kendaraan yang telah diberi penutup dari kaca (Gambar 2.2 (b)). Adapun lampu utama kendaraan yang menggunakan listrik, ditemukan pada 1898 di *Columbia Electric Car* dari *Electric Vehicle Company of Hartford, Connecticut*, tetapi masih bersifat opsional. Beberapa tahun kemudian, lampu itu terpasang rapi pada mobil Ford Model T (World Wide Registered Muscle Car, 2016).

Lampu utama ini berbentuk bulat sampai tahun 1936 (Gambar 2.3). Hal itu merupakan kemunculan lampu yang disegel (*sealed beam headlamp*), yang kemudian menjadi standar di Amerika Serikat pada 1940 (Popa, 2009) hingga 1984 (Ehardt, 2006). Berbagai bentuk lampu muncul, dan pada 1978 diperkenankan lampu halogen berdasarkan aturan *Federal Motor Vehicle Safety Standard 108* (Sfoskett, 2005). Lampu berbentuk bulat (*sealbeam*) disaingi oleh lampu berbentuk persegi empat yang muncul dari 1975–1984 (Ehardt, 2006). Lampu itu awalnya berbasis kawat (*incandescent lamp*), ditemukan oleh Joseph Swan, dan didemonstrasikan pada 18 Oktober 1878 (Sfoskett, 2005).

Pada awalnya, lampu mobil dinyalakan dengan karbit yang dihasilkan melalui reaksi kalsium karbida (CaC_2) dengan air sehingga didapatkan asetilena (C_2H_2) yang dibakar (Hamer & Hamer, 2016). Lampu ini dapat menahan angin sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.2 (a). Kemudian dibuatkan rumah (*housing*) secara khusus yang terpasang pada kendaraan, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.2 (b) (Izismile.com, 2013).

Perkembangan lampu mobil terus berlanjut menggunakan dinamo. Lampu menggunakan dinamo pada Gambar 2.3 bersumber



Sumber: (a) Hammer & Hammer (2016), (b) Izismile.com (2013)

Gambar 2.2 Lampu Utama Mobil pada Awal Keberadaannya

dari *Bay State Antique Automobile Club's*, pada pameran 10 Juli 2005 di Endicott Estate kota Dedham, MA oleh Sfoskett (Grayen, 2015). Lampu jenis itu berkembang lagi menjadi *sealed beam* sebagaimana tampak pada Gambar 2.4.

Lampu halogen mulai dikembangkan pada 1959 oleh Elmer Fridrich dan Emmet Wiley yang bekerja pada General Electric sejak 1955 (History of Lighting, 2016), namun baru pada 1991 dihasilkan lampu HID (*High Intensity Discharge*) yang mempunyai kuat cahaya 3.000 lumen untuk menerangi daerah sekitar 90 m² sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.5. Teknologi terus berkembang dalam hal penerangan dengan ditemukannya LED berteknologi efisien. Efikasinya dapat mencapai 250 lumen/watt pada 2010 (Osram, 2016) sehingga membuat LED menggantikan lampu jenis lain yang semula dipakai. Untuk keperluan penerangan pada mobil, laser diperkenalkan oleh Audi pada 3 Januari 2014. Audi mengklaim bahwa lampu lasernya dua kali lebih terang daripada LED dan jangkauannya tiga kali lebih jauh daripada LED (DeMorro, 2014).



Sumber: Nolan (2015)

Gambar 2.3 Mobil buatan Ford Model T yang sudah menggunakan dinamo untuk menyalakan lampunya.



Sumber: Ehardt (2006)

Gambar 2.4 Sealbeam, salah satunya berbentuk bulat.



Sumber: MuchBuy (2012)

Gambar 2.5 Lampu HID (*High Intensity Discharge*) Jenis CMH (*Ceramic Metal Halide*)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Kemudian BMW i8 melengkapi mobilnya dengan lampu utama menggunakan laser, dengan kejelasan pada jalan raya dapat mencapai sekitar 550 m, bahkan ditambahkan detektor kendaraan yang berada di depan. Detektor ini secara otomatis dapat mengubah pola pencahayaan lampunya sehingga tidak menyilaukan pengemudi kendaraan lain (DeMorro, 2014).

5. Jenis

Tahun 1880-an merupakan awal digunakannya lampu utama mobil. Sejak tahun 1915 (Kierstein, 2009), lampu utama ini mulai dibuat menjadi dua bagian, yaitu lampu jauh dan lampu dekat. Lampu jauh berfungsi menyinari jalan ketika melaju sendirian. Lampu dekat dinyalakan ketika melaju bersama pengguna jalan lain yang searah atau pada arus lalu lintas yang berlawanan. Model lampu utama ini ada dua macam, yaitu lampu utama jauh dan dekat yang menyatu dalam satu rumah. Jumlah lampu ini ada dua, yaitu kanan dan kiri, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.6. Model lampu utama jauh dan dekatnya terpisah dalam dua rumah, sehingga totalnya ada empat sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.7.

Dengan demikian, jangkauan cahaya lampu dapat dibedakan sebagai berikut.

- a) Berkas jauh. Secara umum, jangkauan cahaya untuk lampu jauh berada pada 100 m sampai dengan 120 m, khususnya ketika kendaraan berkecepatan sekitar 90 km/jam (When should you use high beam headlights?, 2015). Lampu utama jauh ini sering juga dinyalakan sepiintas (*flashed*) untuk berkomunikasi (memberi tanda) kepada pengemudi kendaraan yang berpapasan. Misalnya, agar diberi kesempatan untuk melintas atau memberi salam kepada pengemudi kendaraan yang berlawanan yang saling mengenal (Mulia, 2010).



Sumber: Reina (2016)

Gambar 2.6 Model Lampu Utama Jauh dan Lampu Utama Dekat Menyatu

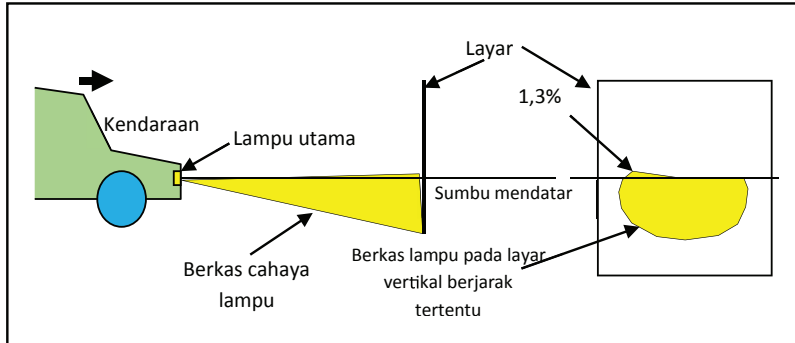


Sumber: Reina (2016)

Gambar 2.7 Model Lampu Utama Jauh dan Lampu Utama Dekat Terpisah

- b) Berkas dekat. Jangkauan cahaya untuk lampu dekat berada sekitar 60 m, khususnya ketika kendaraan berkecepatan sekitar 50 km/jam atau kurang (When should you use high beam headlights?, 2015). Sebagai pengetahuan umum, lampu dekat pada sepeda motor ditetapkan untuk tetap dinyalakan (sehingga tombol un-

Buku ini tidak diperjualbelikan.



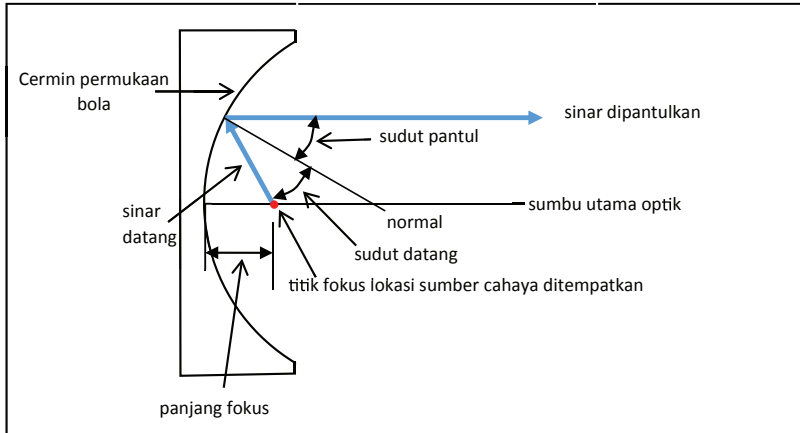
Gambar 2.8 Proyeksi Berkas Lampu Dekat Menurut Aturan PBB

tuk mematikan lampu utama dihilangkan). Lampu dekat inilah yang harus menyala terus meski siang hari. Ketentuan tentang menyalakan lampu depan sepeda motor ini di Indonesia telah diwajibkan melalui Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang ditetapkan pada 22 Juni 2009. Sebenarnya, ada ketentuan lebih lanjut tentang lampu dekat mobil ini, yaitu ketika lampu pendek itu dinyalakan, luas sebaran cahayanya maksimum 1,3% ke arah atas (United Nations, 2010) (Gambar 2.8).

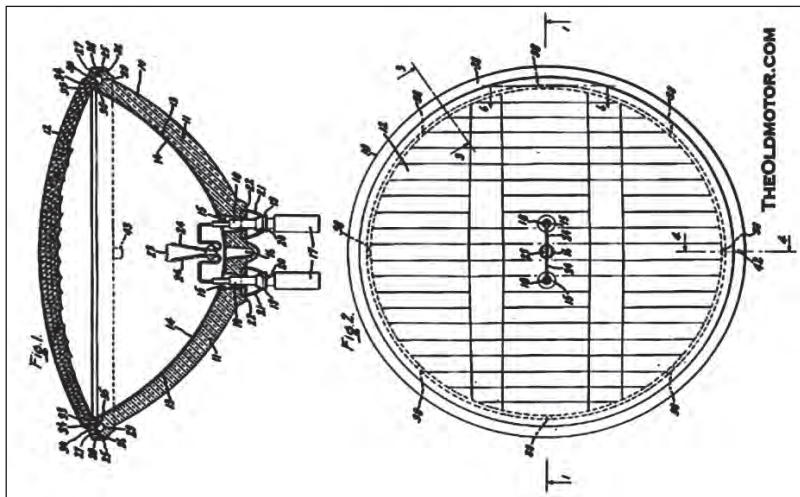
6. Prinsip Optik

Konstruksi lampu ini pada mulanya sederhana. Bagian dalamnya merupakan permukaan bola yang berfungsi sebagai cermin cekung dan posisi sumber cahaya (*flame*) ditempatkan di sekitar titik fokus cermin cekung tersebut. Hal ini agar jangkauannya relatif jauh, (Gambar 2.9) (Headlight reflectors, 2016; what-when-how, 2016). Kemudian, sejak tahun 1925, upaya menggunakan cermin dengan permukaan elips telah dilakukan agar berkas yang dipantulkan tidak banyak yang terbuang dan adanya lensa untuk lebih mengarahkan berkas (Gambar 2.10).

Bentuk permukaan bola (sferis) pada cermin pada lampu tersebut sudah tidak dipakai lagi sejak ditemukannya teknik pembuatan cermin nonsferis untuk komponen tersebut. Teknik itu digunakan, baik pada cermin parabola maupun elips, bahkan cermin-jamak dengan berbagai



Gambar 2.9 Skema optik jalannya sinar dari sumber cahaya (*flame*) ditempatkan pada titik fokus cermin cembung.



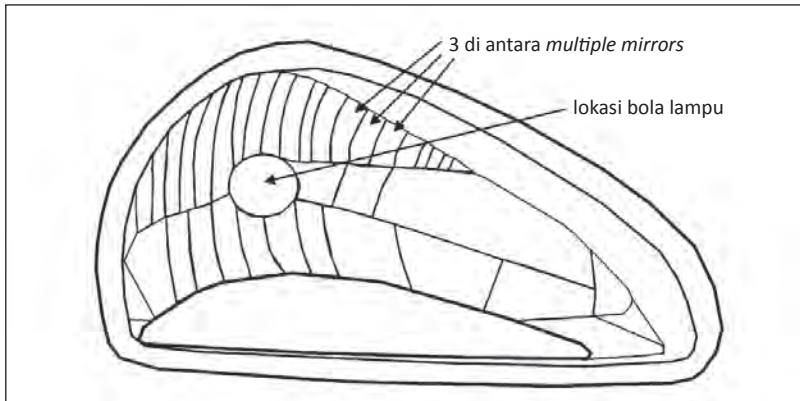
Sumber: Wright (1938)

Gambar 2.10 Skema Optik *Seal Beam Head Lamp*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

kelengkungan permukaannya. Dalam teknik itu, sinar yang berasal dari sumber cahaya menuju permukaan cermin dipantulkan sehingga disebarkan sampai pada objek yang dituju (Gambar 2.11).

Di samping reflektor tersebut, terdapat lensa yang bentuknya seperti sarang lebah dengan pola tertentu yang diperlihatkan pada Gambar 2.12. Lensa tersebut digunakan, khususnya pada lampu dekat. Lensa tersebut berfungsi menghasilkan pola cahaya lampu agar terpapar di jalan sedemikian rupa sehingga tidak menyilaukan pejalan kaki



Gambar 2.11 Skema optik *multiple mirror* digunakan untuk memantulkan sinar lampu pada lampu utama mobil.



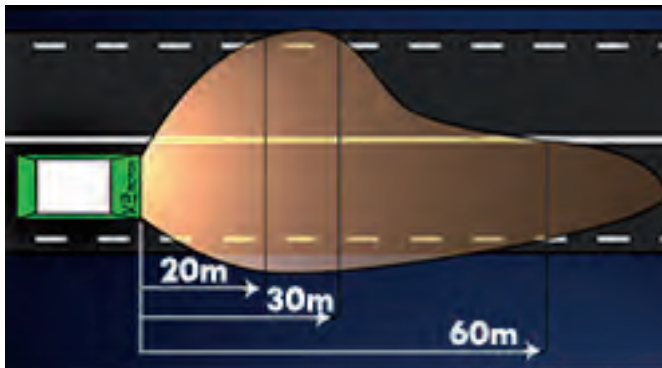
Sumber: Zach (2011)

Gambar 2.12 Lensa lampu utama mobil dilengkapi lensa seperti sarang lebah.

atau pengemudi kendaraan yang bersimpangan. Di Indonesia lampu ini ditetapkan berdiameter minimum 160 mm (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Oleh karena itu, lampu dekat mempunyai pola yang panjang di kanan jalan dan pola pendek di kiri jalan untuk setir kiri (Gambar 2.13).

Produsen mobil, termasuk di dalamnya produsen lampu, tidak berhenti mengembangkan produknya. Oleh karena itu, dimunculkanlah lampu utama (*headlamp*) yang memanfaatkan lensa sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.14 dan 2.15. Lampu ini sering disebut sebagai lampu utama proyektor (*projector headlamp*). Model lampu berlensa yang demikian ternyata sangat sesuai untuk lampu dekat, sedangkan model lampu dengan reflektor cocok untuk lampu jauh (Les, 2013). Dengan demikian, ketentuan diameter lampu utama minimum 160 mm (Badan Standardisasi Nasional, 2008) tidak berlaku lagi.

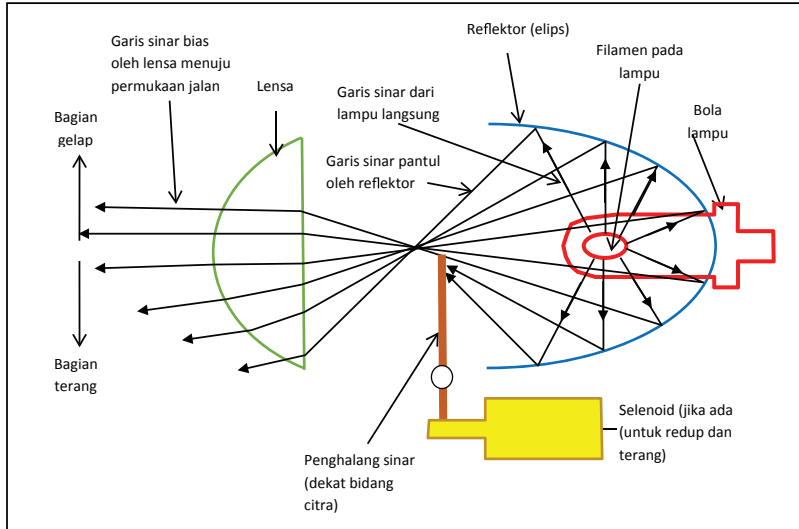
Berdasarkan Gambar 2.14, cahaya yang berasal dari lampu (yang tidak terhalang dan digerakkan oleh solenoid) dipantulkan dan diarahkan oleh cermin elips agar sampai pada lensa. Setelah



Sumber: K2MOTOR The Ultimate Source for Automotive Lighting (2017)

Gambar 2.13 Pola berkas cahaya lampu utama pendek yang tidak menyilaukan pengguna jalan yang berpapasan untuk kendaraan bersetir kiri, adapun untuk penerapan kendaraan bersetir kanan dilakukan pembalikan posisi.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Walsworth (2016)

Gambar 2.14 Skema sistem optik lampu utama kendaraan lebih kompleks berfungsi sebagai lampu dekat dan lampu jauh.

melewati lensa, diarahkan ke arah tertentu di bagian depan mobil untuk menyinari bagian depan mobil. Sementara itu, berkas cahaya yang mengarah ke bawah dipantulkan oleh cermin elips, dan berkas cahaya yang mengarah ke atas dihalangi sehingga tidak sampai ke depan. Penerapannya pada mobil tampak pada Gambar 2.15. Pada Gambar 2.16, jalannya berkas mengabaikan berkas yang mengarah ke belakang dan hanya memperhitungkan berkas yang mengarah ke depan. Kemudian berkas yang mengarah ke depan tersebut oleh lensa dibiaskan ke depan.



Gambar 2.15 Salah satu wujud lampu utama kendaraan dengan memanfaatkan lensa pada Gambar 2.14.

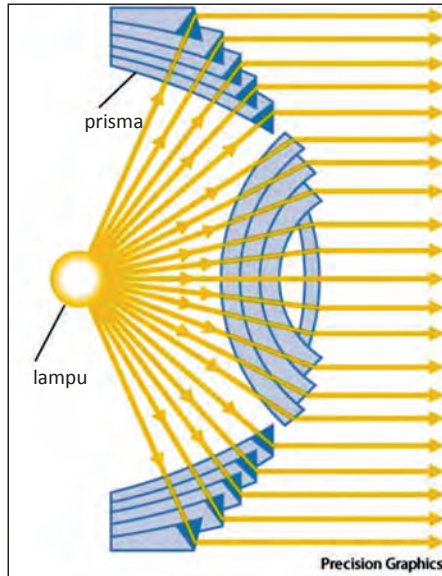
PBB telah mengeluarkan ketentuan tentang lampu utama ini dalam UN-ECE 113 (United Nations, 1995). Ketentuan ini diadopsi Indonesia menjadi SNI 7405:2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Di dalamnya dinyatakan bahwa fluks luminus maksimum lampu utama (*dipped beam*) mobil adalah 600 lumen.

Dalam standar UN-ECE 113 (United Nations, 1995), ketentuan lampu utama lebih dirinci sesuai dengan klasifikasi lampu sebagaimana pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ketentuan Kecerahan Lampu Utama Mobil

Lampu utama dekat	Kelas				
	A	B	C	D	E
Minimum (lumen)	-	-	500	1.000	2.000
Maksimum (lumen)	600	600	2.000	2.000	-

Sumber: Disarikan dari UN-ECE 113 (United Nations, 1995) dan SNI 7405:2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2008)



Sumber: The Free Dictionary by Farlex (2011)

Gambar 2.16 Sistem Optik Lampu Utama Panjang Kendaraan dari Lensa Fresnel

Ada pula ketentuan tentang lampu halogen dalam SNI 09-4053-1996. Dalam ketentuan itu, kecerahan maksimum lampu utama jauh 1.900 ± 285 lumen, sedangkan kecerahan maksimum lampu utama dekat 1.200 ± 180 lumen (Badan Standardisasi Nasional, 1996). Selain SNI, pemerintah juga menerbitkan Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan.

Desain dan pembuatan atau pabrikasi lampu utama adalah hal paling menarik untuk dicermati di antara berbagai komponen atau modul optik kendaraan. Diawali dari cermin dengan kelengkungan tunggal (Gambar 2.2(a)), kemudian dilengkapi *lenselets* (lensa-lensa kecil yang digabungkan) dengan kelengkungan dan panjang fokus yang berbeda-beda. Tujuannya, cahaya yang berasal dari sumber

cahaya melewati dan diarahkan agar berada pada lokasi tertentu (Gambar 2.10 dan 2.11).

Pemanfaatan cermin, jamak (*multiple mirror*) itu dibuat agar mempunyai kelengkungannya berbeda-beda dalam sebuah unit. Hal ini sebagai akibat teknologi *dye-casting* yang didukung ketersediaan bahan plastik yang menghasilkan permukaan dengan mutu optik (*optical quality*). Dengan demikian, cahaya pantulnya sepenuhnya dapat diarahkan pada lokasi yang lebih spesifik (lihat Gambar 2.11).

Hal tersebut dapat diwujudkan dengan bantuan desain optik berbantuan komputer (*computer aided optical design*) yang semakin canggih. Pada beberapa mobil, ditambah pengendalian gerakan sumber cahaya dengan penggerak listrik pada arah maju dan mundur untuk mendapatkan pencahayaan yang sesuai (lihat Gambar 2.14 dan 2.15).

B. LAMPU PENUNJUK ARAH

1. Nama/Sebutan

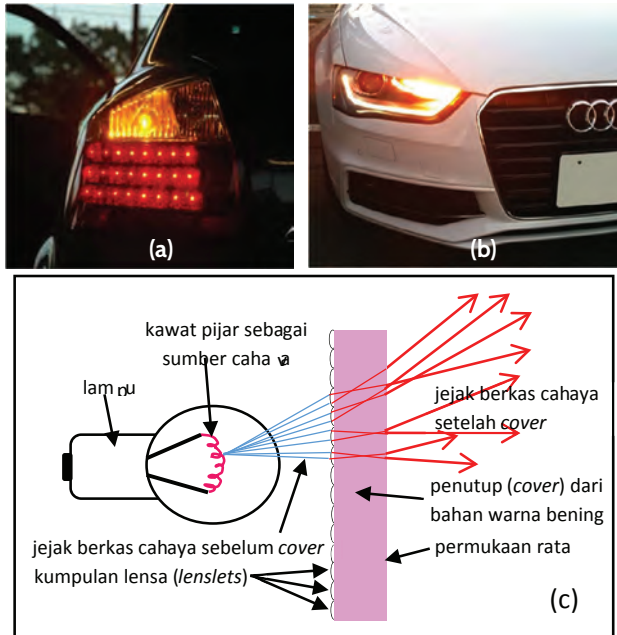
- a) Lampu penunjuk arah (Republik Indonesia, 2009), (Pemerintah Republik Indonesia, 2012).
- b) Lampu sein (Notoaryowibowo, 2015).
- c) Lampu tanda-belok (*turning lamps*) (Free Dictionary, 2016).

2. Definisi

- a) Sebuah lampu pada kendaraan bermotor yang dapat dibuat berkedip pada sisi ke arah mana pengemudi bermaksud untuk mengarahkan kendaraan (Free Dictionary, 2016).
- b) Sebuah lampu berkedip pada kendaraan bermotor yang menunjukkan arah ke mana kendaraan tersebut akan berbelok (Free Dictionary, 2016).

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi atau fungsi utama lampu penunjuk arah ini adalah memberi isyarat kepada pengguna jalan lain di sekitar kendaraan tersebut bahwa kendaraan tersebut bermaksud belok sesuai arah lampu. Lampu ini dibuat berkedip agar mendapat perhatian pemakai jalan lain. Contoh lampu tanda belok ini tampak pada Gambar 2.17.



Sumber: (a) Matters (2013); (b) Wu, Sporty Lexus IS 250 Passes by with LED Turn Signal Lights (2012)

Gambar 2.17 Lampu tanda-belok (a) belakang kiri; (b) depan kanan; (c) skema optik.

Di Indonesia, lampu penunjuk arah diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Pasal 112 Ayat (1) (Republik Indonesia, 2009). Kemudian dijelaskan secara rinci dalam Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 (Pemerintah Republik Indonesia, 2012). Menurut ketentuan tersebut, lampu penunjuk arah harus:

- a) berwarna kuning tua dengan sinar kelap-kelip;
- b) berjumlah genap;
- c) dapat dilihat pada waktu siang dan malam hari oleh pengguna jalan lain;
- d) dipasang pada sisi kiri dan kanan bagian depan kendaraan bermotor dengan ketinggian tidak melebihi 1.500 mm; dan
- e) dipasang pada sisi kiri dan kanan bagian belakang kendaraan bermotor dengan ketinggian tidak melebihi 1.500mm.

Intensitas kecerahan lampu jenis ini tidak ditetapkan persyaratannya. Mengacu pada Undang-undang dan Peraturan Pemerintah tersebut, kendaraan dengan lampu penunjuk arah lebih tinggi dari 1.500 mm berarti melanggar peraturan.

4. Prinsip optik

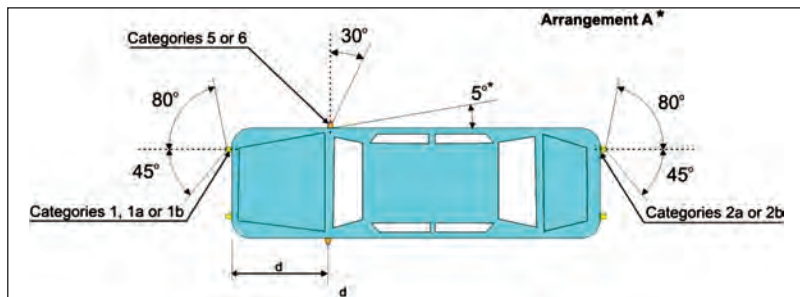
Lampu ini harus cukup terang agar diketahui oleh pengguna jalan lain dari jarak yang cukup jauh. Oleh karena itu, dipilih warna kuning/*amber* (United Nations, 2010), (Zemansky dkk., 1992). Lampu penunjuk arah ini diberi penutup agar pemakai jalan yang melihatnya tidak menjadi silau. Penutup tersebut dibuat tidak transparan, melainkan translusen sehingga cahaya yang membentur penutup dapat tersebar sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.17 (a).

Pada awalnya, lampu pijar digunakan sebagai sumber cahaya untuk lampu ini. Kemudian lampu penunjuk arah digantikan LED pada mobil-mobil keluaran baru. Hal ini sebagai akibat dari kemajuan teknologi yang membuat LED menjadi semakin murah dan memiliki berbagai warna serta lebih terang dengan daya masukan listrik yang sama dibandingkan dengan lampu pijar. LED untuk lampu penunjuk arah umumnya tidak diberi penutup sebagaimana lampu tanda belok keluaran sebelumnya. Bentuknya bahkan dapat disesuaikan dengan selera pengguna. Misalnya, mengikuti bentuk bingkai yang tersedia pada kendaraan tersebut, sebagaimana diperlihatkan Gambar 2.17 (b).

Jalannya sinar cahaya pada lampu ini diperlihatkan pada Gambar 2.17 (c). Cahaya yang berasal dari lampu menumbuk permukaan

yang dibuat sedemikian rupa agar berfungsi sebagai komponen optik, misalnya lensa, prisma, atau gabungannya. Karena cahaya menumbuk komponen optik yang demikian maka dibiaskan sesuai dengan hukum pembiasan cahaya yang telah dijelaskan sebelumnya. Karena ukuran komponen optik yang berupa lensa atau prisma atau gabungannya dibuat relatif kecil, sekitar 3 mm sampai 5 mm tergantung perancangannya, sinar cahaya yang dibiaskan lensa tersebut memancar ke segala arah. Sebelum keluar dari penutup (*cover*), berkas cahaya melanjutkan pada lensa tersebut sehingga menemui permukaan luarnya dan dibiaskan. Permukaan ini merupakan permukaan luar, umumnya dibuat licin untuk memudahkan pembersihan debu atau kotoran yang menempel. Permukaan dalam yang berfungsi sebagai pembias cahaya dapat berupa permukaan buram (*diffuser*) yang tidak berfungsi sebagai pembias cahaya, melainkan menyebarkan (*scatter*) cahaya ke segala arah.

Penyebaran cahaya tergantung ketinggian pemasangan pada bagian mobil. Gambar 2.18 merupakan ketentuan spesifikasi penyebaran cahaya pada lampu tanda belok menurut aturan PBB.



Sumber: United Nations (2010)

Gambar 2.18 Ketentuan Spesifikasi Penyebaran Cahaya pada Lampu Tanda Belok Menurut Aturan PBB

5. Sejarah

Pada 1909, diberikan hak paten lampu tanda belok kepada Percy Douglas-Hamilton dengan nomor paten U.S. Patent 912831 (US

Patent No. US912831 A, 1909). Invensi lampu tanda belok ini terus berlangsung, dan pada 1929, Oscar J. Simler membuat lampu berbagai tanda sebagaimana pada Gambar 2.19 (Hedgbeth, 2016).



Ket.: Lampu merah di tengah adalah lampu rem, lampu kuning sebagai tanda pelan, arah kiri dengan panah merah, dan arah kanan dengan panah putih.

Sumber: Hedgbeth (2016)

Gambar 2.19 Lampu Berbagai Tanda Terdapat di Bagian Belakang Mobil

Ide dari lampu tanda belok ini serupa dengan sinyal mekanis untuk kereta api sebelum memasuki sebuah stasiun. Sinyal mekanis bertindak sebagai tanda izin masuk atau menunggu—kini digantikan sinyal lampu. Untuk mobil, pada 1908, Alfredo Barrachini, seorang Italia menambahkan lampu yang diberi pasokan listrik untuk memberikan cahaya, khususnya pada malam hari (US Patent No. 7140757 B2, 2006). Pada 1918, Naillik Motor Signal Company dari Boston menambahkan penggerak motor listrik untuk tanda belok ini (Naillik Motor Signal Co, 1918). Pada 2001, mulailah lampu tanda-belok ini memanfaatkan lampu LED (US Patent No. 20030007362 A1, 2003), walaupun lampu pijar yang ditutup penutup berwarna kuning tetap digunakan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

C. LAMPU REM

1. Nama/Sebutan

- a) Lampu rem (Republik Indonesia, 2009).
- b) *Brake light* (Collins English Dictionary, 2016).
- c) *Stop light* (Collins English Dictionary, 2016).
- d) *Stop lamp* (United Nations, 2010); (Federal Motor Vehicle Safety Standards, 2007).
- e) *Brake lamp* (United Nations, 2010).

2. Definisi/Pengertian

- a) Sebuah lampu merah yang dilekatkan pada bagian belakang kendaraan bermotor dan menyala ketika rem digunakan, berfungsi sebagai peringatan kepada pengemudi di belakangnya (Republik Indonesia, 2009).
- b) Sebuah lampu yang digunakan untuk memberi tanda kepada pengguna jalan lain yang ada di belakang kendaraan yang bergerak longitudinal kendaraan tersebut bermaksud untuk ditahan (United Nations, 2010).
- c) Lampu yang memberikan cahaya tetap ke arah belakang kendaraan untuk menunjukkan sebuah kendaraan sedang berhenti atau mengurangi lajunya melalui pengereman (Federal Motor Vehicle Safety Standards, 2007).

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi utama lampu ini adalah memberi tanda atau memberi informasi kepada pengemudi di belakangnya bahwa kendaraan yang menyalakan lampu rem ini bermaksud memperlambat laju kendaraan, baik karena berkehendak untuk berhenti atau tertahan oleh kendaraan di depannya maupun jika disertai dengan lampu sein kiri atau kanan, berkehendak akan membelok ke kiri atau ke kanan.



Di samping Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, ketentuan tentang lampu rem ini lebih rinci ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 pada 23 huruf d dan 26 Ayat (1) dengan ketentuan sebagai berikut.

- a) Berjumlah paling sedikit 2 buah, dan dalam hal jumlah lampu rem lebih dari 2 buah, dapat ditempatkan di bagian atas belakang kendaraan bermotor di bagian dalam atau luar.
- b) Mempunyai kekuatan cahaya lebih besar daripada lampu posisi belakang, tetapi tidak menyilaukan pengguna jalan lain.
- c) Dipasang pada sisi kiri dan kanan bagian belakang kendaraan bermotor dengan ketinggian tidak melebihi 1.500 mm.

4. Prinsip Optik

Secara prinsip, lampu ini berwarna merah (United Nations, 2010). Intensitas untuk masing-masing negara sangat beragam sehingga cukup membingungkan untuk diambil, di mana Australia yang menetapkan bahwa intensitas cahaya untuk lampu ini adalah antara 40 cd dan 100 cd (Australian Government Federal Register of Legislation, 2006), antara 80 cd dan 300 cd di Amerika Utara (Federal Motor Vehicle Safety Standards, 2007), dan antara 60 cd dan 185 cd yang ditetapkan PBB (United Nations, 2010). Sumber cahaya pada lampu ini tidak langsung menuju mata pengemudi di belakangnya, tetapi melalui penutup yang berupa prisma atau lensa agar tersebar, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.20. Oleh sebab itu, perlu lensa penutup yang salah satunya diperlihatkan pada Gambar 2.20 (a) dan ketika menyala (b).

Secara prinsip, cahaya dari lampu dikenakan pada lensa-lensa atau prisma-prisma mika warna merah, kemudian dibiaskan secara menyebar sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.21. Lensa atau prisma yang dimaksud di sini tidak setara dengan lensa atau prisma dengan permukaan mulus dan bahan yang transparan, melainkan

bentuknya cembung atau cekung atau rata dengan kelengkungan yang relatif kecil, radius permukaannya antara 3 mm sampai dengan 5 mm.

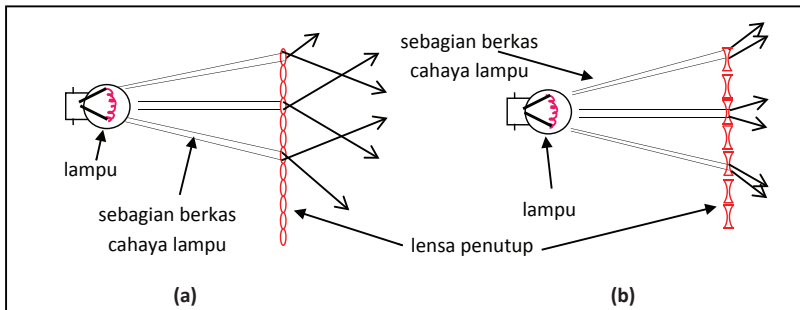
Ketika cahaya datang dari lampu menuju ke lensa positif sebagaimana digambarkan pada Gambar 2.21 (a), cahaya dibiaskan dan menuju titik fokus yang tak jauh dari permukaan lensa tersebut karena fokus lensanya pendek, kemudian menjauh. Cahaya yang berasal dari lampu menuju lensa negatif sebagaimana digambarkan pada Gambar 2.21 (b) maka cahaya disebarakan.



Ket.: (a) ketika padam dan (b) ketika nyala.

Sumber: (a) Formula1 Surabaya (2015), (b) auc-pica-q (2010)

Gambar 2.20 Lensa penutup lampu rem kendaraan



Ket.: (a) Lensa positif dan (b) lensa negatif.

Gambar 2.21 Lensa-lensa kecil terdapat pada penutup lampu rem.

5. Sejarah

Lampu rem pada mobil pertama kali diberitakan pada 1905, namun baru ditetapkan sebagai persyaratan pada mobil beberapa tahun kemudian. Hal itu karena sebelumnya memberikan tanda berhenti melalui tangan dirasa cukup. Pada 1928, lampu rem ini dipersyaratkan keberadaannya di Amerika Serikat (The News Wheel, 2015). Lampu rem berkembang seiring kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, namun hampir tidak ada perubahan signifikan dalam hal fungsinya. Ada pula lampu rem tambahan dengan memanfaatkan lampu LED. Dan ada pula yang ketika difungsikan, lampu ini berkedip dengan frekuensi tinggi sekitar 5 Hz yang dapat mengganggu pengguna jalan di belakangnya.

D. LAMPU POSISI

1. Nama/Sebutan

- a) Lampu posisi depan dan lampu posisi belakang (Republik Indonesia, 2009), (Pemerintah Republik Indonesia, 2012).
- b) *Front position lamps* (Government of Western Australia , 2015).

2. Definisi/Pengertian

- a) [depan] lampu yang dimanfaatkan sebagai penanda keberadaan sebuah kendaraan ketika dilihat dari depan.
- b) [belakang] lampu yang dimanfaatkan sebagai penanda keberadaan sebuah kendaraan ketika dilihat dari belakang (Lloyd, 2006).

3. Fungsi/Fungsi utama

Fungsi utama lampu ini sebagai penanda keberadaan mobil ketika dilihat, baik dari belakang maupun dari depan agar orang yang melihatnya dapat menyesuaikan diri terhadap keberadaan mobil ini, khususnya pada malam hari atau ketika cuaca dalam keadaan gelap.

Lampu posisi depan dan lampu posisi belakang ini dipersyaratkan oleh Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 dan lebih dirinci pada Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 dengan ketentuan sebagai berikut.

a. Lampu posisi depan

- 1) berwarna putih atau kuning muda;
- 2) berjumlah dua buah;
- 3) dipasang di bagian depan;
- 4) dapat bersatu dengan lampu utama dekat;
- 5) dipasang pada sisi kiri dan kanan bagian depan kendaraan bermotor dengan ketinggian tidak melebihi 1.500 mm dan tidak menyilaukan pengguna jalan lain;
- 6) tepi terluar permukaan penyinaran lampu posisi depan, tidak melebihi 400 mm dari sisi bagian terluar kendaraan.

b. Lampu posisi belakang

- 1) berwarna merah;
- 2) berjumlah genap;
- 3) dipasang pada ketinggian tidak melebihi 2.100 mm di samping kiri dan kanan bagian belakang kendaraan, harus dapat dilihat pada malam hari, dan tidak menyilaukan pengguna jalan lain;
- 4) tepi terluar permukaan penyinaran lampu posisi belakang tidak melebihi 400 mm dari sisi bagian terluar kendaraan.

4. Prinsip Optik

Secara optik, lampu ini tidak berbeda dengan lampu sejenis lainnya, seperti lampu tanda rem, lampu posisi terdiri atas sumber cahaya dan *cover*, sering disebut sebagai lensa. Lampu ini berwarna sesuai ketentuan dan didesain agar tidak menyilaukan orang yang melihatnya. Dalam peraturan dan perundangan Republik Indonesia tidak

ditemukan ketentuan seberapa kuat cahayanya, sedangkan Regulasi PBB menetapkan bahwa minimum mempunyai kuat cahaya 4 cd dan maksimum 170 cd (United Nations, 2014).

5. Sejarah

Sejarah lampu posisi tidak diketahui secara pasti. Hal yang pasti, lampu ini sudah ada pada saat kendaraan mulai dimanfaatkan dalam perjalanan malam hari setelah tahun 1890 dan sebelum 1920 (Moore & Rumar, 1999).

E. LAMPU MUNDUR

1. Istilah/Sebutan

- a) Lampu mundur (UU No. 22 Tahun 2009 dan PP No. 55 Tahun 2012).
- b) Lampu tanda mundur (Badan Standardisasi Nasional, 1996).
- c) *Reversing lamps* (SAE International, 2010), (United Nations, 2010).
- d) *Back up lamps* (SAE International, 2010).

2. Definisi/Pengertian

Lampu yang digunakan untuk menerangi jalan ke arah belakang mobil dan untuk menjadi perhatian pengguna jalan lain bahwa kendaraan tersebut sedang mundur atau akan mundur (SAE International, 2010; (United Nations, 2010).

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi utama lampu ini adalah memfasilitasi pengguna jalan lain, khususnya yang berada di bagian belakang mobil, bahwa mobil ini akan atau sedang dalam proses gerakan mundur (Collins English Dictionary, 2012; Parjo, 2015). Lampu mundur pada mobil ini muncul pertama kali pada 1905 (Moore & Kumar, 1999; Kumar, 2014; Munro,



Sumber: Gannu (2014)

Gambar 2.22 Contoh lampu mundur saat berfungsi, tampak lampu warna putih menyala.

2010). Peraturan PBB Nomor 48 memperkenankan lampu mundur berjumlah dua buah untuk kendaraan dengan panjang kurang dari 6 m, dan mewajibkannya untuk kendaraan dengan panjang yang lebih dari 6 m (United Nations, 2010; Gannu, 2014) (Gambar 2.22).

Dalam peraturan dan perundangan-undangan yang berlaku di Indonesia, ketentuan lampu mundur adalah sebagai berikut:

- a) berwarna putih atau kuning muda;
- b) berjumlah paling banyak dua buah;
- c) dipasang pada sisi kiri dan kanan bagian belakang kendaraan bermotor dengan ketinggian tidak melebihi 1.200 mm;
- d) tidak menyilaukan pengguna jalan lain;
- e) hanya menyala apabila penerus daya digunakan untuk posisi mundur;
- f) dilengkapi tanda bunyi mundur untuk kendaraan dengan JBB (Jumlah Berat Bruto) lebih dari 3.500 kg.

4. Prinsip Optik

Peran komponen optik pada lampu mundur ini setara dengan komponen optik pada lampu penunjuk arah (*return lamp*) dan lampu rem (*stop lamp*). Perbedaannya, lensa yang menutupi lampu (*cover*) mundur ini berwarna putih, atau kuning muda, menurut peraturan di Indonesia. Dibuat sedemikian rupa sehingga tidak menyilaukan ketika terlihat oleh pemakai jalan lain. Kuat cahaya lampu ini menurut peraturan PBB adalah antara 80 cd dan 300 cd (United Nations, 2013).

5. Sejarah

Lampu mundur ini diketahui terpasang di mobil sejak tahun 1905 (Moore & Kumar, 1999). Perkembangan lampu mundur tidak signifikan dari sisi optik, kecuali digantikannya sumber cahaya dengan memanfaatkan LED sehingga bisa dibentuk melengkung atau bentuk lain yang tidak biasa.

F. LAMPU PENERANGAN TNKB

1. Nama/Sebutan

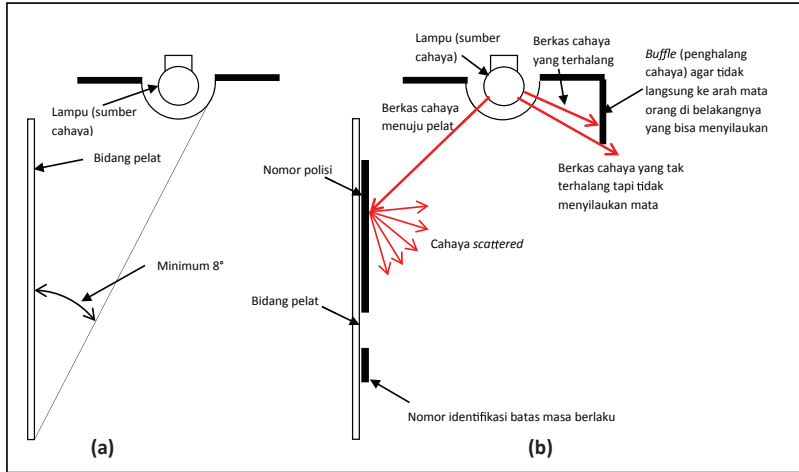
- a) Lampu tanda nomor kendaraan bermotor (Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 dan PP No. 55 Tahun 2012).
- b) *License plate lamp* (SAE Standard, 1981).
- c) *Tail lamp* (SAE Standard, 1981).

TNKB merupakan singkatan dari Tanda Nomor Kendaraan Bermotor yang di Indonesia terkenal dengan sebutan Nomor Polisi.

2. Definisi/Sebutan

- a) Sebuah lampu yang digunakan untuk menyinari tanda nomor kendaraan bermotor yang terdapat di bagian belakang kendaraan (SAE Standard, 1981).

Secara konstruksi, lampu ini digambarkan secara skematis pada Gambar 2.23(a).



Ket.: (a) Ketentuan dalam standar (SAE Standard, 1981); (b) Deskripsi pencahayaan pada lampu tanda nomor kendaraan bermotor.

Gambar 2.23 Skema pencahayaan pada lampu tanda nomor kendaraan bermotor.

- b) Sebuah lampu yang digunakan untuk menyinari tanda nomor kendaraan bermotor di bagian belakang kendaraan bermotor (Bureau of Transportation Statistics, 2008).
- c) Sebuah lampu yang digunakan untuk menyinari tanda nomor kendaraan bermotor pada belakang kendaraan (U.S. Department of Transportation, 2007).
- d) Perangkat yang digunakan untuk menerangi ruang yang diperuntukkan bagi tanda nomor kendaraan bermotor bagian belakang (United Nations, 2010).

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi utama lampu ini adalah menerangi tanda nomor kendaraan bermotor bagian belakang mobil sehingga tetap dapat terbaca pada malam hari atau ketika keadaan cuaca gelap (Republik Indonesia, 2009). Jadi, jika terdapat hal-hal yang terkait kendaraan tersebut, misalnya diduga digunakan untuk melakukan kejahatan, nomor polisi

yang merupakan salah satu identitas penting dari kendaraan dapat dilihat oleh pengguna jalan lain, khususnya polisi atau petugas yang mempunyai kewenangan di bidang lalu lintas. Lampu ini berfungsi ketika saklar penyalaan lampu senja dihidupkan.

Adapun spesifikasi menurut ketentuan perundang-undangan di Indonesia (PP No. 55 Tahun 2012), lampu tanda nomor kendaraan bermotor tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) dipasang di bagian belakang kendaraan dan berwarna putih;
- 2) dapat menyinari tanda nomor kendaraan bermotor agar dapat dibaca pada jarak paling sedikit 50 m dari belakang.

Lebih jauh dirinci dalam Peraturan Kepala Kepolisian Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2012 Pasal 39 Ayat (3). Ketentuan terkait warna tanda nomor kendaraan bermotor sebagai berikut:

- 1) dasar hitam, tulisan putih untuk kendaraan bermotor perseorangan dan kendaraan bermotor sewa;
- 2) dasar kuning, tulisan hitam untuk kendaraan bermotor umum;
- 3) dasar merah, tulisan putih untuk kendaraan bermotor dinas pemerintah;
- 4) dasar putih, tulisan biru untuk kendaraan bermotor Korps Diplomatik negara asing; dan
- 5) dasar hijau, tulisan hitam untuk kendaraan bermotor di kawasan perdagangan bebas atau (*Free Trade Zone*) yang mendapatkan fasilitas pembebasan bea masuk dan berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan, bahwa Ranmor tidak boleh dioperasikan/dimutasikan ke wilayah Indonesia lainnya.

Ketentuan pengadaan dan pemasangan pada kendaraan diatur dalam Peraturan Kapolri Nomor 5 Tahun 2012 Pasal 39 Ayat (4) sampai dengan (6) sebagai berikut.

- 1) Tanda nomor kendaraan bermotor diadakan secara terpusat oleh Korps Lalu Lintas Kepolisian Republik Indonesia (Ayat 4);

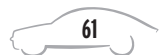
- 2) Tanda nomor kendaraan bermotor yang tidak dikeluarkan oleh Korps Lalu Lintas Kepolisian Republik Indonesia, dinyatakan tidak sah dan tidak berlaku (ayat 5).
- 3) Tanda nomor kendaraan bermotor dipasang pada bagian sisi depan dan belakang pada posisi yang telah disediakan pada masing-masing kendaraan bermotor (ayat 6).

Dengan demikian, tanda nomor kendaraan bermotor yang tidak dikeluarkan oleh Korps Lalu Lintas Kepolisian Republik Indonesia dan/atau lampu penerangnya yang bukan putih melanggar peraturan Kapolri tersebut.

4. Prinsip Optik

Sumber cahaya yang dipersyaratkan oleh peraturan adalah yang sumbernya tidak boleh menyilaukan pandangan pengguna jalan lain. Namun, lampu ini harus dapat menerangi TNKB mobil pada 0,75 ft-cd untuk Amerika dan 2,5 cd/m² untuk Eropa (Moore, 1999). “ft” adalah satuan panjang non-metrik disebut sebagai kaki, sedangkan “cd” adalah satuan terkait cahaya yang disebut sebagai kandela (*candel*). Di samping terangnya cahaya, menurut ketentuan di Indonesia, warna lampu ini harus putih (United Nations, 2010; Republik Indonesia, 2009).

Secara optis (Gambar 2.23(b)), sinar cahaya yang berasal dari lampu menyebar ke berbagai arah. Sebagian menuju ke pelat nomor polisi (pada gambar, ke arah kiri bawah) dan sebagian lain mengarah ke mata pengemudi yang membuntutinya (pada gambar, ke arah kanan). Sengaja dipasang penghalang sinar agar tidak menyilaukan yang melihatnya. Permukaan TNKB yang terpasang dibuat bukan sebagai pemantul, melainkan hanya menyebarkan cahaya sehingga tidak menyilaukan, terutama mata pengemudi yang membuntutinya.



5. Sejarah

Pelat nomor kendaraan—yang di Indonesia secara formal disebut TNKB—pertama kali muncul pada 1903 di negara bagian Massachusetts. Sementara itu, lampu pelat nomor kendaraan baru diketahui keberadaannya pada 1908 (Wördenweber, 2007). Lampu tersebut digunakan untuk menyinari pelat nomor kendaraan agar terlihat oleh pengguna jalan lain. Kemudian pada 1920 lampu pelat nomor kendaraan distandarkan (Wördenweber, 2007).

Dunia terus berkembang sehingga banyak organisasi nasional dan internasional, seperti UN/ECE, ISO, CIE, dan GTB, yang menanggapi ketentuan atau peraturan terhadap lampu ini. Pada 1926, Liga Bangsa-bangsa (sebelum menjadi PBB), bersepakat bahwa pelat nomor kendaraan harus diberi penerangan. Ketentuannya pun secara bertahap berubah dari 0,1 cd dan maksimum 5 cd pada 1928, menjadi minimum 2,0 cd dan maksimum 15 cd pada 1955, dan hingga tahun 1999 tidak berubah (Commonwealth of Massachusetts, 2016).

G. LAMPU ISYARAT PERINGATAN BAHAYA

1. Nama/Sebutan

- a) Lampu isyarat peringatan bahaya (UU No. 22 Tahun 2009 dan PP No. 55 Tahun 2012).
- b) *Hazard warning signal* (United Nations, 2010).

2. Definisi/Pengertian

- a) Operasional semua lampu penunjuk arah kendaraan secara bersamaan untuk menandakan bahwa kendaraan tersebut sementara berpotensi menimbulkan bahaya tertentu terhadap pengguna jalan lain (United Nations, 2010).
- b) Lampu yang terpasang pada mobil, yang ketika dihidupkan berfungsi sebagai isyarat atau tanda peringatan kepada pemakai

jalan lainnya bahwa mobil tersebut dalam keadaan bahaya atau keadaan darurat.

3. Fungsi/Fungsi Utama

Lampu isyarat ini berfungsi utama untuk memberikan peringatan kepada pengguna jalan lain yang masih dalam jangkauan visualnya bahwa mobil ini dalam masalah atau menghalangi kendaraan-kendaraan di belakangnya untuk tidak melintasinya karena di depannya terdapat bahaya yang harus dihindari.

Lampu ini merupakan persyaratan yang diwajibkan (Pemerintah Republik Indonesia, 2012), dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a) berwarna kuning tua dengan sinar kelap-kelip;
- b) menggunakan lampu penunjuk arah yang menyala secara bersamaan untuk kedua arah.

Pada persyaratan tersebut, tidak dicantumkan ukuran kuat cahaya dari lampu tersebut dan frekuensi kelap-kelipnya. Sebaiknya, dalam peraturan tersebut ditetapkan tentang kuat cahaya dan frekuensi kelap-kelip dari lampu tersebut. PBB menetapkan frekuensi tersebut adalah (90 ± 30) kali per menit (United Nations, 2010), namun kuat cahayanya tidak ditetapkan.

4. Prinsip Optik

Secara optik, lampu ini sama dengan lampu penunjuk arah yang dibahas pada butir B pada bab 2 ini, bahkan beberapa mobil memanfaatkan lampu penunjuk arah menjadi lampu isyarat peringatan. Lihat bahasan bahasan pada B. Lampu Penunjuk Arah.

5. Sejarah

Lampu isyarat peringatan bahaya disebutkan pertama kali dalam literatur, sebagai lampu darurat yang dapat dilipat. Fungsinya untuk mengingatkan pemakai jalan lain agar waspada. Lampu ini khusus dipakai pada malam hari (US Patent No. US 2165562 A, 1939). Ben-

tuk lampu ini pada mulanya dipasangkan pada sebuah tripod yang dapat dilipat dan diamankan dalam mobil. Kemudian istilah *hazard lamp* mulai digunakan pada lampu isyarat peringatan bahaya dengan dudukan berkaki-banyak (*multileg stand*) dan menggunakan baterai (US Patent No. 3604914 A, 1971).

Perkembangan selanjutnya, muncul pemikiran untuk menyatukan lampu tersebut ke dalam kendaraan. Lampu jenis ini sudah lengkap karena ada di posisi depan dan belakang (US Patent No. 3925759 A, 1975). Hal yang mutakhir, diklaim juga bahwa lampu jenis ini mampu untuk tampak “bergerak” ke kanan dan ke kiri (US Patent No. 20160039336 A1, 2016).

H. ALAT PEMANTUL CAHAYA

1. Nama/Sebutan

- a) Alat pemantul cahaya (UU No. 22 Tahun 2009 dan PP No. 55 Tahun 2012).
- b) *Retro-reflector* (United Nations, 2010).
- c) *Retroreflector* (SPIE, 2017).

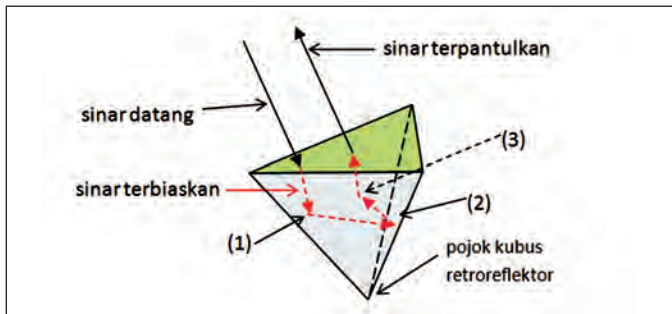
2. Definisi/Pengertian

- a) Suatu perangkat yang memantulkan radiasi (seperti cahaya) sedemikian sehingga jejak sinar yang dipantulkan paralel dengan sinar yang datang (Merriam-Webster, 2015).
- b) Suatu alat yang digunakan untuk menandakan adanya sebuah kendaraan melalui pemantulan cahaya yang dipancarkan dari suatu sumber cahaya yang tidak tersambung ke kendaraan tersebut, dan yang melihat berada pada sumber cahaya tersebut (United Nations, 2010).
- c) Berdasarkan kedua acuan di atas, disimpulkan bahwa alat pemantul cahaya adalah sarana lalu-lintas visual pasif dengan memanfaatkan peristiwa optik, yaitu memantulkan cahaya yang

berasal dari arah sebuah sumber cahaya ke arah asalnya, yang ditempatkan di berbagai tempat agar pemakai jalan lain yang melihatnya memberi perhatian lebih baik (Gambar 2.24).

Prinsip retroreflektor ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Sinar yang datang pada bidang depan prisma (ditandai dengan warna hijau) dibiaskan ke dalam prisma (ditandai dengan garis merah putus-putus), lantas menemui bidang (1) yang ditandai dengan warna abu-abu. Karena bidang ini dibuat agar sinar yang datang mengalami pemantulan total (*total internal reflection*), lantas sinar tersebut dipantulkan menuju bidang (2). Sama dengan bidang (1), pada bidang (2) ini, sinar juga dibuat agar mengalami pemantulan total, kemudian ia dipantulkan menuju bidang (3) dan saat sampai pada bidang tersebut, sinar diperlakukan sama yaitu dipantulkan secara keseluruhan menuju ke bidang (1), kemudian meninggalkan prisma.

Retroreflektor memantulkan gambar atau citra atau sinar kembali ke arah semula melalui tiga kali pemantulan internal total. Gambar atau citra akan terbalik dan dipantulkan melalui sudut 180° , sekalipun ketika sinar datang tidak tegak lurus bidang (1) atau miring. Untuk prisma retrorefleksi ini, sinar datang dan sinar terpantul akan sejajar dengan jarak 3 arcsec. Lebih jauh, ketika sinar datang dan sinar terpantul tersebut tepat mengenai pusat prisma maka sinar tersebut



Gambar 2.24 Prinsip retroreflektif pada Sebuah Prisma Retroreflektor

tidak akan tumpang tindih melainkan bergeser satu sama lain. Sebagai contoh, jika sinar datang pada permukaan prisma 3 mm di sebelah kanan pusat maka sinar yang dipantulkan akan muncul 3 mm di sebelah kiri pusat tersebut. Luasan prisma jenis ini dapat digunakan untuk memantulkan balik berkas sebesar diameter maksimum permukaan optiknya (Stover, 2013).

3. Fungsi/Fungsi Utama

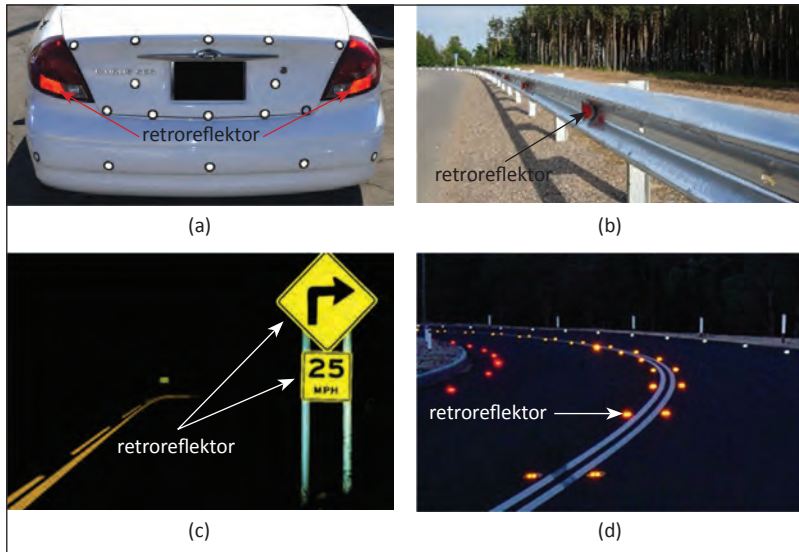
Fungsi utama alat pemantul cahaya adalah memantulkan kembali cahaya yang berasal dari arah sumber cahaya ke arah sumber cahaya asal, tanpa atau dengan penyimpangan yang sedikit (Road Vista.com, 2012). Sejauh ini, ada empat penempatan retroreflektor, sebagai berikut:

- a) Alat pemantul cahaya yang dipasang pada bagian belakang kendaraan tak bermotor dan kendaraan bermotor. Ketika kendaraan sedang berjalan atau diparkir pada malam hari dan tidak sedang menyalakan lampunya, retroreflektor ini akan memantulkan cahaya yang berasal dari kendaraan yang menyalakan lampunya ke arah kendaraan tersebut sehingga dapat diketahui keberadaannya (Gambar 2.25 (a)).
- b) Alat pemantul cahaya yang dipasang pada *guard rail* di jalan tol. Maksud penempatannya untuk memberi tahu pengendara kendaraan di jalan tol pada malam hari—yang pandangannya terbatas—bahwa titik-titik terang tersebut merupakan pembatas jalan tol dan harus diperhitungkan dalam berkendara (Gambar 2.25 (b)).
- c) Alat pemantul cahaya yang dimanfaatkan sebagai cat pada rambu lalu lintas. Maksud pengecatan ini adalah agar ketika malam hari, rambu tersebut seakan menyala sehingga terbaca dengan jelas (Gambar 2.25 (c)).

- d) Alat pemantul cahaya yang dimanfaatkan sebagai cat atau noktah pada marka jalan. Maksud pengecatan marka ini adalah agar ketika malam hari seakan menyala sehingga marka terlihat jelas (Gambar 2.25 (d)).

Alat pemantul cahaya ini termasuk persyaratan keselamatan kendaraan yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 dan Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012. Ketentuannya sebagai berikut:

- 1) dilengkapi pemantul cahaya;
- 2) dipasang secara berpasangan, yang berarti berjumlah dua buah;
- 3) dapat dilihat oleh pengemudi kendaraan lain yang berada di belakang kendaraan pada malam hari dari jarak paling sedikit 100 m apabila pemantul cahaya tersebut disinari lampu utama kendaraan di belakangnya;



Sumber: (a) Lightpoint Data (2014); (b) CTC Metallokonstruksya JSC (2016); (c) Reflectivetraffic signs.com (2012); (d) Saga Energy (t.t.)

Gambar 2.25 Berbagai jenis retroreflektor untuk keselamatan berkendara di malam hari atau gelap memanfaatkan cahaya lampu kendaraan.

- 4) dipasang di bagian belakang kendaraan bermotor pada ketinggian tidak melebihi 1.500 m;
- 5) tepi bagian terluar pemantul cahaya tidak melebihi 400 mm dari sisi terluar kendaraan.

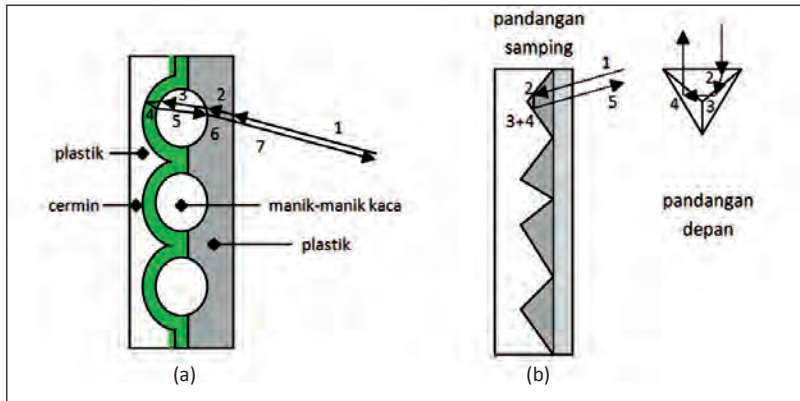
4. Prinsip Optik

Sebagaimana tergambar pada Gambar 2.24 dan 2.25, prinsip retro-reflektor ini mengembalikan cahaya yang datang kepadanya dari arah mana pun, lalu dipantulkan ke arah asalnya. Secara optik, ada 3 jenis retroreflektor, yaitu sebagai berikut.

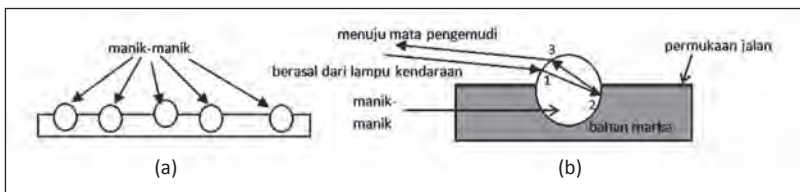
- a) Retroreflektor yang ditempatkan pada kendaraan, baik tidak bermotor maupun bermotor dan yang dipasang pada pembatas/pagar jalan;
- b) Retroreflektor yang dimanfaatkan sebagai cat pada rambu lalu lintas. Pemantulan balik pada reflektor ini bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan memantulkan pada lembaran manik-manik kaca (*glass bead sheeting*) (Gambar 2.26 (a)) dan pada lembaran prisma mikro (Gambar 2.26 (b)).
- c) Retroreflektor yang dimanfaatkan sebagai cat/noktah, digunakan pada *paving* dan marka di permukaan jalan. Manik-manik kaca disebarkan ke bahan cair (umumnya berupa cat) atau tanda atau garis pada lembaran yang telah dibuat sebelumnya (*preform*) dengan memanfaatkan sinar lampu kendaraan sebagaimana pada Gambar 2.26. Sudut antara sinar dari lampu mobil dan sinar yang kembali ke mata pada marka yang berjarak 30 m adalah $1,05^\circ$, baik untuk standar ASTM, maupun CEN (ASTM International, 2016).

Gambar 2.26 (a) memperlihatkan saat manik-manik kaca berfungsi sebagai retroreflektor. Sinar yang datang memasuki plastik pembungkus akan dibiaskan (1) dan ketika sinar memasuki manik-

manik kaca juga masih dibiaskan menuju ujung manik-manik (2), kemudian dibiaskan menuju cermin (3), kemudian dipantulkan oleh cermin tersebut (4), dan kembali dibiaskan (5), (6) hingga keluar dari retroreflektor tersebut (7). Gambar 2.26 (b) memperlihatkan prisma-mikro yang berfungsi sebagai retroreflektor dimana sinar yang memasuki bahan plastik pelindung dibiaskan menuju prisma-mikro (1), kemudian dipantulkan oleh tiga permukaan pantulnya (2), (3), dan (4), dibiaskan oleh plastik pelindung (5), dan keluar menuju arah datangnya sinar.



Gambar 2.26 (a) Cara pertama dengan manik-manik kaca, 1–3: pembiasan; 4: pemantulan cermin; 5–7: pembiasan; (b) Cara kedua dengan prisma-mikro, 1: pembiasan; 2–4: pemantulan; 5: pembiasan.



Ket.: (a) Manik-manik yang terdapat pada bahan marka jalan; (b) Mekanisme fungsi retroreflektor.

Gambar 2.27 Retroreflektor pada permukaan jalan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

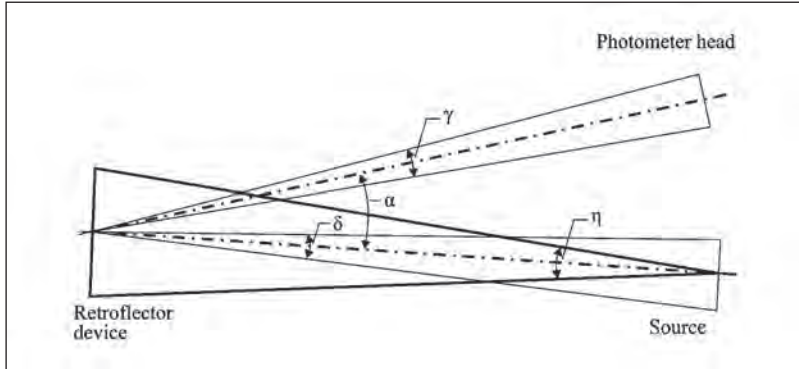
Gambar 2.27 menjelaskan bahwa sinar yang datang dari lampu kendaraan memasuki manik-manik gelas akan dibiaskan (1), lalu dipantulkan pada bidang batas manik-manik dan bahan marka (2). Kemudian dibiaskan pada bidang batas dan keluar dari manik-manik menuju mata pengemudi (3).

Indeks bias manik-manik kaca yang dipakai pada tahap awal adalah 1,5 sehingga menghasilkan cahaya pantul yang kurang terang. Indeks bias manik-manik kaca kemudian dikembangkan lagi hingga memperoleh manik-manik kaca dengan indeks bias 1,9 yang dapat memantulkan cahaya yang maksimum dengan ukuran manik-manik yang kecil dan seragam (Lloyd, 2008).

Di Indonesia, spesifikasi alat pemantul cahaya ini tertuang dalam SNI 7398:2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Ketika sinar datang ke alat pemantul cahaya ini, baik secara horizontal maupun vertikal pada sudut 0° , harus dipantulkan pada sudut $20'$ (dua puluh menit) terhadap sudut datangnya. Hal ini tercantum dalam Lampiran 1 pasal 2 butir 2 SNI 7398:2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2008). SNI tersebut mengacu pada draf standar PBB Nomor 3 (United Nations, 2016). Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.28. Ketentuan spesifikasi alat pemantul cahaya tidak ditemukan dalam peraturan dan perundangan yang berlaku di Indonesia. Namun, ketentuan tersebut terdapat dalam Federal Register (Federal Register, 1980) yang menyatakan medan pandang bersih dari retroreflektor adalah $\pm 10^\circ$ vertikal dan $\pm 50^\circ$ horizontal.

5. Sejarah

- a) Retroreflektor pertama digunakan untuk rambu lalu lintas pada 1920-an. Pada waktu itu ukuran fisiknya masih terlalu besar sehingga tidak praktis.
- b) Pada 1930-an, Potters, sebuah perusahaan Amerika Serikat, membuat manik-manik kaca dengan diameter kurang dari 1 mm untuk melapisi layar bioskop agar dapat memberikan gam-



Sumber: United Nations (2010)

Gambar 2.28 Ketentuan divergensi sudut pantul pada retroreflektor α yang besarnya $20'$.

bar yang lebih terang. Percobaan juga dilakukan untuk melapisi permukaan jalan dan rambu lalu lintas dengan menyemprotkan manik-manik gelas pada cat yang basah agar lebih memantulkan cahaya ke pengemudi.

- c) Pada 1937, perusahaan 3M mengembangkan pita manik-manik untuk dilapiskan pada permukaan jalan. Sayangnya, hal itu gagal akibat tergerus ban kendaraan. Pengembangan pita manik-manik tidak dilakukan lagi dan lebih berkonsentrasi pada pengembangan rambu yang dipasang di pinggir jalan.
- d) Pada 1939, perusahaan 3M mengembangkannya kembali dalam bentuk lembaran. Pada 1947, perusahaan 3M menjadi *leader* di bidang ini di Inggris, dan berlangsung selama 25 tahun.
- e) Pada 1963, Rowland Product Inc. mulai mengembangkan lembaran retroreflektif berprinsip prisma, yang kemudian disebut lembaran *microprismatic*. Lembaran retroreflektif ini dipatenkan pada 1970.
- f) Pada 1971, perusahaan 3M melepaskan produk terkait lembaran “intensitas tinggi” untuk retroreflektif ini.

- g) Perusahaan Jepang melepaskan produk retroreflektor dengan merek Seibulite di Amerika pada 1975 dan di Inggris pada 1976.
- h) Pada 1989, Stimsonite, perusahaan Amerika, juga melepaskan produknya di pasar, berbagi pangsa pasar dengan 3M.
- i) Pada 1991, perusahaan Jepang yang semula melepaskan produknya dengan merek Seibulite mengganti dengan produk baru yang lebih andal, yaitu Nikkalite.
- j) Pada 1999, Avery Deninson mengembangkan produknya hingga mencapai retroreflektivitas 1.000 cd/lux/m^2 (Lloyd, 2008).

I. KACA SPION

1. Nama/sebutan

- a) Spion (Badan Standardisasi Nasional, 2016).
- b) *Side mirror* (Cambridge Dictionaries Online, 2016).
- c) *Wing mirror* (Cambridge Dictionaries Online, 2016).
- d) *Side-view mirror* (AutoZone, Inc, 2001–2016).
- e) *Rear-view mirror* (Merriam-Webster, 2015).

2. Definisi/Pengertian

- a) Cermin di bagian luar pintu kendaraan yang membuat pengemudi dapat melihat kendaraan lain yang di belakang dan menyalip (Cambridge Dictionaries Online, 2016).
- b) Sebuah cermin di luar pintu mobil yang menjadikan pengemudi melihat kendaraan-kendaraan yang ada di belakang atau mencoba untuk menyalip (Cambridge Dictionaries Online, 2016).
- c) Sebuah cermin yang terdapat di luar kendaraan yang membuat pengemudi melihat apa yang berada di belakang dan di kanan atau di kiri kendaraan (Merriam-Webster, 2015).
- d) Sebuah cermin pada kendaraan yang membuat pengemudi melihat apa yang terdapat di belakang kendaraan (Merriam-Webster, 2015).

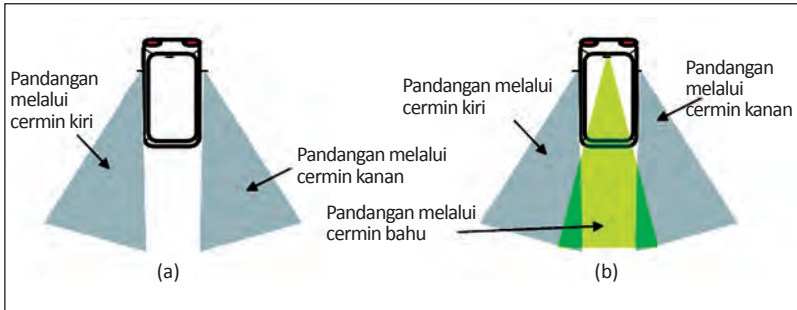
- e) Sebuah cermin (sebagaimana yang terdapat pada mobil) yang memberikan pandangan wilayah di belakang kendaraan (Merriam-Webster, 2015).

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi utama kaca spion adalah sarana atau alat bantu pengemudi untuk melihat atau mengamati bagian belakang kendaraan dan sebagian kecil bagian samping kiri atau kanannya. Karena sifat kepingan kaca yang berfungsi sebagai komponen utama mudah pecah, cermin ini dilengkapi rumah cermin. Fungsinya untuk menahan gangguan lingkungan pada saat dipakai. Kaca spion juga dilengkapi sarana penempelannya pada bodi mobil. Di samping fungsi optik, spion dilengkapi sarana mekanis untuk menyesuaikan kedudukan pengemudi agar cermin bisa tepat pada posisinya terhadap mata pengemudi. Sarana pengaturan tersebut membuat cermin ini mudah diatur dan dapat disesuaikan dengan posisi mata pengemudi sehingga medan pandangnya tepat. Pada 1965, Arthur W. Kurz, Jr. mendaftarkan paten kaca spion yang dapat diatur dengan motor listrik (US Patent No. US3609014 A, 1971). Kemudian pabrik-pabrik mobil berlomba memutakhirkan cermin mobilnya dengan menambahkan pengendali secara listrik, yang dikenal dengan istilah *electric mirror*. Gerakan berporosnya memungkinkan untuk “menoleh” ke kiri atau ke kanan serta “mengangguk” ke bawah atau ke atas. Ada pula pabrik yang membuat cermin mobil yang dapat dilipat ke dalam (*automatic folding*) ketika parkir atau keperluan lain (US Patent No. 4893916 A, 1990).

Selain kaca spion samping yang dipasang di luar kendaraan, mobil dilengkapi dengan cermin-dalam atau cermin bahu. Cermin ini dipasang di tengah bagian depan di dalam mobil, yang pemanfaatannya melewati bahu pengemudi. Cermin bahu merupakan pelengkap spion samping yang hanya melihat bagian samping mobil dengan titik buta sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.29 (a). Dengan dipasang-

nya cermin bahu, titik buta pada mobil dapat dikurangi—walaupun belum sepenuhnya dihilangkan. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.29 (b).



Sumber: Sugiono, 2016

Gambar 2.29 (a) Titik Buta (*blind spot*) Pandangan Belakang dari Kaca Spion; (b) Titik buta pandangan hampir tidak ada dengan tersedianya cermin bahu.

4. Prinsip Optik

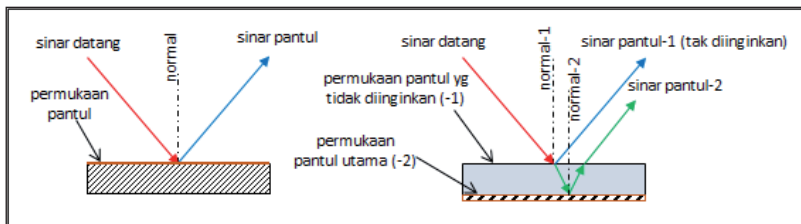
Secara optik, kaca spion adalah cermin cembung dengan radius permukaan (1.400 ± 200) mm (Schumann, Flannagan, & Sivak, 1998; United Nations, 2009). Di samping radius permukaan, posisi permukaan mana yang berfungsi sebagai cermin, juga menjadi hal yang menentukan. Pada kendaraan biasa (bukan kendaraan mewah), cermin ini adalah cermin belakang (*back mirror*) dengan lapisan pemantulnya terdapat pada bagian belakang cermin (Gambar 2.30. (b)). Hal tersebut dapat dimengerti karena teknik pembuatannya lebih sederhana. Misalnya, memberi lapisan perak nitrat (AgNO_3) pada permukaan yang dimaksud dan melindunginya dengan cat atau bahan lain. Setelah kering, permukaan sebaliknya baru dapat dimanfaatkan sebagai cermin. Secara optik, hal ini mengakibatkan adanya bayangan hantu (*ghost image*), yaitu dua citra yang terlihat untuk sebuah benda. Pertama, citra yang tajam dan tampak jelas. Kedua, bayangan yang samar (lihat Gambar 2.30 (b)). Sementara itu, pada cermin-depan, tidak ada bayangan hantu karena pelapis yang memantulkannya bukan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dari permukaan belakang kacanya, melainkan dari lapisan di depan cermin tersebut (Gambar 2.30 (a)). Namun, proses pembuatannya lebih rumit, yaitu dengan mendepositkan lapisan pemantul pada permukaan kaca. Ketika tulisan ini dibuat, proses tersebut dilakukan pada keadaan hampa udara dalam mesin pelapis film tipis.

Pada Gambar 2.30 (a), sinar datang menuju cermin, yang juga permukaan pantul, langsung dipantulkan. Pada Gambar 2.30 (b), sinar yang datang di permukaan cermin, ada yang langsung dipantulkan, sinar ini disebut sinar pantul-1, jumlahnya relatif kecil dan dikenal sebagai bayangan hantu. Sinar pantul ini sebenarnya tidak diharapkan pada fungsi ini. Ada pula sinar yang dibiarkan menuju permukaan yang diberi lapisan pemantul, kemudian dipantulkan oleh permukaan pemantul utama, kemudian dibiarkan. Sinar ini disebut sinar pantul-2, jumlahnya relatif banyak dan sinar inilah yang sebenarnya diharapkan. Namun, pabrikasi cermin jenis cermin-depan relatif mahal (harus melalui proses hampa udara dan evaporasi bahan pelapisan cermin) maka hanya mobil-mobil mewah saja yang menggunakan cermin-depan.

Dalam peraturan dan perundang-undangan di Indonesia, kaca spion dikategorikan sebagai komponen pendukung kendaraan bermotor (UU No. 22 Tahun 2009 dan PP No. 55 Tahun 2012). Persyaratan tersebut bersifat sangat umum tanpa spesifikasi kelengkungan radius permukaan dan ukuran dimensionalnya, yaitu



Ket.: (a) Jenis cermin *front mirror* dan (b) Jenis cermin *back mirror*.

Gambar 2.30 Skema pemantulan pada cermin.

- 1) berjumlah dua buah atau lebih; dan
- 2) dibuat dari kaca atau bahan lain yang dipasang pada posisi yang dapat memberikan pandangan ke arah samping dan belakang dengan jelas tanpa mengubah jarak dan bentuk objek yang terlihat.

Spesifikasi yang lebih rinci dituangkan dalam SNI 2770.2:2009, Ketentuan Kaca Spion untuk Kendaraan Bermotor Katagori L (Badan Standardisasi Nasional, 2009) sebagai berikut:

- 1) arahnya harus dapat diatur (*adjustable*) oleh pengemudi dalam posisi mengemudi normal dan bertahan pada posisi tertentu;
- 2) dilindungi di sekelilingnya dengan radius $> 2,5$ mm;
- 3) dapat berfungsi dengan baik pada siang dan malam hari;
- 4) luas area permukaan pantul minimum 6.900 mm²;
- 5) diameter permukaan pantul kaca spion berbentuk bulat minimum 94 mm dan maksimum 150 mm;
- 6) permukaan pantul kaca spion yang tidak bulat dapat memuat lingkaran berdiameter 78 mm dan bisa masuk ke dalam segi empat berukuran 120 mm x 200 mm;
- 7) permukaan pantul harus cembung;
- 8) nilai radius “r” permukaan pantulnya minimum 1.000 mm dan maksimum 1.500 mm;
- 9) daya pantul sesuai SNI 09-1401-1989, Cara Uji Daya Pantul Spion Kendaraan Bermotor minimum 70% ;
- 10) distorsi maksimum adalah 7% .

Kaca spion yang mutakhir belum diatur spesifikasinya dalam peraturan dan perundang-undangan di Indonesia. Kaca spion yang mutakhir dapat diatur sedemikian rupa sehingga saat malam hari, daya pantulnya diturunkan jauh di bawah 70% . Saat ini, kaca spion untuk melihat ke bagian belakang dapat digantikan dengan sarana lain, misalnya *Close Circuit Television* (CCTV) dengan kamera menghadap bagian belakang, bahkan titik buta yang bisa membahayakan manuver mobil dapat dihilangkan atau dieliminasi.

5. Sejarah

Cermin ini ditemukan pertama kali oleh Justus von Liebig di Jerman pada 1835, namun cermin yang dihasilkan dari bahan gunung berapi dan diproses secara primitif, telah ada sejak 8.000 tahun silam di Anatolia (sekarang Turki) (Castro, 2013). Sebagaimana benda lain, cermin ini berkembang sesuai dengan teknologi yang ada. Cermin untuk melihat ke belakang mobil pertama kali ditemukan pada 1906, kemudian terus berkembang sesuai zamannya (Oreshko, 2011). Namun, fungsi cermin untuk memantau keadaan belakang kendaraan hampir tidak berubah, atau sedikit sekali perubahannya.

J. LAMPU KABUT

1. Nama/Sebutan

- a) Lampu kabut (Pemerintah Republik Indonesia, 2012).
- b) *Fog lamp* (Merriam-Webster, 2017).
- c) *Fog light* (Amazon, 1996–2016).
- d) *Car Fog Light* (Light In The Box Inc., 2006–2016).

2. Definisi/Pengertian

- a) Sebuah lampu yang terang pada kendaraan bermotor, yang digunakan dalam kondisi berkabut untuk meningkatkan visibilitas jalan atau mengingatkan pengemudi lain terhadap keberadaannya (Dictionary.com, 2016).
- b) Sebuah lampu yang sangat terang di bagian depan kendaraan yang digunakan untuk membantu pengemudi melihat lebih baik dalam cuaca berkabut (Merriam-Webster, 2015).
- c) Sebuah lampu yang terang pada mobil yang membantu pengemudi untuk melihat dalam keadaan berkabut (MacMillan Dictionary, 2016).

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi atau fungsi utama lampu kabut adalah menambah cahaya pada kendaraan agar pengemudi dapat melihat permukaan jalan dan sekitarnya sehingga mampu mengendalikan kendaraan dalam suasana berkabut sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.31.

Penempatan lampu kabut biasanya di depan, tetapi ada pula lampu kabut yang ditempatkan di belakang. Manfaat lampu kabut belakang adalah membantu kendaraan yang membuntutinya agar mengetahui secara persis tentang adanya kendaraan berlampu kabut ini. Di Indonesia, lampu kabut belakang diatur dalam SNI 7399:2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2008) yang mengacu pada ketentuan PBB edisi 11 Oktober 2002. Ketentuan terhadap berkas lampu kabut ini adalah sebagai berikut:

- a) sudut-sudut sinar arah mendatar ke kiri 10° dan ke kanan 10° serta ke atas 5° dan ke bawah 5° , kecerahan cahaya lampu kabut ini minimum 150 cd, dan



Sumber: Bernstein (2003)

Gambar 2.31 Lampu Kabut untuk Keperluan *Off-Road*

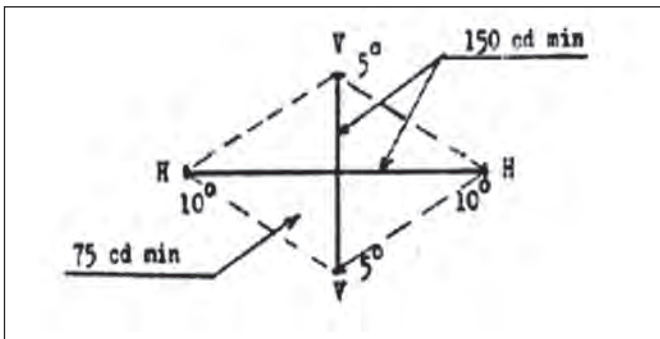
- b) kecerahan pada semua arah, maksimum 300 cd,
- c) dan wilayah yang lebih tertentu sebagaimana terlihat pada Gambar 2.32.

Sementara itu, pada ketentuan PBB yang mutakhir (United Nations, 2013b), terdapat tambahan kategori, yaitu

- 1) pada semua arah, maksimum 300 cd untuk kategori F atau F1 (intensitas tetap);
- 2) pada semua arah, maksimum 840 cd untuk kategori F2 (intensitas bervariasi).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan, lampu kabut ini boleh ditambahkan pada kendaraan dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) dapat dilengkapi dengan lampu kabut yang berjumlah paling banyak dua buah dan dipasang di bagian depan kendaraan;
- 2) cahaya yang disorotnya berwarna putih atau kuning;
- 3) titik tertinggi permukaan penyinaran tidak melebihi titik tertinggi permukaan penyinaran lampu utama dekat;
- 4) dipasang pada ketinggian tidak melebihi 800 mm;



Sumber: United Nations (2013)

Gambar 2.32 Distribusi Cahaya pada Lampu Kabut

- 5) tepi terluar permukaan penyinaran lampu kabut tidak melebihi 400 mm dari sisi terluar kendaraan;
- 6) tidak menyilaukan pengguna jalan.

4. Prinsip Optik

Lampu ini memiliki kuat cahaya tinggi yang menyebar ke arah yang dikehendaki dengan bantuan reflektor, bisa ditambahkan juga lensa tertentu yang dirancang sedemikian rupa sehingga mempunyai pola tertentu. Lampu kabut mempunyai permukaan reflektor yang berlainan antara irisan vertikal dan horizontal. Bagian bawah permukaannya berbentuk parabola dan bagian atas permukaannya berbentuk elips dengan fokus yang sama, sedangkan irisan melintang horizontal permukaannya berbentuk parabola (US Patent No. 4731713 A, 1988). Maksud penentuan jenis permukaan dan fokus dari reflektor tersebut agar berkas yang keluar dari lampu terfokus pada lokasi tertentu.

5. Sejarah

Lampu kabut pertama kali dipasarkan Bosch pada November 1930 sebagai solusi penerangan jalan ketika berkendara dalam cuaca berkabut dengan kecepatan kendaraan maksimum 50 km/jam pada waktu itu (Kuhlgatz, 2016). Lensa penutupnya dipatenkan pada 1951 di Jerman (US Patent No. 2698375 A, 1954). Lampu ini kemudian berkembang semakin efisien dengan pemanfaatan LED sebagai sumber cahayanya (Mastine-Frost, 2016).

K. SEGITIGA PENGAMAN

1. Nama/Sebutan

- a) Segitiga pengaman (Republik Indonesia, 2009; Pemerintah Republik Indonesia, 2012 & Mys CRR, 2008).
- b) *Emergency warning triangle* (Amazon, 1996–2016).
- c) *Triangle safety reflector* (Monotaro, 2013).

2. Definisi/Pengertian

Tanda berbentuk segitiga berwarna merah dengan ukuran panjang 30 cm–40 cm yang digunakan pengemudi kendaraan beroda empat atau lebih untuk menandai lokasi yang memerlukan perhatian khusus pengguna jalan yang lain. Biasanya sering digunakan saat kendaraan berhenti karena kecelakaan atau mogok dan menghalangi pandangan atau jalan (Fungsi segitiga pengaman, 2014) sebagaimana pada Gambar 2.33.

3. Fungsi/Fungsi Utama

Segitiga pengaman untuk kendaraan dilengkapi reflektor yang bisa terlihat dari jarak 100 m. Segitiga pengaman dibutuhkan saat kendaraan rusak atau mogok di tengah jalan (terutama di malam hari atau kondisi hujan lebat) untuk menghindari bahaya tabrakan dari belakang. Bila tidak dipergunakan, segitiga ini dengan mudah dapat dilipat dan disimpan tanpa memakan banyak ruang (CE certificate reflective LED warning triangle, 2011). Beberapa produsen segitiga pengaman melengkapi produknya dengan LED. Segitiga pengaman disarankan dipasang sekitar 10 m sampai 20 m dari mobil yang berhenti dalam



Sumber: Admin Selamat Berkendara (2014)

Gambar 2.33 Manfaat Segitiga Pengaman untuk Menandai Keadaan Darurat

keadaan darurat agar pengguna jalan lain dapat menyesuaikan diri secara baik (Mengenal segitiga pengaman, 2014).

Segitiga pengaman adalah salah satu komponen kendaraan yang harus tersedia setiap saat sesuai peraturan (UU No. 22 Tahun 2009). Ketika terjadi hal tidak diinginkan yang menyebabkan kendaraan berhenti lama, misalnya, mogok dan kempis ban, segitiga pengaman dapat dipasang di bagian depan (ketika berada pada jalan dua arah) dan belakang kendaraan yang mengalaminya. Tujuannya adalah agar pengendara lain dapat segera mengetahui dan mengendalikan kendaraannya.

Persyaratan segitiga pengaman diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012, yaitu

- 1) paling sedikit berjumlah dua buah;
- 2) berwarna merah;
- 3) bersifat memantulkan cahaya.

Namun, peraturan ini belum menetapkan ukuran fisik dan sifat pemantulannya sebagaimana retroreflektor. Perlu diketahui bahwa komponen optik ini menurut perundangan di Indonesia dikategorikan sebagai perlengkapan UU No. 22 Tahun 2009.

4. Prinsip Optik

Prinsip optik segitiga pengaman sama dengan retroreflektor yang telah dibahas sebelumnya. Keduanya sama-sama dimanfaatkan sebagai pemantul cahaya yang dipasang pada bagian depan dan belakang mobil atau kendaraan. Secara diagramatis, prinsip optiknya diperlihatkan pada Gambar 2.26 dan Gambar 2.27.

5. Sejarah

Rambu lalu lintas zaman dulu hanya berupa tanda jarak pada satu titik ke kota tertentu (*pal*) yang dipasang di tepi jalan. Pada 1908,

himpunan pabrikan mobil di London Barat menancapkan rambu peringatan dan pada 1909, beberapa pemerintah negara di Eropa menyepakati 4 lambang rambu lalu lintas, yaitu jalan bergelombang, jalan membelok, persimpangan, dan persimpangan sebidang untuk rel kereta api. Pengembangan intensif rambu ini berlangsung antara tahun 1926 dan 1949. Volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan semakin meningkat, keterlihatan dan penggunaan kendaraan di malam hari adalah hal yang menjadi pertimbangan.

Pada 1940–1950, tulisan yang terdapat pada rambu lalu lintas mulai dimunculkan. Pada 1970-an, dimanfaatkan model kancing, huruf bertitik dengan bola kaca reflektif untuk malam hari (lihat Gambar 2.34). Pada 1970-an, rambu dengan plastik sebagai ganti bola kaca muncul. Pada 1980-an, lambang dengan logam rata muncul secara luas dengan memanfaatkan bahan lembaran retroreflektif, seperti *Schott light*. Akhirnya pada 1978, setelah Konvensi Wina tentang Rambu Lalu Lintas dan Sinyal tahun 1968, rambu lalu lintas dan sinyal distandarkan di Eropa untuk memperkecil perbedaan (Pasagic & Scukanac, 1998).



Sumber: Billinger (2007)

Gambar 2.34 Rambu Retroreflektif Zaman Awal Kemunculannya

L. PELINDUNG SILAU CAHAYA MATAHARI

1. Nama/sebutan

- a) Pelindung silau cahaya matahari.
- b) *Sun visor* (Cambridge Dictionary, 2016).

2. Definisi/Pengertian

- a) Selembar material rata di atas jendela depan kendaraan yang melindungi mata pengemudi dari sinar matahari yang kuat (Cambridge Dictionary, 2016).
- b) Selembar bahan rata dan kaku yang dipasang di atas batas antara kaca depan dan atap bagian dalam kendaraan, yang dapat diubah posisinya, apakah menempel ke atas atau dibuka ke bawah atau ke samping, untuk melindungi mata pengemudi (dan penumpang depan) dari sinar matahari yang kuat yang datang dari depan atau samping kendaraan agar tidak silau.

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi utama pelindung silau cahaya matahari adalah untuk menghalangi cahaya matahari yang datang ke arah depan pengemudi ketika mengemudikan kendaraan. Jika tidak dihalangi, cahaya matahari membuat pengemudi silau (Gambar 2.35). Ketika pengemudi silau, matanya—yang berfungsi sebagai sarana untuk mengamati bagian depan dan sekitar kendaraan—mengalami gangguan. Akibatnya, pengemudi kurang bisa mengamati keadaan sekitar dengan baik. Dalam mengemudikan kendaraan, mata sangat penting sebagai jendela informasi yang masuk ke otak. Informasi dari otak tersebut menggerakkan tangan atau kaki untuk melakukan sesuatu.

Pelindung silau cahaya matahari telah menjadi bagian dari kendaraan, namun tidak dimasukkan sebagai perlengkapan kendaraan dalam peraturan perundang-undangan di Indonesia. Ketika memilih perleng-

kapan kendaraan, harus dipertimbangkan ketersediaan dan kelengkapan pelindung silau cahaya matahari. Tujuannya agar membantu pengemudi dan penumpang di bagian depan untuk mendapatkan kenyamanan.

4. Prinsip Optik

Secara optik, pelindung silau cahaya matahari berfungsi sebagai *baffle* (penghalang sinar) dalam sebuah sistem optik (Scaduto dkk., 2006). Dalam bahasan ini, penghalang berfungsi menahan sinar yang datang. Sinar tersebut tidak diteruskan, melainkan disebarkan, ditahan, atau diserap. Penahan sinar matahari menjaga agar sinar matahari yang memasuki mobil tidak membuat silau mata pengemudi. Mata pengemudi yang silau dapat memengaruhi konsentrasi dalam mengemudikan mobil. Pelindung silau cahaya matahari bukan komponen optik, namun berfungsi secara optik.

5. Sejarah

Informasi tentang penghalang sinar matahari ini, muncul pertama kali pada paten tahun 1922 (US Patent No. 1600785 A, 1926). Penghalang sinar matahari digunakan pada mobil Ford model T pada 1924, wa-



Sumber: Ikhsan (2011)

Gambar 2.35 Pelindung Silau Cahaya Matahari (*Sun Visor*) pada Mobil

laupun masih berada di luar kendaraan, yakni di depan kaca depan dan tidak dapat diatur. Pada 1931, penghalang sinar matahari sudah mulai ditempatkan di dalam mobil. Setelah tahun 1932, perusahaan mobil Ford membuatnya menjadi dua, yaitu pada pengemudinya dan penumpang yang ada di sebelah pengemudi (Greene, Protosaltis, & Kennedy, 2015). Penghalang ini mulai umum disertakan dan berada di dalam mobil.

M. LAMPU SAMPING

1. Nama/Sebutan

- a) lampu samping (*side light*) (MacMillan Dictionary, 2016).
- b) penanda samping (*side marker*) (Federal Register, 2016).

2. Definisi/Pengertian

- a) Satu lampu kecil berdekatan dengan lampu utama pada mobil (MacMillan Dictionary, 2016).
- b) Lampu yang dipasang pada struktur permanen kendaraan sedekat mungkin pada ujung depan dan belakang, yang menyediakan cahaya pada sisi samping untuk menunjukkan panjang keseluruhan kendaraan; lampu-lampu tambahan bisa juga dipasangkan pada posisi di antaranya pada samping kendaraan (MacMillan Dictionary, 2016).

3. Fungsi/Fungsi Utama

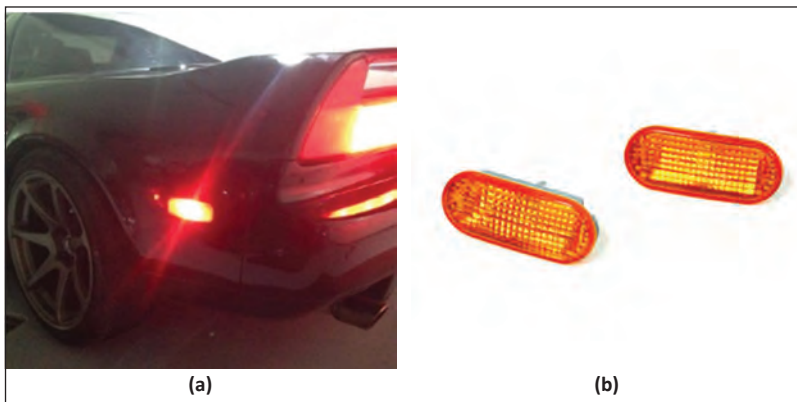
Fungsi utama lampu samping adalah memberi tahu kepada pengemudi yang datang dari samping tentang keberadaan kendaraan berlampu samping ini pada malam hari. Pada kendaraan dengan panjang minimum 6 m, lampu samping diwajibkan keberadaannya oleh aturan PBB (United Nations, 2010) dan dipatuhi pabrikan mobil sebagaimana diperlihatkan Gambar 2.36 (a). Komponennya tampak pada Gambar 2.36 (b).

Lampu samping juga berfungsi sebagai lampu darurat ketika semua lampu tidak berfungsi. Tujuannya agar kendaraan tetap terlihat oleh pengemudi kendaraan lainnya, walaupun bagi pengemudi kendaraan tersebut kecil sekali manfaatnya (Black Top Racing, 2016).

Lampu samping ini terdapat dalam ketentuan PBB (United Nations, 2010), namun tidak dimasukkan dalam peraturan perundang-undangan di Indonesia. Dengan demikian, tidak ada lampu samping pun bukan pelanggaran terhadap aturan.

4. Prinsip Optik

Lampu samping sangat redup dan berwarna kuning atau putih, hanya 5 watt dibandingkan lampu utama dekat yang berdaya 55 watt (Driving Test Tips, 2016). Lampu ini ditutupi oleh penutup berwarna kuning atau putih. Agar tidak menyilaukan mata orang yang melihatnya, tutup tersebut dibuat tidak transparan, melainkan dengan pola *hashtag* (#) pada semua bagiannya, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.36(b). Penutup lampu samping sering disebut sebagai lensa. Sebenarnya tidak harus berupa lensa, bisa juga berupa gabungan prisma, bidang



Ket.: (a) sudah terpasang dan (b) masih belum terpasang.

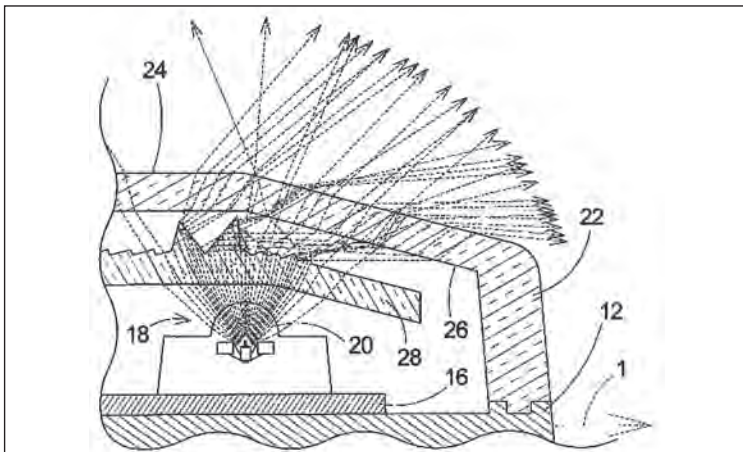
Sumber: (a) Black Top Racing, 2016 (b) Maddenbowler, 2016

Gambar 2.36 Lampu samping

rata atau bentuk lainnya. Hal yang terpenting adalah bahwa ketika cahaya melewatinya, mata yang melihatnya tidak menjadi silau karena cahaya disebarkan hampir ke segala arah (US Patent No. 8251540 B2, 2012). Secara optis (Gambar 2.37), jalannya cahaya pada lampu ini diawali dengan sumber cahaya berupa pijaran lampu yang dibungkus penutup transparan (20) memancarkan cahaya (18) ke segala arah dan dibatasi oleh pembatas sekelilingnya. Cahaya tersebut menumbuk lensa (28) yang permukaan luarnya tampak bergerigi untuk menunjukkan bahwa permukaan tersebut bukanlah sebagaimana permukaan dalamnya yang rata. Desain ini dimaksudkan agar sinar yang dibiaskan lensa tersebut menyebar ke segala arah sehingga tidak menyilaukan mata yang melihatnya setelah menembus penutup keseluruhan yang transparan (22) pula, yang umumnya berwarna kuning (*amber*).

5. Sejarah

Lampu samping ditetapkan sebagai suatu kewajiban pada 1 Januari 1968 menurut *Standard* (yang berlaku di Amerika Serikat) No.



Sumber: US Patent No. 8251540 B2 (2012)

Gambar 2.37 Salah satu skema optik lampu samping umumnya terbuat dari bahan plastik keras yang sering disebut lensa.

108-Lamps, Reflective Devices, and Associated Equipment (Auto Brevity, t.t.) untuk kendaraan dengan panjang 2,032 m atau lebih. Pada 1 Januari 1969 menjadi wajib untuk kendaraan lainnya. Salah satu cara penempatan lampu samping ini digabung bersama dengan kaca spion (US Patent No. US 2048939 A, 1935; US Patent No. US 2570569, 1947).

N. HEAD UP DISPLAY

1. Nama/sebutan

Head Up Display (Oxford, 2010).

2. Definisi/Pengertian

- a) Suatu paparan transparan yang menampilkan data (aktivitas kendaraan) tanpa pengguna harus berpaling dari sudut pandang yang biasa (Oxford, 2010).
- b) Suatu paparan pandangan yang berisi informasi penerbangan, navigasi, serangan, atau informasi lain yang ditumpangkan pada medan pandang pilot ke arah depan (Military Factory, 2017).
- c) Suatu paparan data elektronik dari instrumen atau sumber lain yang diproyeksikan pada ketinggian mata sehingga pengendara atau pilot dapat melihatnya tanpa berpaling dari jalan atau pandangan depan (Dictionary.com, 2016).
- d) Proyeksi pembacaan instrumen pada kaca depan, membuat pilot pesawat terbang atau pengemudi kendaraan dapat melihatnya tanpa harus melihat ke bawah (Collins English Dictionary, 2016).

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi utama dari *head up display* (HUD) adalah untuk membaca data visual instrumen panel kokpit pesawat terbang atau dasbor kendaraan pada kaca-depan kendaraan agar pengemudi tidak perlu memalingkan pandangannya dari jalan. Hal ini membuat pengemudi tidak kehilangan kesempatan melihat atau mengamati apa pun yang





Sumber: (a) Rama (2005); (b) Jean (2013)

Gambar 2.38 Paparan HUD pada (a) Pesawat Tempur dan (b) Mobil

terjadi di hadapannya sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.38. Tanpa HUD, pengemudi atau pilot yang hendak melihat data harus memalingkan pandangannya ke dasbor mobil (Jean, 2013) atau panel kokpit pesawat terbang.

Head up display sudah dikaji pihak yang berwenang di Amerika Serikat (Gish & Staplin, 1995) dan banyak dibahas dalam berbagai pertemuan internasional, seperti *Electronic Display Conference* (Bengler, Pfannmuller, & Zaindl, 2015), namun belum dimasukkan ke dalam peraturan karena masih banyak yang keberatan (Jonathan, 2015). Di Indonesia pun belum ada ketentuan yang mengatur HUD.

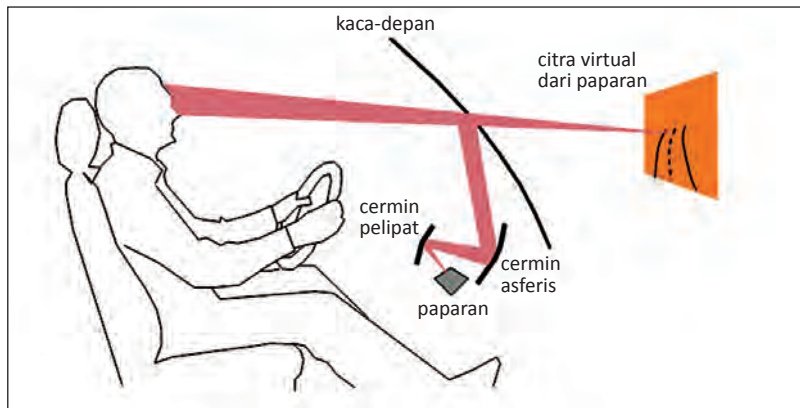
4. Prinsip Optik

Secara optik, HUD membuat tampilan yang selama ini dipaparkan pada panel instrumen, misalnya spidometer pada mobil, menjadi ditampilkan pula pada kaca depan. Dengan begitu, pengemudi bisa melihat jalan atau keadaan sekitar melaluinya tetapi tetap dapat membaca panel di dasbor. Artinya, objek yang berupa paparan instrumen yang bercahaya, dengan memanfaatkan lensa, cermin, atau sistem optik untuk memproyeksikan paparan tersebut pada kaca depan. Di samping melihat situasi jalan di depan mobilnya melalui kaca

depan, pengemudi juga melihat tampilan data instrumen tersebut sebagaimana digambarkan pada Gambar 2.39.

5. Sejarah

HUD dipatenkan oleh Ilaki pada 1949. Fungsinya untuk melihat angka spidometer ketika melaju tanpa memalingkan dari pandangannya terhadap permukaan jalan yang sedang dilewatinya (US Patent No. 2641159 A, 1953). Istilah HUD, diawali oleh penemuan Hosking Blackham pada 1973. Saat itu, paparan spidometer mobil yang menjadi objeknya disoroti dengan lampu, lalu ditambah komponen optik sedemikian sehingga terproyeksikan ke kaca depan (US Patent No. 3848974 A, 1974). Kemudian HUD digunakan juga di pesawat terbang (US Patent No. 6567014 B1, 2003).



Sumber: Hettler & Hutchins (2014)

Gambar 2.39 Gambaran Skematis Jejak Sinar Optik pada HUD Jenis Reflektif pada Aplikasi Otomotif.

O. ALAT PEMANDU KESELAMATAN BERKENDARA

1. Nama/sebutan

Alat pemandu keselamatan berkendara.

2. Definisi/Pengertian

Alat ini merupakan pemandu pengemudi untuk mengendalikan kendaraan roda empat atau lebih dengan memanfaatkan perangkat yang dipasang pada kendaraan agar dalam mengemudikan kendaraan terjaga keselamatan dan keamanannya. Maksud dari keselamatan dan keamanan tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Keselamatan dari tabrakan beruntun dengan cara menjaga jarak antara kendaraan dan kendaraan yang ada di depannya (jarak aman) sesuai kecepatan, melalui paparan jarak di depan pengemudi.
- b) Keamanan bodi dan bagian terluar kendaraan agar terhindar dari benda-benda yang berada di tepi kanan dan kiri mobil ketika jalan yang dilalui berukuran sempit, misalnya di jalan perkampungan kecil, garasi, dan pintu gerbang.
- c) Kenyamanan dari guncangan akibat ban kendaraan melintasi lubang, batu atau halangan lain di permukaan jalan. Caranya, alat ini menunjukkan arah ban kiri dan kanan mobil yang akan ditelusuri sehingga pengemudi diberi fasilitas oleh alat ini untuk mengendalikan kemudinya agar bisa menghindari lubang atau batu yang terdapat di tengah jalan.

3. Fungsi/Fungsi Utama

Ada empat fungsi alat ini, yaitu memandu pengemudi untuk:

- a) mengukur jarak antara kendaraan ini dan kendaraan di depannya (khususnya di jalan tol), agar pengemudi dapat menentukan jarak aman antara kendaraan ini dan kendaraan di depannya. Hal ini

diperlukan mengingat terdapat peraturan jarak minimum di tol. Pengelola jalan tol Indonesia menentukan jarak aman dua kali lebih jauh dibandingkan aturan di Eropa. Kendaraan dengan kecepatan 60 km/jam berjarak minimum 60 m dengan kendaraan di depannya, sedangkan kendaraan dengan kecepatan 80 km/jam berjarak minimum 80 m (Gambar 2.40) dengan kendaraan di depannya.



Gambar 2.40 Rambu lalu lintas menjaga jarak aman pada kecepatan 80 km/jam pada 80 m di jalan tol.

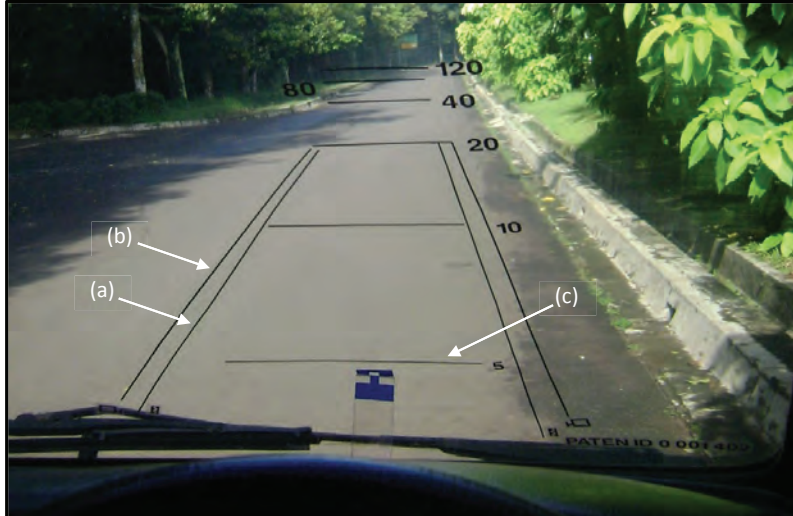
Dengan demikian, apabila ada kecelakaan, perlambatan kendaraan, atau perhentian mendadak, kendaraan di belakangnya dapat menghindari tabrakan dengan kendaraan tersebut. Ada pula negara yang menetapkan aturan 2 detik dan 3 detik (Breyer, 2010; Prince Edward Island, 2016; Saskatchewan Government Insurance, 2016), yaitu saat membuntuti kendaraan di depannya, kendaraan pembuntut mengidentifikasi tanda di tepi jalan yang dilewati kendaraan yang dibuntuti, kemudian mengimla “1001, 1002”. Jika sehabis menghitung, kendaraan pembuntut melewati tanda tersebut maka jarak tersebut terlalu dekat. Caranya adalah dengan melihat bagian terbelakang dari kendaraan yang persis

di depannya, tampak di garis yang mana (lihat Gambar 2.41). Jika bagian yang diperhatikan tersebut berada pada garis dengan angka 40, berarti jaraknya 40 m.

- b) memilih jalan dengan cara mengatur roda kemudi kendaraan, sedemikian rupa sehingga bodi kendaraan tidak menyerempet benda-benda di tepi jalan, seperti kerucut (*cone*) yang membatasi ruang gerak bagian kiri dan kanan kendaraan. Caranya, adalah dengan mengamati benda di tepi jalan, misal tiang di kiri jalan. Jika pangkal tiang tersebut tampak terpotong oleh garis miring paling kiri (lihat Gambar 2.41) dan jika perjalanan dilanjutkan pada posisi tersebut, maka modi terluar kiri akan menyerempet atau menambrak tiang tersebut. Untuk menghindarinya, posisi setir kemudi diatur sedemikian rupa sehingga pangkal tiang yang diamati tersebut berada di luar (di sebelah kiri) garis miring terluar.
- c) memilih jalan dengan cara mengatur roda kemudi kendaraan, sedemikian rupa sehingga bagian terluar kendaraan, contohnya kaca spion, tidak mengenai bidang tegak di tepi jalan yang akan dilalui. Hal ini berguna ketika memasuki gerbang sempit atau memasuki garasi yang lebarnya terbatas. Caranya adalah pengemudi mengamati sisi miring terluar, misalnya kiri, yang pada Gambar 2.41 juga merupakan proyeksi bagian terluar kendaraan, yaitu kaca spion kiri. Jika teramati pangkal benda di tepi kiri jalan, misalnya tembok kiri garasi atau carport, tampak bersentuhan dengan garis tersebut dan jika perjalanan dilanjutkan, maka kaca spion kiri akan menyerempet atau menabrak tembok kiri garasi atau carport tersebut. Untuk mencegahnya, maka pengemudi mengatur setir kemudi sedemikian rupa sehingga dinding garasi atau carport tersebut tampak berada di kiri garis tersebut.
- d) memilih jalan yang akan dilaluinya dengan memperhatikan jejak ban kendaraan beberapa meter di depannya. Ketika tampak halan-

gan, misalnya lubang atau batu di depan kendaraan, pengemudi dapat menghindarinya karena terpandu dengan fungsi perangkat ini. Perangkat dapat pula memandu memilih jejak ban saat melusuri papan di jembatan darurat yang jarak antara kedua papan tersebut mampu menampung lebar ban kendaraan. Tentu saja tanpa mempertimbangkan antara beban kendaraan dan kapasitas kekuatan papan dan jembatannya. Caranya adalah ketika permukaan jalan yang berlubang atau terdapat batu dan garis miring-dalam, misalnya sisi kiri, tampak terlintasi garis tersebut dan perjalanan di lanjutkan, maka lubang atau batu tersebut akhirnya akan terlindas ban kiri. Untuk menghindarinya, maka pengemudi mengatur setir kemudinya sedemikian rupa sehingga garis miring yang dimaksud tampak berada di luar lubang atau batu tersebut.

Salah satu tampilan dari pemandu ini dapat dilihat pada Gambar 2.41.



Ket.: Pada gambar tersebut, bodi terluar dan bagian terluar kendaraan berada pada posisi yang sama.

Gambar 2.41 Salah satu tampilan pemandu yang diinstalasi pada minibus.

Saskatchewan Government Insurance (2016) telah menulis pedoman mengemudi yang baik dalam rangka kehati-hatian. Sementara itu, alat pemandu keselamatan berkendara lokal dapat dilihat pada Gambar 2.41, yaitu garis yang ditunjuk sebagai (a) pada gambar tersebut memperlihatkan jejak ban kiri yang akan dilalui kendaraan ini, sementara itu garis (b) menunjukkan proyeksi bodi dan bagian terluar kiri kendaraan ke jalan yang akan dilalui kendaraan, dan garis (c) menunjukkan angka 5, yang berarti jarak 5 m dari *bumper* depan ke benda yang tampak berimpitan dengan garis mendatar di dekatnya. Demikian pula arti angka-angka lainnya, yaitu 10, 20, 40, 80, dan 120, terkait dengan garis mendatar di dekat masing-masing angka tersebut.

Alat pemandu ini belum diatur dalam peraturan perundang-undangan di Indonesia. Jadi, keberadaannya tidak melanggar aturan, demikian juga ketiadaannya.

4. Prinsip Optik

Alat ini memanfaatkan sifat optis mata pengemudi yang menangkap cahaya dari pemandangan di depan kendaraan dan pola (*pattern*) yang terbuat dari kaca film. Alat ini dipasangkan pada bagian-dalam kaca depan kendaraan persis di depan pandangan pengemudi sehingga terjadi superposisi pada kedua hal tersebut, yaitu padangan pengemudi ke permukaan jalan di depannya dan garis-garis kaca film pada kaca-dalam tersebut (Gambar 2.41). Pola tersebut diatur dengan memanfaatkan rumus trigonometri untuk menandai bagian kaca-depan dan merekatkannya.

Semua rincian tentang pengukuran dan perhitungan terkait paten ini tersedia pada naskah paten (ID Patent No. 0 001 402, 1997).

5. Sejarah

Alat ini terinspirasi pesawat tempur. Waktu itu sang penemunya membaca sebuah literatur di Perpustakaan Victoria, BC, Kanada

tentang *head up display* (HUD) di pesawat tempur F-16. Untuk mengoperasikan pesawat itu, termasuk tanda bidik senjatanya, instruksinya terdapat pada kaca-depan (*windshield*) kokpit. Pilotnya menggunakan helm yang sisi atasnya bersensor dan pasangan sensornya terdapat di atasnya. Tujuannya agar posisi tanda bidik dapat disesuaikan dengan mata pilot yang mengenakan helm tersebut. Sensor itu dihubungkan dengan komputer yang dilengkapi dengan proyektor ke kaca depan pesawat. Perangkat tersebut dimodifikasi agar dapat digunakan untuk kendaraan roda empat. Itulah asal mula ditemukannya alat pemandu keselamatan ini.

Setelah melakukan uji coba sejak tahun 1989, akhirnya pada 26 Agustus 1991 invensinya didaftarkan patennya. Setelah menghadapi pemeriksaan substantif dan dilakukan revisi untuk memuaskan pemeriksa paten, pada 10 Maret 1997 invensinya diakui (*granted*).

Patent tersebut sudah dipasang pada sejumlah kendaraan secara terbatas di berbagai daerah, khususnya Jabodetabek, dan hingga buku ini ditulis masih digunakan oleh pengguna fanatiknya.

P. PENCAHAYAAN INTERIOR

1. Nama/Sebutan

internal lighting (Irish, 1963).

2. Definisi/Pengertian

Pencahayaan interior merupakan sarana penerangan yang umumnya bersumber dari lampu untuk menerangi bagian dalam kendaraan agar pengemudi atau penumpang terbantu untuk melihat objek yang tak terlihat jika hanya menggunakan lampu konvensional (US Patent No. 2302092 A, 1942).

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi utama pencahayaan interior umumnya dipasang pada langit-langit mobil untuk menerangi benda-benda yang langsung dikenai cahaya lampu tersebut. Seiring berjalannya waktu, kebutuhan ruang untuk penempatan perlengkapan mobil dan penumpang dipenuhi dengan memanfaatkan tempat kosong di mobil, misalnya kolong kursi. Tentunya tempat yang demikian tidak terjangkau cahaya lampu interior konvensional sehingga dibutuhkan pencahayaan lainnya. Di situlah fungsi pencahayaan atau penerangan interior diperlukan, yang salah satunya tampak pada Gambar 2.42.

Sarana pencahayaan interior yang sudah umum, seperti lampu interior di atap, belum diatur dalam peraturan perundang-undangan. Begitu pula pencahayaan interior yang khusus, yaitu lokasi mana pun dalam mobil, belum diatur dalam peraturan perundang-undangan yang berlaku.



Sumber: beitedesstrafe (2011)

Gambar 2.42 Salah Satu Contoh Pencahayaan Interior yang Terdapat di Bagian Pedal Mobil

4. Prinsip Optik

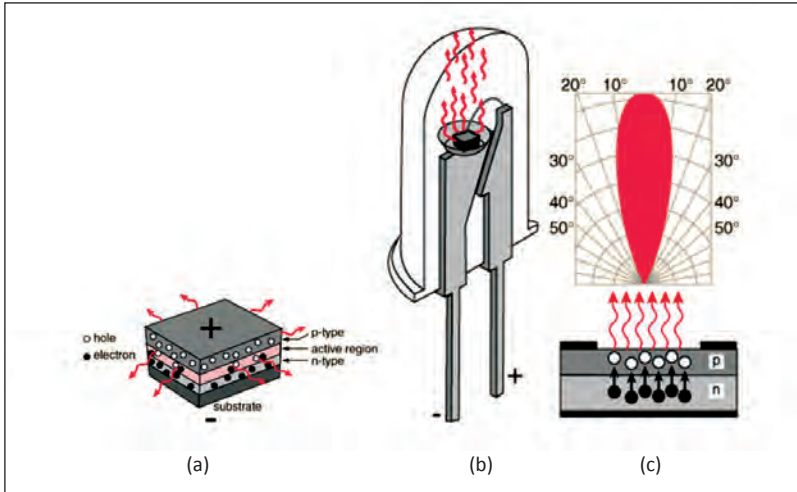
Lampu interior ini, hampir sama dengan lampu lainnya, berfungsi untuk memberi penerangan pada jarak pendek. Pada masa kini, lampu ini banyak memanfaatkan lampu LED sebagai sumber cahayanya karena mampu memberi cahaya dengan intensitas yang tinggi dengan daya yang kecil. Komponen optik yang dimanfaatkan lampu jenis ini, khususnya LED, dilengkapi lensa yang ditempatkan di ujung depan diodanya. Lensa ini berfungsi untuk menyebarkan cahaya sehingga lebih terarah (Craford, Holonyak, & Kish, 2001).

LED memanfaatkan teknologi zat padat. Caranya dengan menempatkan lapisan semikonduktor pada sebuah substrat dengan muatan listrik yang berlawanan. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.43 (a). Perpindahan muatan aliran listrik mengakibatkan adanya pemancaran cahaya ke semua arah. Agar dapat dimanfaatkan secara terarah, struktur LED ditempatkan pada mangkuk kecil reflektif sehingga sinarnya keluar secara terarah sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.43 (b). Adapun pola radiasi yang umum memperlihatkan bahwa kebanyakan energi yang dipancarkan pada arah 20° adalah cahaya maksimum, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.43 (c), dan untuk memberi arah yang lebih sempit lagi, umumnya ditambahkan lensa di depannya (Craford dkk., 2001).

Penempatan berbagai LED di posisi-posisi strategis pada mobil sangat membantu pemakainya melakukan kegiatan pada malam hari. Jadi kegiatan tak akan terkendala sebagai akibat ketiadaan pencahayaan dan dapat dilaksanakan kegiatan sebagaimana pada siang hari.

5. Sejarah

Pada awalnya, lampu ini merupakan pelengkap navigasi mobil-mobil yang sering dipakai di malam hari, dan di pasang di bagian depan dengan bantuan tiang atau penyangga yang fleksibel, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 2.44.



Sumber: Craford dkk. (2001)

Gambar 2.43 Struktur LED berfungsi sebagai lampu interior.

Saat ini berkembang lampu interior yang berada di bawah kursi yang merupakan pelengkap fasilitas pergerakan kursi secara lateral, maju dan mundur (US Patent No. 20070228786 A1, 2007). Walaupun terdapat klaim tentang jumlah sumber lampu yang berupa LED, kuat cahayanya tidak diklaim. Artinya, tidak ada batasan kuat cahaya pada lampu tersebut.



Sumber: Autozone, 2016

Gambar 2.44 Lampu Tambahan untuk Membaca Peta Jalan di Malam Hari

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Q. LAMPU DI BAWAH PINTU

1. Nama/Sebutan

- a) Lampu di bawah pintu.
- b) *Courtesy light* (Collins English Dictionary, 2014).
- c) *Under door light* (Prism 12v white LED under door lights 1pr, 2016).

2. Definisi/Pengertian

Lampu di bawah pintu adalah sarana penerangan untuk menerangi permukaan jalan, tanah, atau alas yang berada di bawah pintu mobil. Ketika pintu tersebut dibuka, lampu menyala sehingga menerangi permukaan jalan tempat keluar dan masuknya penumpang.

3. Fungsi/Fungsi Utama

Fungsi atau fungsi utama lampu di bawah pintu adalah untuk memberi penerangan kepada penumpang atau pengemudi sebelum keluar atau sebelum memasuki kendaraan terhadap permukaan jalan yang akan dilaluinya. Lampu ini bermanfaat ketika malam hari atau hari gelap dan sekitarnya tidak ada penerangan lampu jalan. Lampu ini bermanfaat sebagai pencegah terinjaknya objek yang mesti dihindari, misalnya genangan air atau kotoran. Secara skematis lampu ini digambarkan pada Gambar 2.45 (a) dan pemasangan praktis pada Gambar 2.45 (b).

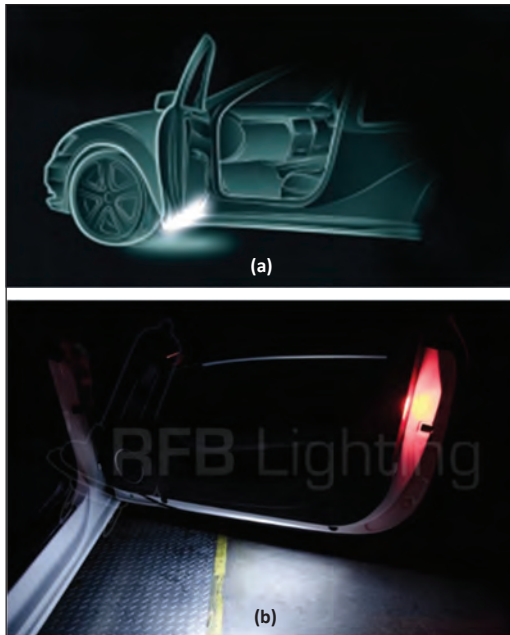
Komponen atau modul ini tidak dimasukkan ke dalam peraturan dan perundangan-undangan di Indonesia. Lampu ini hanya berfungsi ketika pintu mobil terbuka untuk menerangi permukaan jalan di bawah pintu sehingga tidak melanggar peraturan dan perundangan yang berlaku di Indonesia.

4. Prinsip Optik

Secara optik, sumber penerangan untuk lampu ini sama dengan lampu lainnya. Karena muncul pada zaman LED menjadi favorit (US Patent

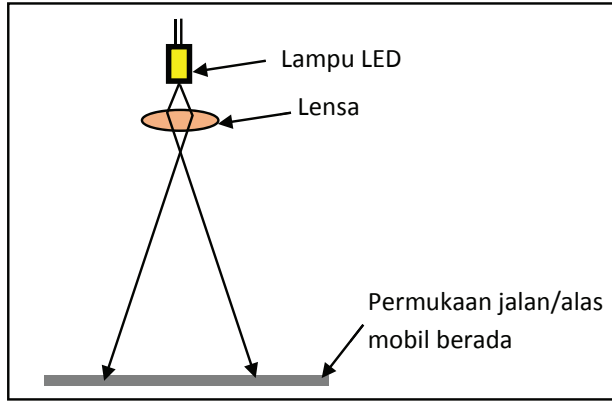
No. 6,392,559, 2002), sumber cahaya lampu ini umumnya memanfaatkan LED. Prinsip LED telah dijelaskan pada butir sebelumnya sehingga tidak dijelaskan lagi pada butir ini. Komposisi komponen optik yang menyusunnya secara skematis diperlihatkan pada Gambar 2.46.

Ketika lampu mobil dibuka, saklar yang sudah terpasang dari pabriknya membuat status lampu interior menyala. Bersamaan dengan hal tersebut, dibuat jalur tambahan untuk menghidupkan lampu ini. Cahaya LED yang dipancarkan ke segala arah, diarahkan oleh komponen optik (yang berupa lensa) ke permukaan jalan atau alas persis di bawah lampu. Dengan demikian, permukaan jalan atau



Sumber: (a) workshoping.co.uk (2016); (b) USPMotorsport (1999–2016)

Gambar 2.45 (a) Salah Satu Skema Lampu di bawah pintu; (b) Pemasangan dan Hasil Tampilannya Secara Praktis



Gambar 2.46 Skema Optik Lampu LED di Bawah Pintu Mobil

tanah tempat berpijaknya mobil menjadi terang. Genangan air, lumpur atau binatang yang membahayakan kaki orang yang hendak keluar mobil akan terlihat. Hal tersebut berarti mencegah peristiwa yang tidak diinginkan.

5. Sejarah

Lampu jenis ini teridentifikasi oleh penulis pertama kali muncul pada September 1995 dengan aplikasi paten nomor 08/534,429, yang pada saat *pending* dilanjutkan dengan paten berikutnya (US Patent No. 6,392,559, 2002). Di dalam paten yang sama, lampu yang menerangi kolong mobil sebagaimana tampak pada Gambar 2.47 juga diklaim.



Sumber: Hong Kong International Purchase Association (2012)

Gambar 2.47 Lampu LED yang Menerangi Kolong Mobil

Buku ini tidak diperjualbelikan.



BAB 3

PEMUTAKHIRAN KOMPONEN DAN MODUL OPTIK PADA MOBIL

Pada bab ini, penulis membahas pemutakhiran, baik teknologi maupun pemanfaatan, setiap komponen atau modul optik yang dibahas pada Bab 2. Tujuannya agar pembaca mengetahui *state of the art* komponen dan modul yang dibahas sebelumnya. Pembaca diharapkan mendapat gagasan pengembangannya; apakah perlu diganti bahan pembuatnya dengan yang lebih baik, lebih murah, lebih ringan, namun dengan fungsi yang sama atau lebih; atukah perlu mengubah sedikit sehingga berfungsi lebih banyak atau modifikasi jenis lainnya?

A. LAMPU UTAMA

Dengan semakin majunya teknologi, lampu utama kendaraan bermotor kini mengarah pada pemanfaatan laser dan teknologi mekatronika untuk memenuhi tuntutan zaman yang dinamis, efisien, dan ramah lingkungan. Penggunaan laser untuk lampu kendaraan sedan ramai dibicarakan pada 2016, yaitu pada mobil Audi (Gambar 3.1) dan mobil BMW i8 (Gambar 3.2).



Sumber: Audi United Kingdom (2016)

Gambar 3.1 Lampu Utama Laser Mobil Audi A4



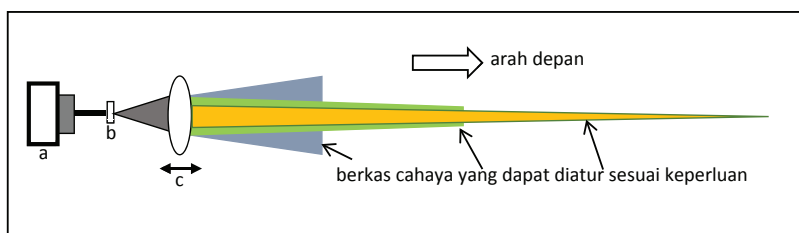
Sumber: BMW International (2016)

Gambar 3.2 Lampu Utama Laser Mobil BMW i8

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Secara prinsip, skema lampu utama yang menggunakan laser diperlihatkan pada Gambar 3.3 (Ulrich, 2015; US Patent No. 20,150,049,501 A1, 2015). Sumber cahaya yang keluar dari diode laser (a) dikenakan pada lempengan fosfor (b) sehingga berpendar sangat terang. Hasil perpendaran tersebut dimanipulasi dengan komponen optik, baik berupa lensa maupun cermin atau gabungannya (c) yang dapat mendekat, menjauh, miring atau menggeser sehingga menghasilkan berkas sesuai yang diinginkan. Lampu utama laser Audi A4 bukan hanya menerangi permukaan jalan di depannya, namun dapat pula menampilkan tulisan. Misalnya, tulisan STOP, yang diperlihatkan kepada pejalan kaki yang akan menyeberang jalan ketika belum saatnya menyeberang (Audi United Kingdom, 2016).

Pada awalnya, sumber cahaya pada lampu utama kendaraan berasal dari nyala lampu karbit dengan kecerahan 0,3 lumen/watt. Setelah listrik digunakan, lampu yang digunakan adalah lampu dengan kawat pijar dengan kecerahan 1,4 lumen/watt sampai dengan 17,5 lumen/watt. Kemudian berkembang dengan memanfaatkan *sealed beam* yang kecerahan antara 17 lumen/watt sampai dengan 27 lumen/watt serta halogen dengan kecerahan 25 lumen/watt. Lalu muncul lampu berteknologi HID dengan kecerahan sampai 120 lumen/watt. Setelah LED muncul, lampu utama ini disubstitusi oleh *Light Emitting Diode* (LED) dengan kecerahan tinggi.



Sumber: (a) diode laser, (b) lempengan fosfor, dan (c) lensa yang dapat diatur posisinya, baik maju maupun mundur atau posisi lain

Gambar 3.3 Salah satu prinsip optik yang digunakan untuk lampu utama kendaraan berbasis laser

Lampu utama dipasang berjajar dengan tujuan mengurangi luas permukaan pada bodi depan kendaraan, dengan kecerahan 100 lumen/watt. Lampu yang paling mutakhir menggunakan laser dengan kecerahan 170 lumen/watt. Kecerahan tersebut diringkaskan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perbandingan Kecerahan Lampu Utama Kendaraan dari Waktu ke Waktu

Tahun Beredar	Jenis Lampu	Kecerahan (lumen/watt)
1880–	Karbit	0,3
1898–	Kawat pijar mudah terbakar	1,4
1911–	Kawat pijar awet	8–24
1940–	<i>Sealed beam</i>	17–27
1962–	Halogen	25
1991–	HID	72–91
2007–	LED	100
2011–	Laser	170

Sumber: Diolah dari beberapa sumber, yaitu Möller (2016), United Nations (2012), Popa (2009), GRAH Lighting (2016), Sammarco & Carr (2016), Grote (2016), Whelan (2010), Rapid-Table (2016), Howard, Laser headlamp is more efficient (and awesome) than LEDs or xenon (2011), dan Diode Dynamics (2016)

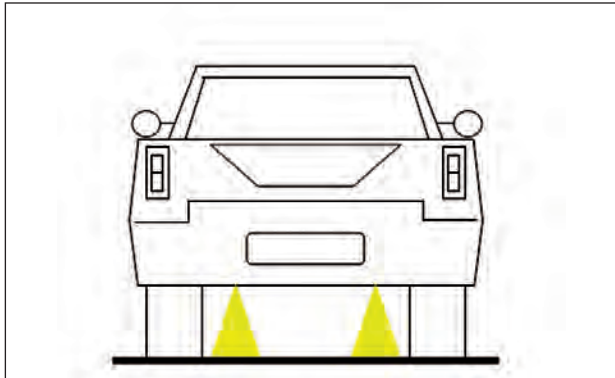
Peraturan perundang-undangan di Indonesia tidak mengatur kuat cahaya lampu utama ini. Hal yang diatur hanya jarak kejelasan cahaya lampu utamanya. Jadi, seandainya lampu yang bersumber laser tersebut digunakan di Indonesia, tidak melanggar peraturan.

B. LAMPU PENUNJUK ARAH

Untuk kepraktisan dan posisi yang lebih tampak, model mutakhir lampu penunjuk arah ini digabungkan dengan kaca spion dan menggunakan LED warna sesuai ketentuan. Lampu penunjuk arah yang digabungkan dengan cermin dipatenkan pada 21 Desember 2004 (US Patent No. 7140757 B2, 2006).

Sebenarnya, lampu penunjuk arah masih bisa dikembangkan. Misalnya dengan pemasangan lampu sehingga sinarnya diarahkan

ke permukaan jalan agar tidak menyilaukan pengguna jalan lain. Lebih jelasnya lihat Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Cahaya lampu tanda belok diarahkan ke permukaan jalan sehingga tidak menyilaukan pengguna jalan lain.

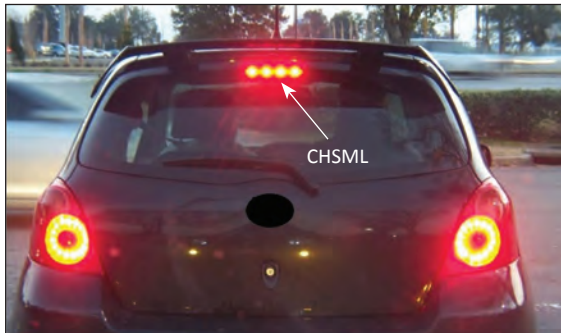
C. LAMPU REM

Lampu rem yang dipasang di bagian belakang mobil memberikan informasi kepada pejalan kaki dan pengguna jalan lain bahwa mobil ini sedang proses berhenti sehingga yang lain dapat menyesuaikan dengan kendaraan ini (US Patent No. 5373426 A, 1994). Di samping itu, ada pula upaya meminta perhatian lebih dari pengemudi kendaraan yang ada di belakangnya dengan mengubah mode yang semula diam menjadi berkedip (Kahtec Technologies, 2006) sebagaimana pada motor BMW Motorrad 360 keluaran tahun 2012 (Tsantilas, 2015).

Upaya menambah keamanan dalam berkendara terus berlanjut, tidak ketinggalan pula yang terkait dengan lampu rem. Sejak 1968 muncul lampu *Center High Mounted Stop Lamp* (CHMSL) pada sedan Ford Thunderbird (LED ESL, 2009). Lampu ini dipasang di tengah atas bagian belakang kendaraan. Tujuannya agar pengemudi di belakangnya lebih mewaspadaai lampu rem yang menyala pada posisi yang lebih tinggi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.5.

Ada pula penjual aksesoris mobil yang paparan lampu remnya berupa susunan LED merah bertuliskan STOP sebagaimana tampak pada Gambar 3.6.

Lampu rem, yang memang letaknya di bagian belakang, sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk berkomunikasi dengan pengemudi kendaraan di belakangnya. Bukan sekadar tanda lampu merah yang diam atau berkedip, melainkan dengan *running text* atau animasi yang dipaparkan pada layar televisi yang sengaja dipasang (ID Patent No. P0020150852, 2015; Biro Kerja Sama Hukum dan Humas - LIPI, 2015).



Sumber: SAV912 (2012)

Gambar 3.5 CHMSL yang Tampak dari Belakang



Sumber: Ebay (2016)

Gambar 3.6 CHMSL Bertuliskan "STOP"
Saat Difungsikan

D. LAMPU POSISI

Lampu posisi tidak mengalami perubahan yang signifikan, kecuali lampu posisi depan yang digantikan dengan *Daytime Running Lamps* (DRL), (Department for Transport of the Government of United Kingdom, 2010) atau sebutan lain *Daylight Running* (Maxim Integrated, 2015), khususnya bagi wilayah yang mewajibkan adanya DRL ini.

Adapun pengertian DRL adalah sebagai berikut.

- 1) Lampu yang beroperasi secara otomatis pada kendaraan di siang hari untuk meningkatkan visibilitas atau penampakan (Department for Transport of the Government of United Kingdom, 2010);
- 2) Lampu putih yang dipasang di depan mobil yang secara otomatis hidup ketika kunci kontak dihidupkan, digunakan pada siang hari untuk meningkatkan penampakan mobil tersebut (Maxim Integrated, 2015).

Fungsi atau fungsi utama DRL adalah membuat penampakan adanya kendaraan berlampu ini lebih nyata pada siang hari sehingga pengguna jalan lain dapat memperhitungkannya. Contoh DRL diperlihatkan pada Gambar 3.7.

Untuk kendaraan roda empat, lampu jenis ini belum menjadi bagian dari kendaraan secara resmi di Indonesia. Namun, lampu jenis ini sudah dipasangkan pada berbagai kendaraan, terutama mobil, khususnya keluaran mutakhir. Lampu jenis ini merupakan kelanjutan dari lampu sejenis untuk kendaraan roda dua yang telah dipersyaratkan untuk dinyalakan pada siang hari pada Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Pasal 107 Ayat (2).

Prinsip optik lampu ini tidak berbeda dengan lampu yang lain. Secara optik, kecerahannya tinggi agar tetap tampak jelas walaupun pada siang hari, khususnya jika cuaca redup. Pada 1991, CIE merekomendasikan bahwa intensitas cahaya DRL maksimum 1.200 cd. PBB melalui Regulasi 87 merekomendasikan maksimum 800 cd (Paine,





Sumber: (a) Vijayenthiran (2008) (b) Benedict1337 (2010)

Gambar 3.7 (a) DRL terpasang pada mobil keluaran baru, (b) DRL yang terpasang dari kejauhan terlihat dengan jelas.

2003). Paine juga merekomendasikan DRL antara 1.000 cd sampai 1.800 cd (Paine, Haley, & Cockfield, t.t.).

Sejarah lampu ini diawali pada 1972 ketika Finlandia mewajibkan penggunaan DRL selama siang hari. Negara-negara Skandinavia kemudian menyusul. Pada 1989, Kanada mewajibkan DRL bagi kendaraan-kendaraan baru. Pada 1995, pabrik mobil General Motor menetapkan DRL sebagai standar untuk mobilnya (Paine, 2003).

Lampu posisi tidak mengalami perubahan signifikan, kecuali lampu posisi depan yang digantikan *Daytime Running Lamps* (DRL).

Lampu ini merupakan lampu dekat dan berbentuk *horizontal bars*. Pada pengembangan selanjutnya, bukan hanya segi fungsional DRL yang diperhatikan, tetapi juga segi artistiknya. Penamaannya pun dibuat menarik, yaitu *angel eyes*, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.8.

DRL mutakhir yang dipatenkan terbuat dari LED dengan warna banyak (*multi colors*) (US Patent No. 20140078766 A1, 2014). DRL masih terbuka untuk pengembangan; apakah menggunakan laser atau sumber cahaya lainnya.

E. LAMPU MUNDUR

Pada awalnya, gerakan mundur mobil hanya ditandai dengan lampu menyala. Matsusaburo Yamaguchi dari Yamaguchi Electric Company, Jepang, menemukan tanda bunyi pada gerakan mundur tersebut pada 1963. Dengan tanda bunyi, pengguna jalan yang sedang berdekatan dengan kendaraan tersebut diharapkan akan menyadari adanya mobil



Sumber: MyTrick RC (2016)

Gambar 3.8 DRL dengan Sebutan *Angel Eyes* pada Sedan BMW

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang sedang bergerak mundur melalui bunyi pada frekuensi 3dB lebih tinggi dari sekelilingnya dengan jelajah (98~112) db (Auto Zone, Inc., 2001–2017).

Walaupun bukan prinsip optik, ada baiknya dikemukakan bahwa pada 1970-an, Porche model Rainbow memasang indikator bunyi yang *beat*-nya mewakili jarak antara bagian belakang mobil dan halangan yang terdapat di belakang. Semakin tinggi frekuensi nadanya, semakin dekat jarak antara belakang mobil dengan halangan di belakangnya. Jadi, pengemudi dapat memperkirakan jaraknya (Geiger, 2015).

Ilmu pengetahuan dan teknologi semakin berkembang. Komponen optik dan elektronik yang dahulu berbiaya tinggi, kini terjangkau. Banyak mobil dilengkapi kamera CCTV yang menghadap ke belakang dan monitor televisi yang dipasang di dasbor. Perangkat ini berfungsi ketika gigi transmisinya berada pada posisi mundur sebagaimana terlihat pada Gambar 3.9. Kini ada cara menambahkan sistem opto-elektronik untuk melihat bagian belakang tanpa harus didahului gigi mundur (Sugiono, 2010).

Gerakan mundur mobil—khususnya saat parkir di tempat parkir—disediakan simulasinya. Animasinya akan terlihat pada layar monitor yang dipasang di dasbor seolah-olah terlihat dari atas (*bird eye view*), seperti diperlihatkan pada Gambar 3.10.

Ada pula mobil yang dilengkapi mekanisme parkir otomatis. Ketika mendekati lokasi parkir, mobil ini memindai lokasi di pinggir jalan, dan menghitung ruang yang tersedia. Setelah didapat ruangan yang memadai, mobil berhenti, lalu mundur, disertai gerakan roda kemudi memutar sedemikian rupa sampai mobil tersebut diparkir pada ruang yang tersedia (pnote, 2015).

Sejauh ini, lampu mundur menyala secara tetap dan tidak berkedip. Boleh jadi nantinya dibuat berkedip, ditambahkan lampu warna lain sehingga pengguna jalan lain lebih mewaspadainya.



Sumber: Alria (2016)

Gambar 3.9 Monitor televisi memperlihatkan bagian belakang kendaraan saat posisi mundur.



Sumber: Brisbane City Citroen (2015)

Gambar 3.10 Sarana visual animasi ruangan dan gerakan mundur mobil (*bird eye view*) sehingga mekanisme parkir manual lebih nyaman.

F. LAMPU PENERANG TNKB

Pemilik kendaraan yang mengikuti tren umumnya menambahkan aksesoris untuk lampu tanda nomor kendaraan bermotor ini dengan bingkai warna yang berbeda pada malam hari. Misalnya putih atau biru ketika melaju, dan merah saat dilakukan pengereman (Lazada,



Sumber: Budiadi (2013)

Gambar 3.11 Tanda nomor kendaraan bermotor diberi aksesoris sehingga tampak menyala.

2016) atau agar tampak hanya tepi huruf dan angkanya seperti pada Gambar 3.11.

Penyinaran tanda nomor kendaraan bermotor bisa dikembangkan lagi. Misalnya dengan sapuan cahaya berwarna putih yang intensitasnya berubah dari kiri ke kanan atau dari atas ke bawah, dan sejenisnya.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 55 tahun 2012 pasal 23 h “lampu penerangan tanda nomor kendaraan bermotor di bagian belakang kendaraan berwarna putih”. Bila dianalisis, pada Gambar 3.11 dapat dikatakan bahwa cahaya tersebut warnanya putih.

Jadi, lampu itu tidak melanggar peraturan. Peraturan yang lebih rinci terdapat pada Peraturan Kepala Polisi Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2012 sebagai berikut.

[1] Pasal 38:

- (1) TNKB (Tanda Nomor Kendaraan Bermotor) sebagaimana dimaksud dalam Pasal 34 ayat (1) huruf c memuat unsur:
 - a. NRKB (Nomor Registrasi Kendaraan Bermotor); dan
 - b. masa berlaku;

- (2) Masa berlaku TNKB sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b harus sesuai dengan masa berlaku STNK sebagaimana ditetapkan dalam Pasal 37 ayat (3);

[2] Pasal 39:

- (1) TNKB sebagaimana dimaksud dalam Pasal 38 ayat (1) dibuat dari bahan yang mempunyai unsur-unsur pengaman sesuai spesifikasi teknis;
- (2) Unsur-unsur pengaman TNKB sebagaimana dimaksud pada ayat (1), berupa logo lintas dan pengaman lain yang berfungsi sebagai penjamin legalitas TNKB;
- (3) Warna TNKB sebagai berikut:
 - a. dasar hitam, tulisan putih untuk Ranmor perseorangan dan Ranmor sewa;
 - b. (dan seterusnya);
- (4) TNKB diadakan secara terpusat oleh Korlantas Polri;
- (5) TNKB yang tidak dikeluarkan oleh Korlantas Polri, dinyatakan tidak sah dan tidak berlaku;
- (6) TNKB dipasang pada bagian sisi depan dan belakang pada posisi yang telah disediakan pada masing-masing Ranmor.

Berdasarkan Peraturan Kapolri tersebut, TNKB pada Gambar 3.11 tidak melanggar karena hanya mengubah *font*-nya menjadi *outline*, dan tidak mengganti TNKB yang dikeluarkan oleh Korlantas Polri dengan yang lainnya. Jika dilakukan penggantian, dinyatakan tidak sah dan tidak berlaku dan hal tersebut merupakan pelanggaran.

G. LAMPU ISYARAT PERINGATAN BAHAYA

Pemutakhiran lampu isyarat peringatan bahaya untuk mobil telah dilakukan dengan memanfaatkan lampu rem belakang di tengah pada ketinggian (CHMSL, *Center High Mounted Stop Light*). Lampu ini disinkronisasi dengan kedua lampu tanda belok belakang dan depan sehingga menambah keterlihatan mobil yang menyalakannya (US

Patent No. 20060214781A1, 2006). Ada pula yang memutakhirkannya dengan lampu berbentuk garis yang bersumber dari LED (US Patent No. 20150251598, 2015).

Banyak cara memutakhirkan jenis lampu ini. Misalnya dengan memanfaatkan lampu LED memanjang yang seolah bergerak ke kanan dan ke kiri bolak-balik selama diperlukan. Bisa juga gabungan “gerakan” lainnya untuk menarik perhatian pengguna jalan lain. Mungkin juga kode tertentu untuk peringatan tertentu. Misalnya, berkedip dengan frekuensi tinggi (5 Hz) berarti mendapat kecelakaan berat; berkedip dengan frekuensi sedang (1 Hz) berarti mogok mesin atau mengganti ban yang kempes; dan berkedip dengan frekuensi rendah (0,2 Hz), berarti berhenti sementara dan bukan karena kecelakaan, melainkan mengganti pengemudi, memeriksa ban yang terasa kurang angin, atau pelat nomor tanda kendaraan bermotor yang hampir lepas, dan sejenisnya.

H. ALAT PEMANTUL CAHAYA

Alat pemantul cahaya atau retroreflektor ini pada awalnya dimanfaatkan sebagai salah satu komponen optik pada mobil. Penemuan paling mutakhir adalah dalam bentuk lembaran akrilik yang bersifat retroreflektif untuk aplikasi marka jalan (US Patent No. 20150198743, 2015) atau stiker. Hologram yang berfungsi sebagai retroflekstif mungkin bisa menjadi substitusi produk sejenis pada masa yang akan datang dengan harga yang lebih murah dan fungsi yang lebih baik.

I. KACA SPION

Pengembangan komponen mobil ini semakin lama semakin canggih. Muncul pula upaya memperbaiki kinerja spion ini. Salah satunya, menambahkan cermin cembung berukuran kecil dengan radius permukaan yang lebih kecil pula. Pengemudi akan mendapatkan

pandangan dengan medan pandang yang lebih luas sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 3.12.

Ada pula penyedia aksesoris mobil yang memanfaatkan kaca spion sebagai lokasi penempatan lampu penunjuk arah agar dapat dilihat dari depan, samping, dan belakang (Wu, Acura TSX Installed Side Mirror LED Turn Signal Arrow Light, 2012). Muncul juga cermin yang kelengkungan permukaannya memanfaatkan bentuk asferik sehingga memberi peringatan terkait ukuran citra yang tampak melalui cermin tersebut dan menampilkan citra yang lebih proporsional (lihat Gambar 3.13). Dilakukan pula upaya mengganti atau melengkapi kaca spion dengan *Closed Circuit Television* (CCTV). Penempatan kameranya mengarah ke pandangan belakang dan/atau ke depan. Monitor ditempatkan di sekitar dasbor dan dilengkapi sakelar (*switch*) untuk memindahkan pandangan dari kamera-kamera lain yang terpasang (Sugiono, 2011), sebagaimana pada mobil BMW (Rearview mirrors may soon become history, 2016). Untuk mobil-mobil di iklim dingin, ada kaca spion yang dilengkapi dengan pemanas. Embun yang menu-



Sumber: Ebay.co.uk (2016)

Gambar 3.12 Kaca spion yang diberi tambahan cermin berukuran lebih kecil dengan permukaan yang lebih cembung dapat memperluas medan pandang.

tupi permukaan kaca spion dapat dihangatkan dan dihilangkan (US Patent No. 2803733 A, 1957).

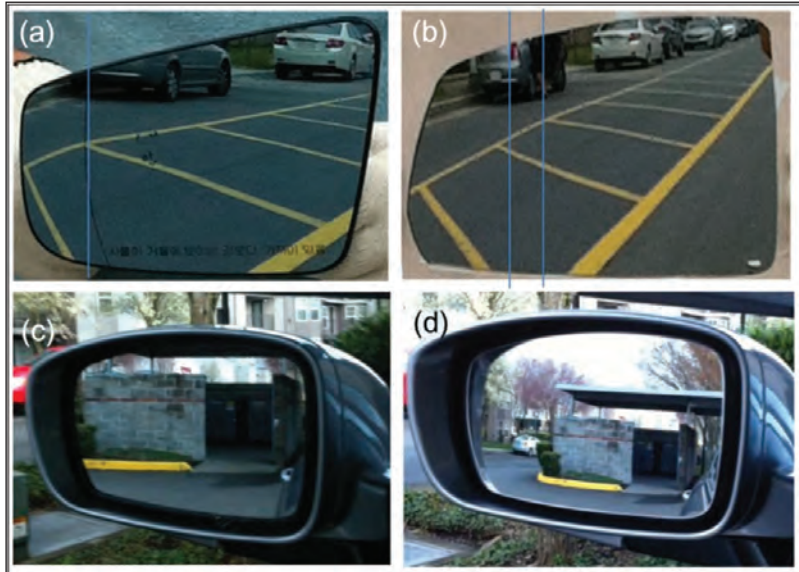
Ada kaca spion yang bagian cerminnya dilengkapi peredup *electro-chromic*. Peredup ini berguna saat malam hari agar cahaya terang yang dipancarkan lampu mobil di belakangnya dapat terlihat redup dan tidak menyilaukan (Rabinow, 1990).

Berbagai penemuan tercipta demi kinerja kaca spion. Kini cermin ini dilengkapi pengukur jarak dan tanda-tanda jarak antara kendaraan yang tampak pada perangkat ini (Jayalath & Wang, 2013). Jadi, pengemudi dapat mengambil langkah yang sesuai menurut pertimbangannya.

Kaca spion ini didesain dengan kelengkungan permukaan yang berlainan antara satu bagian dan bagian lain dalam cermin yang sama, atau yang sering disebut sebagai *progressive* (Lee, Kim, & Yi, 2013). Lihat Gambar 3.13 dan 3.14.

Pada Gambar 3.13 (a) cermin asferis memperlihatkan garis biru yang menunjukkan batas antara dua zona dan menggambarkan distorsi antara dua zona tersebut. Gambar 3.13 (b) memperlihatkan transisi antarzona yang lebih baik, menghilangkan titik buta ketika memberikan pemandangan objek yang tidak terdistorsi pada suatu jarak. Gambar 3.13 (c) memperlihatkan cermin datar standar dibandingkan (d) yang medan pandangnya lebih lebar pada cermin progresif.

Kaca spion di dalam kendaraan—sering disebut cermin bahu (*shoulder mirror*) mengalami pengembangan. Kini hadir spion yang mampu mencegah silau bagi pengemudinya pada malam hari. Konstruksi cerminnya bukan hanya berupa pelat sejajar (*plan parallel plate*) yang bagian belakangnya diberi lapisan pemantul, melainkan berbentuk dua permukaan yang tidak paralel (US Patent No. US 4826289A, 1989).



Sumber: Meyer (2013)

Gambar 3.13 Cermin *Progressive*

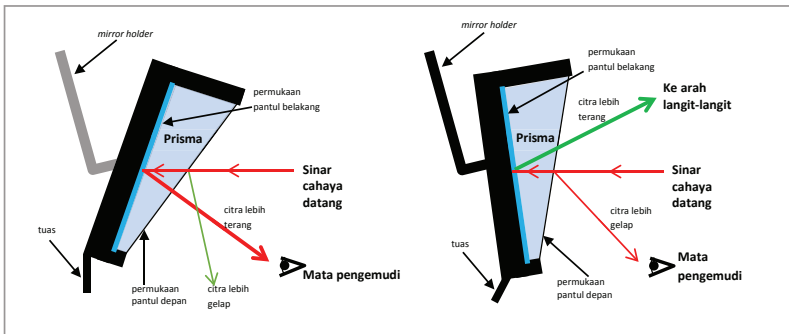


Sumber: Schwitzgebel (2013)

Gambar 3.14 Cermin dengan peringatan bahwa benda yang sesungguhnya lebih dekat dari yang tampak.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Secara skematis, prinsip kerja cermin bahu jenis ini diperlihatkan pada Gambar 3.15 (a) dan (b). Pada siang hari (a), bagian atas cermin ini condong ke bawah. Ketika sinar cahaya datang dari belakang pengemudi menembus permukaan pantul depan, hanya sebagian kecil dipantulkan ke bawah dan menghasilkan citra redup. Sebagian besarnya diteruskan menuju permukaan pantul belakang. Ketika sampai di permukaan pantul belakang tersebut, sinar cahaya dipantulkan menuju mata pengemudi dalam keadaan terang sehingga pengemudi melihat citra melalui cermin tersebut dengan normal. Sebaliknya, pada malam hari (b), posisi cermin diubah dan dibuat agar bagian atasnya condong ke atas. Ketika sinar cahaya yang berasal dari lampu kendaraan di belakangnya membentur permukaan pantul depan, sebagian kecil dipantulkan mengarah ke mata. Mata pengemudi menerimanya sebagai cahaya yang redup karena permukaan yang memantulkan sinar di sini tidak diberi lapisan pemantul. Selain dipantulkan oleh permukaan pantul depan, sinar cahaya terus menuju permukaan pantul belakang. Ketika sampai pada permukaan pantul belakang tersebut, sinar cahaya dipantulkan menuju langit-langit mobil dan tidak terlihat oleh mata pengemudi. Jadi, ketika melaju di jalan raya dan terkena sorotan lampu dari belakang, pengemudi tidak



Ket.: (a) Saat berfungsi pada siang hari; (b) Saat berfungsi pada malam hari.

Sumber: Cutcliffe (2002)

Gambar 3.15 Skema cermin bahu siang dan malam dengan permukaan pantul belakang diberi lapisan pemantul:

Buku ini tidak diperjualbelikan.

silau dengan pantulan cahaya lampu mobil belakang. Hal itu karena sinar cahaya yang menuju ke mata pengemudi hanya sebagian kecil alias redup.

J. LAMPU KABUT

Perkembangan atau kecanggihan lampu kabut ini tidak setara dengan lampu utama mobil. Hal ini dikarenakan tidak semua kendaraan memerlukan lampu kabut sehingga variasinya tidak terlalu banyak. Sejak LED dimanfaatkan sebagai lampu otomotif, pembuat lampu mobil pun mengembangkan lampu kabut yang tersusun atas banyak LED, sebagaimana tampak pada Gambar 3.16. Perkembangan atau kecanggihan lampu kabut ini memang lambat, namun tetap terbuka peluangnya. Tentunya, dengan memperhitungkan segala macam aspek, antara lain efisiensi.

Di samping untuk mengatasi keterbatasan jarak pandang akibat kabut dengan berbagai jenis lampu, diode laser yang digunakan untuk maksud yang sama, dapat berwujud sebagai (1) laser kabut mobil (tokopedia, 2015), (2) laser rem kabut (bukalapak, 2014), (3) *rear laser fog lamp* (kaskus, 2015), (4) *laser rear fog light* (britelites, 2012), dan (5) *laser fog light* (alibaba, 2016). Diode laser merupakan berkas laser yang dipaparkan di belakang mobil pada jarak dekat, berupa garis lurus melintang jalan dengan panjang garis sekitar lebar satu lajur jalan.

Laser ini memberikan tanda atau sinyal berupa cahaya yang ditujukan kepada pengemudi kendaraan di belakangnya agar menjaga jarak dengan kendaraan berlaser ini ketika dalam cuaca berkabut (tokopedia, 2015; bukalapak, 2014). Sumber cahaya laser penembus kabut ini dipasang di bagian belakang kendaraan. Sarana laser ini merupakan salah satu upaya membuat pengemudi kendaraan di belakangnya mewaspadaai kendaraan berlaser ini ketika melaju di jalan berkabut tanpa ada lampu kabut pada jarak dekat. Bila ada kabut, pandangan pengemudi menjadi terganggu dan jarak pandang



Sumber: Amazon (2009–2015.)

Gambar 3.16 Sepasang lampu kabut terdiri atas susunan LED.

menjadi sangat pendek. Akibatnya, mata pengemudi menjadi tidak leluasa mengamati jalan, khususnya ke arah depan. Bila kendaraan di depannya berhenti secara mendadak, berpotensi terjadi tabrak belakang. Karena jarak antarkendaraan pada situasi seperti ini kritis, disarankan agar laser ini diarahkan tidak lebih dari 6 m (Gambar 3.17).



Sumber: Tokopedia (2015)

Gambar 3.17 Penggunaan Laser Penembus Kabut

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Laser penembus kabut tidak termasuk persyaratan utama ataupun perlengkapan kendaraan bermotor yang tercantum dalam peraturan perundang-undangan Indonesia. Oleh karena itu, tidak ada ketentuannya. Namun, karena sinar laser ini dapat mengakibatkan kerusakan pada mata, Pemerintah Republik Indonesia harus segera mengatur—bukan melarang—penggunaannya.

LASER adalah singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* atau penguatan cahaya melalui emisi yang didorong radiasi. Secara optik, laser didefinisikan sebagai perangkat yang membangkitkan berkas cahaya kuat (atau radiasi elektromagnetik lain) bersifat monokromatik melalui emisi foton yang dirangsang dari atom atau molekul yang dieksitasi (Google, 2016; Merriam-Webster, 2015). Laser berwarna di sini dimanfaatkan sebagai sumber cahaya untuk menembus kabut. Sementara itu, kabut adalah material yang terbentuk dari zat tetesan awan berupa uap air atau kristal es yang mengambang di udara atau dekat permukaan bumi. Ketika berkas laser mengenai partikel kabut, cahaya tersebut tersebar. Karena cahaya laser ini koheren dan kuat maka mampu “menyelinap” di sela-sela partikel air pada kabut atau asap dan mampu melewati kabut atau asap dalam jarak pendek, sekitar 4,5 m sampai 6 m (Votkovitsky, Sedunov, & Semenov, 1992; Liszewski, 2015).

Sejarah laser penembus kabut diketahui pertama kali pada 2005 melalui naskah paten (CN Patent No. 2685709 Y, 2005), kemudian ramai dikomersialkan. Laser ini dijual di Jakarta (dijual pula melalui *online*) dengan harga kurang dari Rp200.000,00 dengan kurs 1US\$=Rp13.000,00 (tokopedia, 2015; bukalapak, 2014; britelites, 2012). Pengembangan aksesoris mobil jenis ini pun relatif cepat karena aksesoris masih tergolong baru (Gambar 3.18).

Dalam perkembangannya, laser penembus kabut ada yang dilengkapi dengan sakelar *ON/OFF* paralel dengan lampu rem (bukalapak,



Sumber: Visionelectronics (2012)

Gambar 3.18 Pola Garis Laser Penembus Kabut untuk Mencegah Tabrak Belakang Akibat Cuaca Buruk

2014). Ketika sakelar *OFF*, laser tidak menyala dan saat lampu rem menyala, laser ini menyala.

Kesempatan mengembangkan laser kabut ini selalu terbuka bagi mereka yang jeli. Misalnya, untuk memandu pengemudi mobil memilih jejak ban kendaraan, kiri atau kanan atau keduanya. Caranya dengan memproyeksikan dua garis laser, sekitar 5 m sampai 6 m di depan kendaraan, yang juga dapat dihidupkan atau dimatikan.

K. SEGITIGA PENGAMAN

Sebagaimana kita ketahui, manusia tidak pernah puas dengan kondisi yang mutakhir dan perlu berkreasi lebih lanjut. Oleh sebab itu, muncul segitiga pengaman yang dilengkapi dengan LED sehingga lebih terlihat oleh pengendara lain dalam jarak lebih jauh (Gambar 3.19).

Segitiga pengaman ditemukan pada paten di Amerika Serikat (US Patent No. 20150114281, 2015). Rambu tersebut berbasis kain dengan bingkai yang bisa dilipat sebagaimana terlihat pada Gambar 3.20.

Segitiga pengaman ini masih bisa dikembangkan lebih lanjut. Misalnya, membuat segitiga pengaman berlampu yang bisa dapat berkedip atau tampak lampunya berlarian (*running LED*).

L. PELINDUNG SILAU CAHAYA MATAHARI

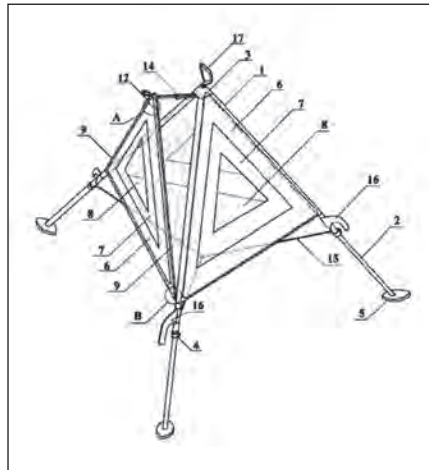
Pengembangan pelindung silau cahaya matahari semakin lama semakin canggih. Berawal dari bentuk sederhana yang diklaim pertama kali oleh Crane (US Patent No. 1732447 A, 1929), kemudian dikembangkan oleh puluhan inventor. Pelindung silau cahaya matahari kini dilengkapi dengan motor pada 2005 (US Patent No. 7140663 B1, 2006), hingga meluas ke berbagai bagian mobil, seperti *sun roof* (US Patent No. 6015184 A, 2000).

Di samping pelindung silau, dikembangkan pula penghalang panas matahari yang umumnya berupa lembaran. Ada pula yang berupa bahan tipis berwarna hitam dibingkai, sebagaimana terlihat



Sumber: WeiKu (2011)

Gambar 3.19 Segitiga pengaman dilengkapi LED.



Sumber: US Patent No. 20150114281 (2015)

Gambar 3.20 Segitiga pengaman dapat dilipat seperti payung membentuk piramida.

pada Gambar 3.21. Penghalang panas matahari tentu dapat dikembangkan mengikuti ilmu pengetahuan dan teknologi serta kebutuhan dan tantangan zaman.

Kebutuhan manusia akan kenyamanan dan keamanan dalam berkendara terus meningkat. Penghalang panas matahari pada mobil ini juga terus berkembang. Dalam serial televisi Knight Rider beberapa tahun yang lalu, penghalang panas yang terdapat dalam mobilnya terbuat dari kaca yang tidak tembus cahaya, yang dikenal dengan istilah *Tintable Windows* (Smart Tint, Inc., 2012).

Pelindung silau cahaya matahari ini semakin lama semakin canggih, dari yang sederhana sampai termutakhir yang beroperasi secara otomatis, sebagaimana pada Gambar 3.22. Pelindung silau pada Gambar 3.22 diletakkan di dua sisi, yaitu sisi pengemudi dan sisi penumpang, dan keduanya bekerja secara terpisah. Untuk mendeteksi posisi mata pengemudi, penumpang depan, dan seberapa banyak cahaya mengenai wajah maka dipasanglah sensor.

Sensor akan memperhitungkan apabila silau matahari berada pada arah depan mobil, penggerak bermotor menurunkan pelindung silau



Sumber: Pricepedia Indonesia (2014)

Gambar 3.21 Penghalang Sinar Matahari
Jenis Kain Berbingkai

ini melalui jalur tersembunyi di atap mobil sehingga berada pada posisi yang tepat. Pelindung silau otomatis ini mirip kacamata mobil berwarna gelap, tetapi transparan yang menghalangi sinar matahari tanpa menghalangi kemampuan pengemudi melihat. Selain melindungi dari silau secara otomatis, komponen ini juga mendeteksi sinar-sinar yang terpantul dari benda pantul yang berada di sekelilingnya, misalnya, kaca kendaraan di depan yang memantulkan cahaya mengarah ke pengemudi mobil berpelindung ini. Cahaya ini lalu dihalangi menuju wajah pengemudi atau penumpang di depannya. Pelindung silau ini juga dapat berfungsi sebagai penghalang panas matahari. Contohnya, saat parkir, penghalang panas dapat diturunkan hingga menutupi seluruh kaca kendaraan agar bagian dalam kendaraan tetap dingin (Kayne, 2016).

Kaca depan seperti itu disebut kaca elektrokromik (Gambar 3.23). Bahan kaca dilapisi dengan lapisan tipis jamak melalui proses *sputtering* atau penumpukan lapisan di atas lapisan. Kaca tersebut diberi *sandwich*-jamak dari lima lapisan sangat tipis, yaitu pemisah

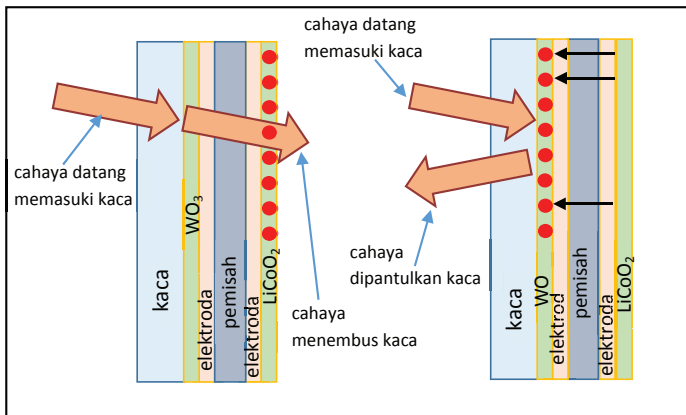


Sumber: Kayne (2016)

Gambar 3.22 Pelindung Silau Otomatis pada Mobil Mewah.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

yang terdapat di tengah; dua elektroda pada kedua sisi pemisah; dan dua lapisan konduktor listrik tembus-pandang yang terdapat pada masing-masing elektroda. Cara kerjanya melibatkan ion lithium, yakni atom lithium bermuatan positif karena kehilangan elektronnya, ion ini berpindah bolak-balik antara dua elektroda melalui pemisah tersebut. Ketika ion lithium, yang terbuat dari suatu bahan seperti lithium kobalt oksida (LiCoO_2), berada dalam elektroda-dalam (Gambar 3.23 (b)) dan belum diberi tegangan, kaca tersebut dalam keadaan tembus pandang. Saat elektroda diberi tegangan sedikit maka ion-ion tersebut berpindah ke elektroda sebelah, di sebelah kiri pada Gambar 3.23 (a), melalui pemisah. Ketika ion-ion tersebut membanjiri lapisan yang terbuat dari semacam polikristalin tungsten oksida (WO_3), sifatnya berubah menjadi memantulkan cahaya. Ion-ion tersebut tetap berada di situ sampai tegangan dihilangkan sehingga ion-ion tersebut kembali ke tempat semula dan tampak menjadi tembus-pandang (Woodford, 2015).



Ket.: (a) dalam keadaan tembus pandang sebelum diberi tegangan; (b) dalam keadaan tidak tembus pandang, berfungsi sebagai pemantul, setelah diberi tegangan

Gambar 3.23 Kaca elektrokhromik.

Di samping sebagai pelindung dari cahaya matahari yang menyilaukan mata pengemudi, pelindung dari silau ini juga difungsikan untuk kepentingan lain, misalnya menyimpan kartu tol, uang recehan, sisir, bahkan dompet, sebagaimana tampak pada Gambar 3.24.

Lebih jauh, pelindung silau cahaya matahari ini dikembangkan lagi untuk menambah kenyamanan pengemudi ketika melajukan kendaraannya saat siang terik agar tidak menyilaukan. Caranya dengan menggunakan mika tembus-pandang berwarna sedikit gelap yang berfungsi sebagai filter optik (mereduksi jumlah cahaya) agar cahaya yang masuk mata pengemudi tidak berlebihan (Gambar 3.25 (a)). Saat malam hari, filter berwarna kuning (Gambar 3.25 (b))—yang berpasangan dengan filter yang dijelaskan sebelumnya—dapat digunakan untuk melaju pada malam hari, khususnya di jalan dua arah dengan tetap terang, tetapi tidak menyilaukan mata. Alat ini sering disebut sebagai *night vision* sederhana (Odditymall.com, 2015). Dipilihnya



Sumber: evoucher.co.id (2014)

Gambar 3.24 Pelindung silau cahaya matahari ditambahi saku untuk kepentingan non-optik.

warna kuning atau *amber* pada fungsi *night vision* karena dapat membuat cerah pandangan saat dalam kegelapan dan mempertajam kontras serta persepsi kedalaman. Hal itu karena filter *amber* atau kuning dapat menyerap cahaya biru dan ultraviolet yang antara lain berasal dari lampu pijar sehingga membuat pandangan terasa cerah (Brown, 2013; Albarella, 2013).

Masih terbuka lebar untuk mengembangkan pelindung silau matahari seiring perkembangan zaman serta kebutuhan dan tantangan manusia. Misalnya, pelindung silau matahari dimanfaatkan sebagai tempat memasang sel surya pengisi baterai telepon seluler tanpa mengambil daya dari aki sehingga lebih efisien.

Cara lain menghindari silau adalah memanfaatkan sifat polarisasi cahaya. Upaya mengendalikan sifat polarisasi suatu zat melalui pengaruh listrik sedang dikembangkan (Zaumseil, 2014; Patel & Rarstani, 1991). Jika berhasil, dampaknya sangat signifikan terhadap perkembangan pencahayaan pada kendaraan, terlebih jika harganya menjadi lebih murah.

Pemanfaatan sepasang filter polarisasi linear untuk cahaya—dipasang pada kendaraan—dalam rangka mengurangi silau mata penge-



Sumber: Odditymall.com (2015)

Gambar 3.25 (a) Penyejuk pandangan ketika panas terik, (b) Sarana *Night Vision* sederhana yang mampu melihat terang pada malam hari tanpa silau walaupun berpapasan dengan kendaraan yang cahaya lampunya utamanya berlebihan.

mudi belum berhasil di pasaran. Walaupun belum populer, pemakaian filter polarisasi yang diaktifkan dengan listrik sudah dipasang pada kaca-depan. Hal ini berdampak pada semakin gelapnya kaca depan tersebut (Hurlbut, 2012).

Kesempatan memanfaatkan fenomena fisika dari polarisasi cahaya, baik yang linear maupun yang sirkular, masih terbuka dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi bidang lain yang menunjang. Bahan atau modul yang saat ini tidak mungkin dimanfaatkan, termasuk sumbu polarisasi polarisator, akan dapat dimungkinkan pada saatnya.

Istilah populer dari filter ini adalah (1) Filter polarisasi anti silau dan (2) *Anti glare polarisator* (US Patent No. 2440133 A, 1948). Perangkat ini adalah sepasang filter polarisasi cahaya, yang satu ditempatkan di depan lampu-depan kendaraan, dan lainnya di depan mata pengemudi yang bisa berupa kacamata polaroid, yang diatur sedemikian rupa sehingga sumbu polarisasi masing-masing filter saling tegak lurus. Dengan demikian, cahaya yang keluar dari lampu-depan (hampir) tidak sampai masuk ke mata pengemudi kendaraan yang berlawanan arah sehingga cahaya dari lampu kendaraan yang bersimpangan tidak menyilaukan mata pengemudi.

Secara optik, fungsi filter ini mengurangi atau bahkan menghilangkan silau di mata pengemudi kendaraan pada malam hari ketika berpapasan dengan kendaraan yang melaju pada arah yang berlawanan. Jika pengemudi merasa silau, potensi terjadinya kecelakaan di jalan raya pun meningkat. Hal ini terjadi akibat koordinasi antara kaki dan tangan berawal dari masukan melalui mata, diolah otak, kemudian disalurkan melalui otot.

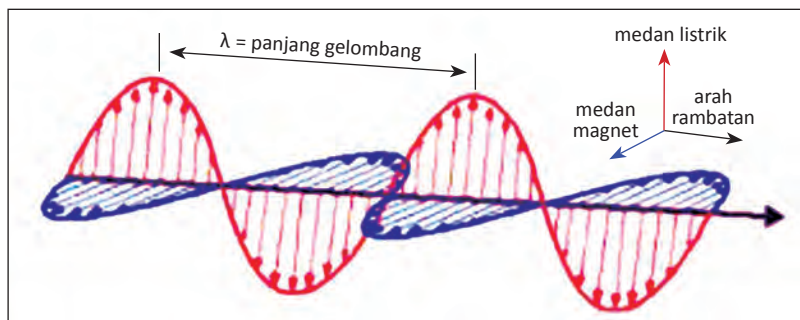
Komponen atau modul optik ini bukan bagian yang dipersyaratkan atau yang diidentifikasi sebagai kelengkapan dalam perundang-undangan yang berlaku di Indonesia. Dapat disimpulkan bahwa alat ini hanya kelengkapan dan pengetahuan yang pernah ada dan bisa jadi dimanfaatkan dalam bentuk lain pada masa yang akan datang.

Prinsip optik pada filter anti silau ini berbasiskan pada sepasang keping polarisator cahaya tipe linear. Sebelum melewati keping pertama, cahaya yang bersifat gelombang elektro-magnetik ini terdiri atas dua jenis medan yang saling tegak lurus, yaitu medan magnet dan medan listrik (Gambar 3.26). Ketika cahaya yang tidak terpolarisasi (cahaya biasa) melewati suatu polarisator, salah satu komponen medan elektromagnetik ini (medan magnet pada Gambar 3.26 digambarkan pada arah horisontal) diserap. Cahaya setelah melewati polarisator tersebut hanya yang digambarkan vertikal, disebut cahaya terpolarisasi. Untuk memudahkan pembahasan, intensitas atau kuat cahaya terpolarisasi ini hanya 50% jika dibandingkan dengan intensitas cahaya sebelum memasuki keping polarisator. Polarisor mempunyai sumbu polarisasi yang terletak pada bidang polarisator itu sendiri, dengan sumbu keping pertama dipasang pada 90° . Jika cahaya terpolarisasi dilewatkan pada keping polarisator lain yang sejenis, sebut saja polarisator kedua—orang sering menyebutnya analisator—dan dipasang sedemikian rupa sehingga sumbu polarisasinya searah dengan sumbu polarisasi dari polarisator pertama sehingga secara teoretis, tak ada cahaya yang ditahan atau cahaya terpolarisasi yang datang dilewatkan seluruhnya. Untuk memudahkan pembahasan, dikatakan bahwa intensitasnya tidak mengalami perubahan.

Sebaliknya, ketika polarisator kedua dipasang dengan sumbu polarisasi yang saling tegak lurus (90°) dengan sumbu polarisasi polarisator pertama (0°), secara teoretis semua cahaya yang melewatinya dihalangi olehnya. Dengan kata lain, tidak ada cahaya yang melewatinya. Ini berarti bahwa setelah polarisator kedua, tidak ada cahaya.

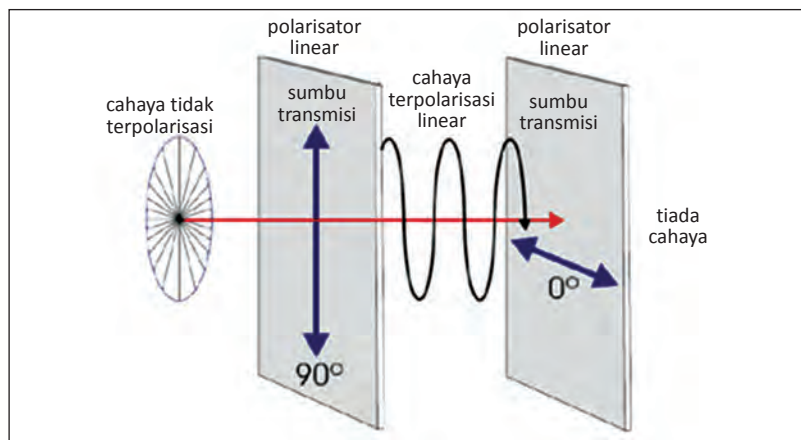
Saat sinar tidak terpolarisasi memasuki polarisator linear sumbu tegak (lihat Gambar 3.27), gelombang cahaya yang tegak diteruskan dan gelombang yang mendatar diserap (Zemansky dkk., 1992). Ketika cahaya sudah terpolarisasi linear memasuki polarisator yang dipasang pada sumbu yang saling tegak lurus dengan polarisator sebelumnya,

tidak ada cahaya yang diteruskan (American Polarizer, 2016). Teknik ini diketahui secara luas dalam pelajaran ilmu alam atau fisika terkait optik di sekolah menengah atas ketika membahas pemanfaatan cahaya terpolarisasi untuk menganalisis suatu larutan tertentu. Misalnya, menganalisis larutan gula di pabrik gula untuk mengetahui karakteristik tertentu dan sejauh mana larutan tersebut memutar bidang polarisasi cahaya yang datang terpolarisasi.



Sumber: Fink dkk. (2008)

Gambar 3.26 Sifat polarisasi pada cahaya: arah medan listrik diperlihatkan vertikal (merah) dan medan magnetnya horizontal (biru).



Sumber: Zemansky dkk. (1992)

Gambar 3.27 Ilustrasi fungsi polarisator linear yang sumbunya dipasang saling tegak lurus.

Teknik ini membuat cahaya lampu kendaraan di jalan raya pada malam hari tidak menyilaukan mata pengemudi yang berpapasan. Caranya dengan memasang satu keping polarisator di depan lampu kendaraan dengan arah sumbu polarisasi tertentu, dan satu keping lainnya di depan mata pengemudi dengan arah sumbu polarisasi yang saling tegak lurus terhadap arah sumbu polarisasi keping sebelumnya. Kedua filter ini diatur sedemikian rupa, misalnya melalui rambu lalu lintas yang dipasang di jalan. Kedua filter yang berpasangan dipasang pada mobil yang melaju berlawanan arah membuat cahaya dari lampu kendaraan yang berpapasan hilang ketika melewati filter yang dipasang di depan mata pengemudi, misalnya berupa keping kaca polarisator.

Upaya pemanfaatan filter polarisasi cahaya dilakukan sejak tahun 1944 oleh Clinton J. T. Young dengan diajukan patennya (US Patent No. 2440133 A, 1948), (US Patent No. US 2475704 A, 1948). Pemanfaatan filter polarisasi kemudian tidak begitu berkembang. Walaupun ada inventor yang menekuninya hingga tahun 2010 (Germany Patent No. DE 3010266 A1, 1981), (US Patent No. 20100265583 A1, 2010), namun demikian belum berpengaruh signifikan terhadap perkembangan sarana anti silau ini.

Diverisifikasi dari pelindung silau cahaya matahari adalah pelindung panas sinar matahari untuk kendaraan yang diparkir di tempat terbuka. Adapun definisinya adalah sesuatu yang dipakai untuk melindungi dari sinar matahari (Random House Inc., 2016), atau sesuatu yang menghalangi cahaya matahari (Merriam-webster.com, 2015).

Fungsi utama pelindung ini adalah mencegah sinar matahari menerobos masuk ke dalam interior mobil saat mobil diparkir di tempat tak beratap (Gambar 3.28). Umumnya, penghalang panas matahari tampak seperti lembaran aluminium yang dipasang pada *windshield* (kaca-depan) yang diperlihatkan pada Gambar 3.30 (Laumer, 2009).

Penghalang panas matahari sering ditemui dalam bentuk lembaran yang dapat dilipat dengan permukaan yang mengkilap sehingga sinar matahari dipantulkan hampir semuanya. Di negara-negara bersalju, ada penghalang sejenis yang digunakan untuk mencegah salju menumpuk (Orzel, 2011; Grayen, 2015).

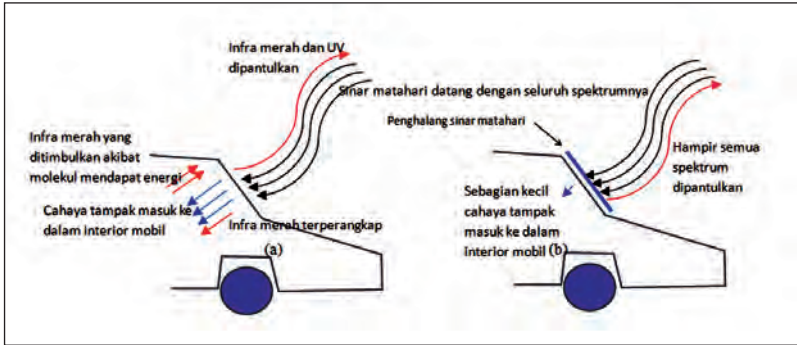
Secara optik, lembaran seperti *aluminium foil* ini berfungsi sebagai permukaan pemantul. Seluruh sinar matahari yang datang dengan seluruh spektrumnya akan terpantulkan sehingga terhalang memasuki interior mobil melalui kaca depan untuk mencegah pemanasan yang kumulatif di dalam mobil (Gambar 3.29).

Ketika mobil di parkir di lapangan terbuka, interior mobil yang tertutup menerima sinar matahari yang sangat panas melalui kaca-depan. Sesampainya di dalam interior, efek rumah kaca mulai berproses. Awalnya, sinar matahari yang telah sedikit disaring oleh kaca depan, hanya spektrum cahaya tampak yang memasukinya, sedangkan sinar ultraviolet dan sebagian inframerah dipantulkan. Berkas sinar matahari yang menembus kaca depan mengenai bagian-bagian interior mobil, seperti lantai, jok, kursi, dan sejenisnya. Hal itu



Sumber: Ferdian (2014)

Gambar 3.28 Salah satu contoh pemandangan di mana mobil dijemur di tempat parkir.



Ket.: (a) Tanpa penghalang sinar matahari dan (b) Dengan penghalang sinar matahari.

Gambar 3.29 Ilustrasi fungsi penghalang sinar matahari.

berarti bagian-bagian tersebut mendapat energi cahaya, dan energi tersebut membuat molekul dan atom pada bagian tersebut menjadi hangat dan semakin lama semakin panas, yang artinya memancarkan infra merah. Sebenarnya, panas ini hendak keluar melalui celah yang tersedia, termasuk kaca-depan mobil, namun karena kaca depan mobil memang tak tembus infra merah maka dipantulkan kembali dan menambah panas. Dengan demikian, sinar matahari seolah terjebak di dalam interior mobil, bisa masuk namun tak bisa keluar (Gambar 3.29).

Informasi tentang penghalang sinar matahari ini, muncul pertama kali pada 1929 dalam naskah paten dengan judul “Sun shield for motor vehicles” (US Patent No. 1732447 A, 1929). Fungsinya menghalau sinar matahari memasuki mobil dengan menggelar penghalang ini sepanjang kaca depan. Pengetahuan dan teknik berkembang terus, tidak kurang 25 paten di Amerika Serikat teridentifikasi mengklaim produk penghalang sinar matahari ini. Terakhir, paten tahun 2009 mengklaim produk sejenis (US Patent No. 20100122778 A1, 2010).

Panas berlebihan dalam waktu lama tanpa penghalang dapat memudahkan dasbor dan akhirnya bisa membuat retak, dan membuat penutup jok mobil menjadi pudar. Untuk mencegah efek rumah kaca



Sumber: Laumer, 2009

Gambar 3.30 Salah Satu Contoh Pemasangan Penghalang Sinar Matahari.

tersebut, penghalang sinar matahari memantulkannya sehingga mengurangi masuknya cahaya matahari ke dalam interior mobil (Orzel, 2011).

Menurut ahli dan praktisi, saat memarkir kendaraan di tempat terbuka, disarankan agar kaca mobil dalam keadaan terbuka sedikit, talang dipasang pada bagian pertemuan kaca dan bingkainya sehingga udara yang terpanaskan di dalam mobil dapat mengalir keluar melalui celah tersebut. Jadi, udara di dalam mobil tidak panas secara berlebihan (Ferdian, 2014).

Kesempatan memanfaatkan fenomena fisika dari polarisasi cahaya, baik yang linear maupun yang sirkular, masih terbuka. Bahan atau modul yang saat ini tidak mungkin untuk dimanfaatkan, termasuk pengubahan sumbu polarisasi polarisator, akan dapat dimungkinkan pada saatnya. Demikian pula dengan teknologi lainnya yang dapat dikelola untuk kenyamanan manusia dalam berkendara.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

M. LAMPU SAMPING

Lampu ini semestinya dinyalakan ketika keadaan sekitar mobil sudah mulai gelap. Namun, karena pengemudi sering lalai, perlu adanya penyalaan lampu ini secara otomatis. Oleh sebab itu, salah satu paparan *wesbite* menawarkan membuat lampu ini hidup secara otomatis ketika hari mulai gelap (Rangkaian Elektronika, 2016).

Pada mobil-mobil keluaran sebelumnya, lampu samping ini dipasang tersendiri di sisi kiri dan kanan kendaraan, tidak digabung atau disatukan dengan komponen mobil lainnya. Namun, pada mobil keluaran 2011 (Toyota Innova Pasteur, 2016; USA Patent No. 0099155 A, 2000) lampu samping ini ditempatkan bersama komponen lain, yaitu pada spion yang berarti lebih luar dari bodi mobil (Gambar 3.31). Dengan demikian, lampu ini akan lebih tampak oleh pengendara lain karena lokasinya lebih menonjol keluar.

Pengembangan lampu samping masih terbuka seiring dengan perkembangan zaman. Kebutuhan akan lampu ini dapat digantikan dengan LED yang mengonsumsi bahan bakar secara efisien.



Sumber: Wu (2012)

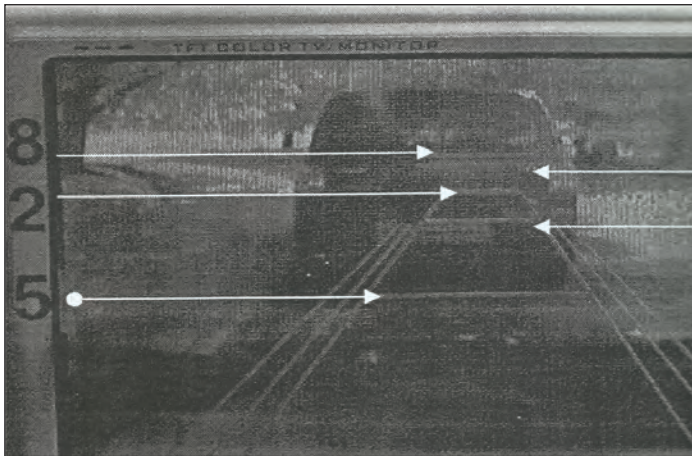
Gambar 3.31 Lampu Samping yang Ditambahkan pada Kaca Spion

N. HEAD UP DISPLAY

Ilmu pengetahuan dan teknologi optik terus berkembang sesuai dengan perkembangan zaman. Pada 2014, *head up display* (HUD) untuk kendaraan baru terpasang 2% (1,2 juta) mobil di seluruh dunia (Hettler & Hutchins, 2014). Mobil-mobil pada masa datang, mungkin sudah tidak lagi menggunakan paparan pada panel yang kini biasa terlihat, yaitu speedometer, jumlah putaran mesin per menit (*RPM, rotation per minute*), dan status bahan bakar. Sebagai gantinya, paparan atau angka-angka tersebut ditayangkan melalui HUD.

O. ALAT PEMANDU KESELAMATAN BERKENDARA

Setelah alat pemandu keselamatan berkendara dipasarkan di Jakarta, beberapa peminat memutuskan untuk memasang perangkat tersebut di kendaraannya. Namun, masih terdapat kelemahan pada alat tersebut. Pada 2009 alat ini dimutakhirkan prototipenya dan diterbitkan makalahnya yang berisi prototipe pengganti paten tersebut, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.32 (Sugiono, 2011).



Gambar 3.32 Pencanggihian Peralatan Pemandu Keselamatan Berkendara

Fungsi pendugaan jarak juga mengalami perkembangan. Pada 2013, setelah melalui survei ketajaman mata pengemudi di tol, ditemukan cara yang lebih mudah untuk menduga jarak antarkendaraan dengan memanfaatkan akuitas optis pada marka optik yang tetap (Sugiono, 2013). Kemudian didaftarkan patennya (ID Patent No. S00-2013-00-306, 2013) sebagaimana terlihat pada Gambar 3.33. Angka-angka tersebut menunjukkan jarak dalam satuan puluhan meter ketika angka tersebut tampak jelas, sedangkan sebelumnya tidak jelas karena jaraknya lebih jauh. Sebagai contoh, ketika kendaraan dari belakang pada jarak yang jauh mendekati mobil tersebut, sebelumnya semua angka tidak jelas bagi pengemudinya. Ketika semakin mendekati mobil tersebut dan angka “9” tepat jelas terlihat, berarti jaraknya 90 m. Demikian juga dengan angka-angka yang lebih kecil, kecuali angka “0” yang mewakili jarak 100 m.

Dua tahun kemudian, pengembangan dari paten tersebut dilakukan dengan memanfaatkan paparan marka optik yang fleksibel. Marka yang sesuai hanya muncul pada kesempatan yang sesuai pula dan dipublikasikan (Sugiono, 2015). Kemudian didaftarkan patennya (*ID Patent No. P00-2015-08-521*, 2015) sebagaimana terlihat pada Gambar 3.35. Angka-angka pada Gambar 3.34 tidak lagi dipaparkan semuanya,



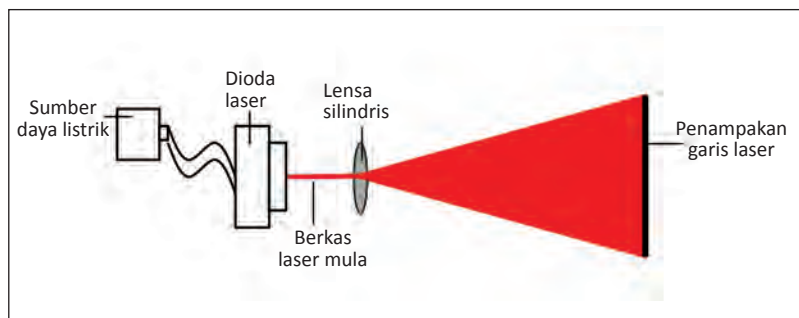
Gambar 3.33 Penampilan Marka Optik Penanda Jarak Aman

melainkan satu per satu secara bergantian pada layar monitor sebagai pengganti stiker. Artinya, ketika kendaraan bermarga ini melaju dengan kecepatan 70 km/jam, jarak aman ideal untuk membuntutinya adalah 70 m maka yang ditampilkan pada layar tersebut adalah angka “7”.

Banyak teknik lain yang setara dengan yang dikemukakan sebelumnya. Misalnya, Nissan mengeluarkan *Distance Control Assist System*, yang membantu pengemudi mengendalikan jarak antara dirinya dan kendaraan di depannya secara otomatis. Artinya dikait-



Gambar 3.34 Penampilan Marka Opto Elektronik Penanda Jarak Aman



Gambar 3.35 Berkas laser yang semula ditayangkan sebagai titik dibuat agar menjadi garis lurus dengan menggunakan lensa silindris.

kan dengan pedal rem (ketika jarak dengan kendaraan di depannya cenderung mendekat) atau pedal gas (pedal tidak dapat diinjak lebih dalam saat jaraknya sudah pada jarak minimum yang aman) (Nissan Motor Corporation, t.t.). Salah satu upaya pengembangan penjagaan jarak aman ini juga dilakukan Deepa yang memanfaatkan komunikasi nirkabel (Deepa, 2014).

Pengembangan peralatan jenis ini sepertinya tidak akan berhenti selagi manusia masih berkarya. Alat pemandu ini masih menunggu munculnya temuan-temuan baru yang segera dapat diimplementasikan dengan harga yang terjangkau.

Selain pemandu melalui penanda visual pada layar monitor, pemutakhirannya menggunakan laser sebagai penanda jarak aman. Sarana penanda jarak yang berupa modul laser cahaya dipasang pada bagian depan kendaraan dan memancarkan berkas sehingga ketika bertemu permukaan jalan dapat membentuk garis tegak lurus terhadap sumbu jalan pada jarak tertentu sesuai kecepatan kendaraan.

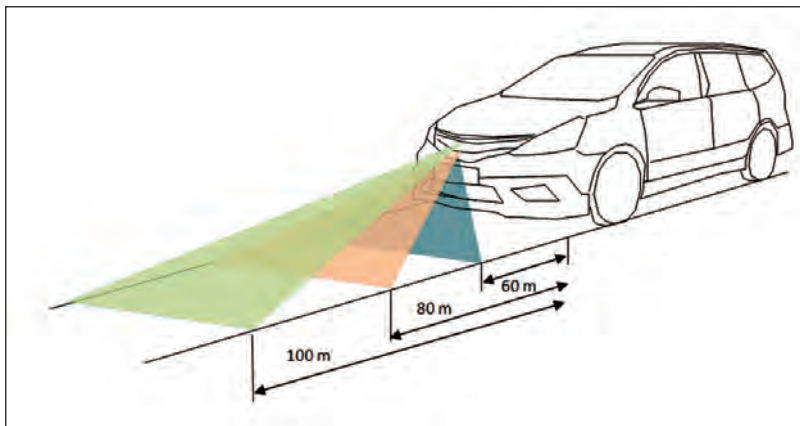
Laser ini berfungsi sebagai sarana untuk menduga jarak aman antara kendaraan berlaser ini dan kendaraan di depannya. Laser ini berguna ketika melaju di jalan tol, di mana terdapat ketentuan jika melaju dengan kecepatan 60 km/jam, jarak minimum antarkendaraan adalah 60 m; dan ketika melaju pada kecepatan 100 km/jam, jarak minimum dengan kendaraan di depannya adalah 100 m. Demikian pula dengan kecepatan dan jarak aman lainnya, yaitu 70 km/jam pada jarak 70 m, 80 km/jam pada 80 m, dan 90 km/jam pada 90 m. Ketentuan tersebut dikeluarkan pihak pengelola jalan tol.

Peralatan ini menampilkan berkas laser berupa garis lurus melintang jalan yang berjarak 60 m di depannya ketika berkecepatan 60 km/jam, dan masing-masing jarak pada kecepatan masing-masing. Tipe peralatan ini ada dua, yaitu manual dan otomatis (Sugiono, 2015).

Laser penanda jarak aman ini sebenarnya salah satu alternatif kelangkaan sarana yang berfungsi untuk mengukur jarak dengan harga yang relatif terjangkau. Meskipun demikian, sarana ini belum terdapat dalam naskah peraturan dan perundang-undangan di Indonesia.

Secara optik, modul ini berupa berkas laser. Sinar laser ketika keluar dari sumber laser berupa titik, dilewatkan melalui lensa silindris dengan panjang fokus tertentu dan menghasilkan berkas berupa garis lurus. Apabila modul laser dipasang pada bagian depan mobil dan diarahkan ke permukaan jalan dengan sudut tertentu, garis lurus laser ini akan terpapar pada permukaan jalan. Ketika dipasang dengan sudut tertentu, garis laser tersebut berada pada suatu jarak tertentu pula. Untuk memaparkan jarak tertentu pada permukaan jalan, sudut penempatan laser ini sangat tergantung ketinggian pemasangannya pada kendaraan.

Berkas garis laser dibuat agar dapat dipaparkan pada jarak 60 m, 80 m, dan 100 m. Berkas garis laser berasal dari sumber laser yang hidup secara bergantian, tergantung pada kecepatan kendaraan berlaser ini (Gambar 3.36).



Sumber: Sugiono (2015)

Gambar 3.36 Skema Laser Pengukur Jarak yang Dipasang pada Mobil

Riwayat modul ini dimulai sebelum tersebar laser kabut pada kurun waktu satu sampai dua tahun terakhir (Lampu Laser Kabut Mobil, 2015). Pada tahun 2000, penemu peralatan ini mempunyai gagasan membuat peralatan yang dapat memaparkan garis terang pada jarak aman antarkendaraan di jalan tol. Patennya diperoleh pada 1997 (ID Patent No. 0001402, 1997), namun saat itu daya dioda laser yang tersedia di pasar sangat terbatas dan harganya masih relatif tinggi. Baru pada 2015, gagasan tersebut dapat diwujudkan dalam bentuk prototipe yang dipresentasikan pada sebuah pertemuan (Sugiono, 2015). Untuk menjaga jarak aman antarkendaraan, ada inventor yang menggunakan laser radar (US Patent No. 20020057195 A1, 2002).

Kesempatan peningkatan bagi peralatan ini selalu terbuka bagi mereka yang jeli. Misalnya dengan mereduksi jumlah laser dan menambah motor penggerak *Direct Current* (DC) yang dapat digerakkan sehingga membentuk sudut yang presisi antara satu posisi dan posisi lainnya. Dengan memanfaatkan motor penggerak DC tersebut, posisi laser dapat diarahkan sesuai jarak yang ditetapkan peraturan lalu lintas. Dengan demikian, dapat mengurangi jumlah laser yang harus dipasang.

P. PENCAHAYAAN INTERIOR

Teknologi berkembang semakin canggih seiring berjalannya waktu. Di samping sumber cahaya yang berasal dari lampu, ada juga yang menambahkan sejenis cat pada bagian tertentu interior mobil. Ketika diterangi lampu, bahan tersebut menyimpan cahaya, dan saat kondisi gelap, bahan tersebut menyebarkan cahaya (Auto Guide 2015). Sementara itu, dengan teknologi yang terus berkembang, lampu LED pun semakin terang dan semakin kecil ukurannya sehingga dapat dibuat dalam bentuk strip, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 3.37.



Sumber: Ali Express (2015)

Gambar 3.37 LED dalam Bentuk Strip

Pencahayaan interior terus berkembang sesuai tuntutan zaman. Kini muncul sarana pencahayaan pada atap sedan yang menghadirkan suasana bagaikan langit penuh bintang. Caranya dengan memanfaatkan serat optik untuk merepresentasikan cahaya yang kecil-kecil tampil di atas mobil (Auto Parts Warehouse, 2014). Fasilitas ini umum dipakai di kalangan berduit dengan mobil mewahnya (lihat Gambar 3.38).

Teknologi di bidang pencahayaan interior kendaraan masih terbuka untuk pengembangan. Hal itu seiring perkembangan zaman dan tergantung pada gagasan-gagasan baru yang segar.

Q. LAMPU DI BAWAH PINTU

Dengan semakin terjangkau harga dioda laser, salah satu pembuat mobil membuat lampu jenis ini dengan sumber laser untuk menampilkan logo pabrik mobil tersebut, sebagaimana tampak pada Gambar 3.39.

Citra (gambar) yang diproyeksikan dimanfaatkan Ford untuk menampilkan informasi status mobilnya. Hal itu memungkinkan dengan ditemukannya *puddle light* yang dipasang di bagian bawah kaca spion. *Puddle light* berupa paparan cahaya untuk menerangi jalan bagi pengemudi atau penumpang ketika lampu mobil dibuka atau informasi tentang jumlah daya baterai yang tersisa ketika perangkat ini dipasang pada mobil listrik, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3.40.



Sumber: Auto Parts Warehouse (2014)

Gambar 3.38 Pencahayaan atap mobil memanfaatkan serat optik untuk merepresentasikan bintang gemintang di “langit” pada mobil Rolls-Royce.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



(a)



(b)

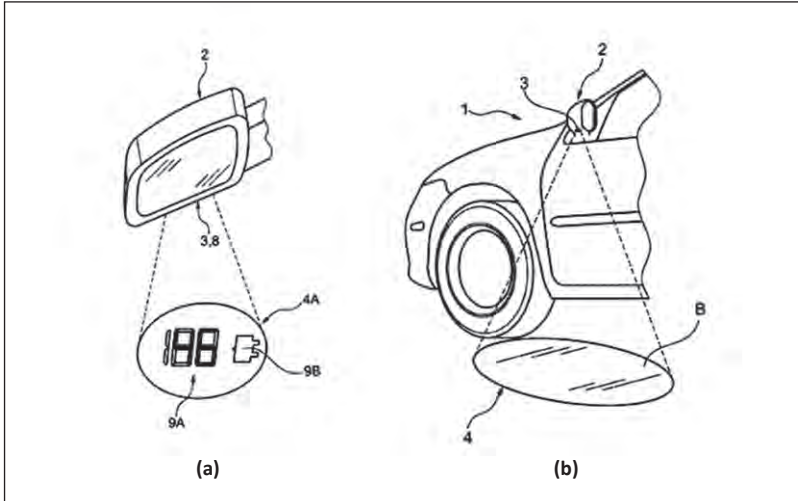


(c)

Sumber: (a) Boeriu (2014); (b) Ali Express (2015); (c) Winwizzard (2012)

Gambar 3.39 Lampu di bawah pintu, di samping menerangi pijakan di bawahnya, juga menampilkan logo pabrik mobil.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Ket.: Berfungsi (a) memaparkan informasi yang diperlukan pengemudinya dan (b) menerangi jalan sekitar pintu.

Sumber: US Patent No. 9178371 B2 (2015)

Gambar 3.40 Puddle light pada mobil Ford.



BAB 4

PENUTUP

Informasi teoretis tentang karakteristik sinar cahaya ketika bertemu komponen atau modul optik berupa cermin datar, cembung dan cekung, lensa positif maupun negatif, filter warna, dan filter polaroid merupakan dasar-dasar untuk memahami pemanfaatannya dalam komponen atau modul optik. Pembahasan komponen atau modul optik dalam buku ini disusun secara berurutan, dengan mengacu urutan dalam peraturan dan perundang-undangan terkait dan dilengkapi prediksi untuk masa datang, yaitu yang mempunyai sifat berikut ini.

1) Sistem Lampu dan Alat Pemandul

- a) Lampu utama, baik yang dekat maupun yang jauh. Lampu ini diperlukan untuk sarana penerangan di malam hari. Pertama kali muncul dengan model sederhana yang memanfaatkan lidah api lampu karbit, kemudian berkembang dengan memanfaatkan laser yang penerangannya mencapai sekitar 600 m ke depan. Saat melaju jalanan sepi di luar kota dan mendeteksi kendaraan di depannya, cahaya lampu ini menjadi memendek bahkan ketika bersimpangan dengan kendaraan lain, cahaya “terbelah” hanya menerangi bagian kiri dan kanan kendaraan lain tersebut agar pengemudinya tidak silau. Dalam waktu dekat, teknologi ini

akan dimanfaatkan untuk semua kendaraan karena sumber laser harganya semakin murah. Sumber cahaya laser (berupa dioda) diharapkan menjadi pengganti semua sumber cahaya untuk kendaraan. Sumber ini dapat didistribusikan ke semua titik atau kedudukan yang membutuhkan melalui fiber optik. Hal ini membuat sistem lampu yang terdapat dalam kendaraan menjadi lebih hemat.

- b) Lampu penunjuk arah. Untuk menunjukkan arah, semula menggunakan juluran tangan yang diluruskan untuk membelok sesuai arah juluran tangan tersebut. Tanda menjulurkan tangan yang dilipat pada sikunya mengarah ke atas untuk menunjukkan arah membelok berlawanan dengan tangan yang dijulurkan tersebut. Kemudian isyarat itu digantikan sayap kecil berlampu kuning yang menjulur keluar untuk membelok ke arah yang dituju, kemudian kembali tersembunyi saat sudah berjalan lurus. Lampu penunjuk arah mutakhir menggunakan lampu LED karena hemat energi, dan yang lebih hemat lagi, memanfaatkan serat optik untuk membagi cahayanya pada semua sarana penerangan yang lebih redup pada lampu lainnya. Dapat pula dengan kreasi lainnya yang lebih elegan, yaitu di samping berkedip—sesuai dengan ketentuan PBB—juga bisa dibuat bagaikan bergerak sehingga lebih mendapat perhatian pengguna jalan lain.
- c) Lampu rem. Pada mulanya lampu ini menyatu dengan lampu penunjuk arah, kemudian dibuat terpisah. Lalu ada penambahan di bagian atas agar lebih terlihat oleh pengemudi kendaraan yang membuntutinya. Lampu rem paling mutakhir menampilkan tulisan STOP dengan memanfaatkan LED, baik yang berkedip maupun yang tidak berkedip, atau dibuat berkedip saat proses melambat dan tidak berkedip saat telah berhenti. Hal tersebut dilakukan untuk mendapat perhatian saat proses melambat sehingga pengemudi di belakangnya dapat menyesuaikan diri. Saat

telah berhenti dan pengemudi di depan tersebut tetap menginjak pedal rem maka lampu tersebut harus berhenti berkedip. Jika tetap berkedip akan mengganggu pengguna jalan lain, khususnya pengemudi yang berada persis di belakangnya sehingga dapat menurunkan konsentrasi pengemudi yang melihatnya.

- d) Lampu posisi depan dan belakang. Lampu ini hanya dinyalakan pada malam hari untuk menandakan keberadaan kendaraan tersebut bagi pengguna jalan lainnya. Lampu posisi depan berkembang menjadi *Daytime Running Lamps* (DRL) yang dihidupkan pada siang dan malam hari. Sementara itu, lampu posisi belakang belum berkembang sebagaimana lampu posisi depan. Pada masa yang akan datang, DRL menjadi bagian yang diwajibkan seperti halnya lampu utama pada sepeda motor. Pada masa mendatang, boleh jadi lampu ini dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan jarak antara kendaraan berlampu dan pengguna jalan lain. Caranya, lampu ini ditempatkan pada jarak antarlampu yang standar bagi seluruh kendaraan, misalnya 1 m. Dengan demikian, siapa pun yang melihat sepasang lampu posisi yang jaraknya standar segera dapat memperkirakan jarak yang dimaksud. Lampu ini berguna, khususnya di jalan tol, di mana penjagaan jarak aman antarkendaraan merupakan suatu keharusan untuk mencegah tabrakan beruntun.
- e) Lampu mundur. Lampu berwarna putih ini dibuat cukup cerah dengan mempertimbangkan bahwa saat dinyalakan pada malam hari, dapat menjadi substitusi penerang jalan di belakang kendaraan. Untuk kendaraan besar seperti truk dan bus besar, pada lampu ini ditambahkan sumber suara yang nyaring agar terdengar oleh orang-orang di sekitar kendaraan tersebut, bukan hanya di belakang. Jadi, pengguna jalan lain dapat mewaspadaai adanya kendaraan mundur dan agar dapat menyesuaikan diri. Ketika teknologi radar sudah semakin terjangkau, bisa jadi mobil

akhirnya dilengkapi radar sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan akibat kendaraan mundur.

- f) Lampu penerangan Tanda Nomor Kendaraan Bermotor (TNKB). Lampu ini pada mulanya dimanfaatkan untuk mengidentifikasi nomor kendaraan saat malam hari. Lampu ini khususnya berguna bagi pihak yang berwenang ketika kendaraan ini melakukan pelanggaran peraturan lalu lintas. Kini lampu penerangan TNKB hadir berwarna-warni. Secara formal, hal itu melanggar peraturan yang berlaku sebab warna yang diperbolehkan adalah putih, kecuali jika peraturan tersebut diamandemen dan warna lain untuk lampu ini diperbolehkan.
- g) Lampu isyarat peringatan bahaya. Lampu ini memang jarang sekali dihidupkan kecuali dalam keadaan darurat. Pada masa mendatang, mestinya lampu ini dibedakan frekuensi berkedipnya. Misalnya berkedip karena kondisi darurat orang yang memerlukan pertolongan; ataukah mesin mati atau mogok; ataukah ban kempes. Tentunya harus diatur dalam regulasi di bidang kedaruratan.
- h) Alat pemantul cahaya. Alat ini dalam istilah optik disebut retro-reflector. Alat ini bermanfaat untuk memantulkan cahaya agar kembali ke sumber cahaya. Pada mulanya, alat pemantul cahaya berupa prisma dari kaca, kemudian berkembang menjadi plastik karena sudut-sudut pantulnya tidak perlu presisi sehingga dapat dibuat melalui *die casting*. Alat pemantul cahaya ini kemudian menggunakan butiran kecil dan hologram sebagai pengganti yang berfungsi sebagai retroreflektor. Mungkin pada masa depan akan muncul cara lain untuk menggantikan reflektor ini.

2) **Komponen pendukung**

Kaca spion. Kaca spion berkembang dari cermin dengan permukaan datar, cermin cembung dengan bentuk luar yang berupa permukaan bola (sferis), kemudian bentuk lain yang bukan sferis

(asferis). Kaca spion pada mulanya berupa cermin kaca belakang karena teknologinya sederhana dan mudah terjangkau. Namun, terdapat kelemahan, yakni adanya bayangan hantu, kemudian digunakan kaca depan untuk menghilangkan bayangan hantu tersebut, kemudian *progressive mirror* dengan kelengkungan yang bervariasi sesuai posisinya. Lalu digunakan lensa fresnel negatif yang mampu memberi pandangan lebih lebar. Akhirnya, kaca spion diganti monitor televisi yang kameranya terdapat di berbagai lokasi pada mobil. Monitor tersebut dilengkapi sakelar untuk memilih pandangan mana yang akan diamati, bahkan dilengkapi radar untuk mendeteksi objek di sekitar mobil tersebut.

3) **Perlengkapan**

Segitiga pengaman. Pada mulanya, perlengkapan ini menggunakan bahan cat merah biasa. Cat itu sekadar tanda bahwa kendaraan yang memasang segitiga pengaman ini dalam masalah. Kemudian dimutakhirkan dengan plastik yang retroreflektif dengan cat merah. Versi plastik itu dapat menggantikan versi sebelumnya (cat), yang dikenal dengan istilah *Schottlight*. Kini perlengkapan segitiga pengaman kebanyakan menggunakan bahan tersebut. Pemutakhiran berjalan terus, bahkan ada pula segitiga pengaman tiga dimensi yang dapat dilipat dan diberi lampu LED. Akibat semakin murahnya LED maka LED ini juga ditambahkan untuk penggunaan pada malam hari.

4) **Opsional**

- a) Pelindung silau cahaya matahari. Pada mulanya, pelindung ini terdapat di luar kendaraan antara permukaan kaca depan dan atap kendaraan. Fungsinya menahan cahaya matahari agar tidak menyilaukan pengemudi dan penumpang yang duduk di kursi depan kendaraan. Versi lama ini kemudian digantikan pelindung berbentuk selempang lempengan kaku di depan atas bagian

dalam mobil yang dapat dibuka dan ditutup kembali. Kemudian dibuat agar dapat diubah posisinya untuk melindungi dari cahaya matahari yang datang dari samping. Pelindung paling mutakhir adalah dengan memanfaatkan teknologi elektrokromik yang dilapiskan pada kaca mobil. Fungsinya memantulkan cahaya pada sebagian dan atau seluruh kaca mobil sehingga ketika diparkir di pelataran parkir tanpa atap, di dalam mobil tetap dingin. Jika digunakan sebagai penghalang silau, difungsikan sebagian saja pada bagian mata pengemudi dan penumpang di sisi pengemudi.

- b) Lampu samping. Lampu ini tidak berbeda jauh dengan lampu posisi, hanya saja lampu ini ditempatkan pada sisi samping kiri dan kanan agar dapat dilihat orang yang tidak berada pada arah jalannya kendaraan. Karena perannya yang kurang penting, lampu jenis ini tidak terlalu berkembang.
- c) Lampu kabut. Lampu kabut umumnya terpasang pada mobil-mobil yang biasa melewati kawasan berkabut agar tetap dapat melaju. Warna yang dimanfaatkan untuk lampu jenis ini adalah putih atau kuning dengan kuat cahaya yang relatif tinggi. Semakin berkembang teknologi LED menyebabkan semakin banyak lampu LED menggantikan lampu jenis ini. Bahkan laser dapat menggantikan lampu kabut ini jika teknologinya sudah mapan dan harganya semakin terjangkau.
- d) *Head up display* (HUD). Peralatan ini pada mulanya terdapat di pesawat tempur F-16 sebagai sarana penampil data sasaran tembak dan data lainnya. *Head up display* dapat diadopsi pada mobil untuk menayangkan data yang selama ini berada pada paparan dasbor. Hal tersebut dapat mengalihkan pandangan pengemudi dari pandangan ke paparan data pada panel dasbor yang selama ini dilakukan dengan tetap memandangi ke jalan dan diberi informasi melalui HUD ini. HUD mulai diperkenalkan pada 1988 oleh General Motors (Neiger, 2017) dan yang terakhir

pada 2016 oleh Toyota (Autoblog, 2016). Ketika data mobil sudah dijadikan data digital, HUD dapat menghilangkan panel-panel pada dasbor sehingga mobil semakin efisien dan efektif.

- e) Pemandu keselamatan berkendara. Dengan mengambil gagasan yang sama dengan HUD pada F-16, pemandu ini pada mulanya direkatkan pada kaca depan bagian dalam. Gunanya untuk menandai jarak aman di depan kendaraan; sebagai sarana penunjuk jejak ban kiri dan kanan yang akan dilalui sehingga pengemudi dapat memilih jejak yang sesuai; juga sebagai pemantau jejak bodi dan bagian terluar kiri dan kanan kendaraan untuk menghindari serempetan dengan benda-benda di tepi jalan. Kemudian dimutakhirkan dengan memanfaatkan kamera dan monitor televisi yang dipasang di bagian depan kendaraan.
- f) Pencahayaan interior. Penerangan ruang dalam mobil pada malam hari semula menggunakan lampu yang terdapat di langit-langit. Kemudian dilakukan modifikasi sehingga bukan hanya benda-benda yang terkena cahaya lampu dan dapat diamati, melainkan seluruh ruangan dalam mobil. Caranya dengan menambahkan lampu di kolong kursi dan di bawah dasbor yang dapat dihidupkan dan dimatikan. Dengan demikian, tidak ada lagi ruang yang tidak terkena cahaya. Demikian pula di langit-langit mobil, pencahayaan pada mobil mewah menampilkan langit-langit yang penuh gemerlap bintang. Caranya dengan memanfaatkan serat optik sebagai sarana perjalanan cahaya. Ujung seratnya dibuat agar cahaya tersebut dapat didistribusikan ke semua titik pada langit-langit mobil secara artistik. Pada masa yang akan datang, pencahayaan serupa bintang dapat segera digantikan dengan memanfaatkan LED berukuran kecil dan berwarna-warni.
- g) Lampu di bawah pintu. Lampu ini pertama kali muncul karena terinjaknya kotoran saat penumpang dan/atau pengemudi menginjakkan kakinya di permukaan jalan ketika keluar dari

mobilnya pada malam hari tanpa penerangan memadai. Dengan menambahkan lampu ini, orang yang keluar mobil saat gelap dapat melihat keadaan di bawah pintunya sehingga mampu menentukan apakah aman atau tidak. Lampu bawah pintu paling mutakhir untuk mobil mewah agar dapat menampilkan merek atau logo mobil tersebut.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



DAFTAR PUSTAKA

- 91-05 NSX LED rear side markers kit. (2016, Januari 11). Diakses dari <http://www.blacktop.racing/91-05-nsx-led-rear-side-markers-kit/>.
- A short history of daytime running lights. (2016, Mei 7). Diakses pada 7 Mei 2016 dari <https://www.motorists.org/issues/dlr/history/>.
- AAA 4342AAA emergency warning triangle. (2016). Diakses pada Mei 15, 2016 dari <http://www.amazon.com/AAA-4342AAA-Emergency-Warning-Triangle/dp/B002SIR8RU>.
- Albarella, T. (2013, September 29). Prescription safety glasses for nighttime. Diakses pada Oktober 21, 2016 dari <http://blog.rx-safety.com/prescription-safety-glasses-for-nighttime/>
- Albert, J.S. (1954). *US Patent No. 2698375 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office.
- Alfred, M., & Mack, M.W. (1939). *US Patent No. US 2165562 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Ali Express. (2015). LED strips. Diakses pada Mei 16, 2016 dari <http://www.aliexpress.com/item/DIY-Four-axis-six-axis-running-light-aeromodeling-dedicated-LED-waterproof-lamp-with-20cm/32327853697.html>
- Alibaba. (2016). Laser fog light. Diakses pada Mei 14, 2016, dari <http://www.alibaba.com/showroom/laser-fog-light.html>
- Allen, W.H., & Bluff., H.T. (1926). *US Patent No. 1600785 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office

- Alria 4.3” TFT LCD rear view foldable monitor display for DVD, VCR, GPS, car reverse camera. (2016). Diakses pada Mei 14, 2016 dari <http://www.amazon.in/Alria-Foldable-Monitor-Display-Reverse/dp/B00MMJ9UAI>.
- Amazon. (2009–2015). 2015 new 2pcs 4 inch 30w cree led fog lights for jeep tractor boat led fog lamps bulb auto led headlight driving offroad lamp. Diakses pada Mei 12, 2016, dari <http://www.amazon.com/Lights-Tractor-Headlight-Driving-Offroad/dp/B00V7NEPYG>
- American Polarizer. (2016). Visible light linear polarizer. Diakses pada Mei 9, 2016, dari http://www.apioptics.com/linear_polarizers.html
- Andrews, E. (2015). *US Patent No. 20150251598*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Anti-collision rear-end car laser safety fog taillight warning lights. (2012). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.visionelectronics.be/index.php/shop/car-accessories/anti-collision-rear-end-car-laser-safety-fog-taillight-warning-lights-detail>.
- Arenberg, A.L. (1942). *US Patent No. 2302092 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Associated RC car LED angel eyes headlights w/blue ring-TC4. (2016). Diakses pada 20 Desember 2016 dari <http://www.mytrickrc.com/shop/tc4-associated-rc-car-led-angel-eyes-lights-blue-ring/>.
- Audi United Kingdom. (2016). Other Audi technologies: Laser lights. Diakses pada Mei 7, 2016, dari <https://www.audi.co.uk/audi-innovation/advanced-technologies/technologies.html>
- Australian Government Federal Register of Legislation. (2006). *Vehicle standard (Australian design rule 53/00 - front and rear position lamps, stop lamps, direction indicators and rear registration plate lamps for L-group vehicles)*, section 7.3; - F2006L02303. Diakses pada Mei 14, 2016 dari <https://www.comlaw.gov.au/Details/F2006L02303>.
- Auto Guide. (2015, Juli 16). Ford details glowing body panels. Diakses pada Mei 2, 2016, dari <http://www.autoguide.com/auto-news/2015/07/ford-details-glowing-body-panels.html>
- Auto Parts Warehouse. (2014, November 20). These luxury car features are opulent and completely unnecessary. Diakses pada Mei 16, 2016, dari

- <http://blog.autopartswarehouse.com/2014/11/luxury-car-features-are-opulent-completely-unnecessary/>
- Automated highway system demo of self-driven cars 1997. (2011). Diakses pada 17 Mei 2016 dari https://www.youtube.com/watch?v=C9G6JRUm_g_A.
- Back up light. (2012). Dalam *Collins English Dictionary* (Complete & Unabridged 10th Edition). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.dictionary.com/browse/back-up-light>.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *Lampu halogen untuk kendaraan bermotor SNI 09-4503-1996*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Diakses pada 28 September 2016 dari http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/4487.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *Saklar lampu tanda mundur kendaraan bermotor. SNI 09-4092-1996*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Diakses pada 25 September 2016 dari http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/4537.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Lampu filamen untuk kendaraan bermotor, kereta gandengan dan kereta tempelan. SNI 7402:2008*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Diakses pada 28 September 2016 dari http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/7797.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Lampu kabut belakang untuk kendaraan bermotor. SNI 7399:2008*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Diakses pada 28 September 2016 dari http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/7794.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Lampu utama untuk kendaraan beroda empat atau lebih. SNI 7405:2008*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Diakses 28 September 2016 dari http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/7800.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Pemantul cahaya (retro-reflektor) kendaraan bermotor, kereta gandengan, dan kereta tempelan. SNI 7398:2008*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Diakses pada 28 September 2016 dari http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/7793.
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *Kaca spion untuk kendaraan bermotor kategori L SNI 2770.2:2009*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Diakses pada 24 April 2016 dari http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/9998

Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2770.1:2016. Kendaraan bermotor-Spion untuk kategori M dan N- Ketentuan umum, syarat mutu dan metode uji*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Diakses pada 31 Desember 2016 dari http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/25759.

Bar-Natan, D. (2000, November). Assaf's bicycle's light reflector. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <https://www.math.toronto.edu/drorbn/Gallery/Symmetry/Tilings/S632/BicycleReflector.html>.

Bartuli, E.A. (2015). *US Patent No. 20150114281*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office

Bauer, F., Moser, A., Altman, J., & Kaufmann, E. (2015). *US Patent No. 20,150,049,501 A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office

Bauer, J.G., & Trese, P. (2012). *US Patent No. 8251540 B2*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office

Beitodesstrafe. (2011, Juli 21). Hummer Forums. Diakses pada 16 Mei 2016 dari <http://www.hummerforums.com/forum/hummer-h3-17/green-hids-installed-24756/page2/>.

Benedict1337. (2010, April 18). Moving daytime running lights to fog lights: 2000 Chevrolet Blazer. Diakses pada Mei 2016 dari <http://blazerforum.com/forum/lighting-electrical-52/moving-daytime-running-lights-fog-lights-43564/>.

Bengler, K., Pfannmuller, M.G., & Zaindl, A. (2015). To see or not to see - Innovative display technologies as enables for ergonomic cockpit concepts ergonomic requirements future mobility future functionality. *Electronic Display Conference*, (IGCMS-II-08-16). Nuremberg, Jerman. Diakses pada 24 Oktober 2016 dari <https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/25265404/IGCMS-II-08-16%20Electronic%20Displays%20Conference%20-%20edC%20recitation.pdf?api=v2>.

Bernstein, S.J. (2003, Desember 11). Driving tip of the moment: Fog lights are for fog! Diakses pada 10 Juni 2016 dari <http://www.garageboy.com/fahrt/fog.html>.

- Billinger, J. (2007, Maret 23). Pre-standardization British School Zone with metal-cutout generic warning symbol embellished with red glass reflector-spheres. Diakses pada 15 Mei 2016 dari https://en.wikipedia.org/wiki/Warning_sign#/media/File:Redundant_sign_-_geograph.org.uk_-_467503.jpg.
- Biro Kerja Sama Hukum dan Humas - LIPI. (2015). *Pemandu jarak aman antarkendaraan sebagai upaya pencegahan tabrakan beruntun*. Diakses pada 1 Februari 2016 dari <http://lipi.go.id/risetunggulan/single/pemandu-jarak-aman-antar-kendaraan-upaya-mencegah-tabrakan-beruntun/4>
- Black Top Racing. (2016, Januari 11). 91-05 NSX LED rear side markers kit. Diakses dari <http://www.blacktop.racing/91-05-nsx-led-rear-side-markers-kit/>
- Blinking smart stop-universal brake light flashers; Safety at affordable prices. (2006). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.flashing-brakelights.com/>.
- BMW E46 non projector type headlights LED angel eyes kit. (t.t). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://redchariot.ie/led-angel-eyes-/256-ccfl-angel-eye-rings-for-lexus-is-200-300.html>.
- BMW International. (2016, Mei 7). BMW Laserlight. Diakses dari http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/laser_light.html
- Boeriu, H. (2014, November 18). *BMW LED door projector-How it works*. Diakses pada 16 Mei 2016, dari <http://cdn.bmwblog.com/wp-content/uploads/BMW-LED-Projektor-Tuer-Projektion-M-Logo-Zubehoer-LED-Door-Projector-10.jpg>.
- Bowders1 2008's Bucket/VRS interior mods/VRS LEDs. (2016). Diakses pada 16 Mei 2016 dari http://s257.photobucket.com/user/Bowders1_2008/media/VRS%20Interior%20Mods/VRS%20LEDs/20131208_2102091_zps97b2b7ce.jpg.html.
- Brake light. (2016). Dalam *Collins English Dictionary*. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/brake-light>.
- Breyer, G. (2010). Safety distance between vehicles. *Conference of European Directors of Roads* (p. CEDR report 2009/10.1). CEDR.

- Britelites. (2012, Maret 7). Car laser rear fog light warning lamp anti-collision taillight. Diakses pada Mei 14, 2016, dari <http://www.amazon.com/Laser-Light-Warning-Anti-Collision-Taillight/dp/B007HUIYOA>
- Brown, M. (2013, Desember 20). What are yellow safety glasses used for?. Diakses pada 21 Oktober 2016 dari <http://blog.rx-safety.com/what-are-yellow-safety-glasses-used-for/>.
- Budiadi, T. (2013, Juli 23). Daftar harga plat nomor kendaraan nyala huruf, angka, logo. Diakses pada 3 Maret 2016 dari <https://www.facebook.com/notes/trisna-budiadi/daftar-harga-plat-nomor-kendaraan-nyala-hurufangkalogo/10152063740158976/>.
- Bukalapak. (2014, April 29). Lampu laser/lampu rem kabut. Diakses pada Mei 14, 2016, dari <https://www.bukalapak.com/p/onderdil-mobil/aksesoris-mobil/aksesoris-eksterior/6cu0d-jual-lampu-laser-lampu-rem-kabut>
- Bulb comparison. (t.t.). Diakses pada 7 Mei 2016 dari <http://ext.homedepot.com/shopping-tools/light-bulbs/bulbcomparison.html>.
- Bureau of Transportation Statistics. (2008). Transportation dictionary-license plate lamp (49CFR393). Diakses pada 10 Mei 2016 dari http://www.transportation-dictionary.org/Jacob/License_Plate_Lamp.
- BYJU'S. (2016, June 24). Optical instruments. Diakses pada 23 September 2016, dari <http://byjus.com/physics/optical-instruments/>.
- Car emergency warning triangle sign, safety triangle (D-3). (2011). Diakses pada 15 Mei 2016 dari http://www.weiku.com/products/12153485/car_emergency_warning_triangle_sign_safety_triangle_D_3_.html.
- Car fog lights. Diakses pada 12 Mei 2016 dari http://www.lightinthebox.com/id/c/car-fog-lights_5268.
- Car laser rear fog light warning lamp anti-collision taillight. (2012). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.amazon.com/Laser-Light-Warning-Anti-Collision-Taillight/dp/B007HUIYOA>.
- Car sun screen shade. (2016). Diakses pada 25 April 2016 dari <http://en.world.taobao.com/product/car-sun-screen-shade.htm>.
- Carpoint wide angle blind spot mirror 50mm. (2016). Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://www.ebay.co.uk/itm/Carpoint-Wide-Angle-Blind-Spot-Mirror-50mm-U-K-Seller-/260782934551>.

- Castro, J. (2013, Maret 28). Who invented the mirror? Diakses pada 11 Mei 2016, dari <http://www.livescience.com/34466-who-invented-mirror.html>.
- CE certificate reflective LED warning triangle. (2011). Diakses pada 15 Mei 2016 dari http://www.weiku.com/products/5964108/CE_certificate_reflective_LED_warning_triangle.html.
- Commonwealth of Massachusetts. (2016). *History of the plate*. Diakses pada 10 Maret 2016 dari <http://www.massrmv.com/rmv/history/>.
- Cosentino, A. (2015). Polarized light photography for art documentation. Diakses pada 23 Agustus 2016 dari www.chsopensource.org/2013/02/27/polarized-light-photography-for-art-documentation/.
- Courtesy lights. (2014). Dalam *Collins English Dictionary (Complete and Unabridged, 12th Edition)*. Diakses pada 16 Mei 2016 dari <http://www.thefreedictionary.com/courtesy+lights>.
- Craford, M. G., Holonyak, N., & Kish, F. (Februari 2001). In pursuit of the ultimate lamp. *Scientific American*, 284(62). Diakses pada 16 Mei 2016 dari <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electronic/leds.html>.
- Crane, H.R. (1929). *US Patent No. 1732447 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- CTC Metallokonstruksya JSC. (2016). Reflective element (retroreflector). Diakses pada 14 Mei 2016 dari CTC Metallokonstruksiya JSC: http://ktc.ru/en/product/reflective_element/.
- Cutcliffe, K. (2002, Oktober). How does a car's rearview mirror work when it's flipped upward in the glare-resistant setting?. Diakses pada 31 Oktober 2016 dari, http://www.edu.pe.ca/gray/class_pages/krcutcliffe/physics521/17reflection/definitions/rearview%20day.bmp.
- Deepa, R. (2014, Januari). Design of vehicle speed control system using wireless instrument cluster. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 4(1), 171–178.
- DeMorro, C. (2014, Januari 3). Audi sport quattro laserlight: Same concept, new eyes. Diakses dari <http://gas2.org/2014/01/03/audi-sport-quattro-laserlight-concept-new-eyes/>.
- DeMorro, C. (2014, Juni 11). Video: BMW i8 Deliveries Make History With Laser Headlights. Diakses pada 1 Maret 2016 dari <http://gas2.org>.

- org/2014/06/11/video-bmw-i8-deliveries-make-history-with-laser-headlights/.
- Dirt. (2016). [Gambar diakses pada 13 Mei 2016] dari http://pictures.4ever.eu/copyright?picture_id=158821.
- Distance control assist system. (t.t). Diakses pada 15 Mei 2016 dari <http://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/dcas.html>.
- Douglas-Hamilton, P. S. (1909). *US Patent No. US912831 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Driver's transparent sun visor. (2015, Juni 4). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://oddtymall.com/drivers-transparent-sun-visor>.
- Drivers against daytime running lights. (2016, Mei 7). *Association of Drivers Against Daytime Running Lights*. Diakses dari <http://www.lightsout.org/story.html>
- Driving Test Tips. (2016). What are car sidelights and when to use them. Diakses pada Juni 9, 2016, dari <http://www.drivingtesttips.biz/what-are-car-sidelights-when-to-use-them.html>
- Edge, D. (2016, Januari 5). BMW bringing laser headlight technology to motorcycles. *Motorcycle Daily*. Diakses pada 1 April 2016 dari <http://www.motorcycledaily.com/2016/01/bmw-bringing-laser-headlight-technology-to-motorcycles/>.
- Edmund Optics Inc. (2017). Light absorbing black-out material. Diakses pada April 16, 2017, dari <https://www.edmundoptics.com/lab-production/general-tools/light-absorbing-black-out-material/>
- Edmund Scientific. (2017). Cube beamsplitter. Diakses pada April, 15 2017, dari <https://www.edmundoptics.com/optics/beamsplitters/cube-beamsplitters/>
- Edmund Scientific. (2017). Pellicle beamsplitter. Diakses pada April, 15 2017, dari <https://www.edmundoptics.com/optics/beamsplitters/plate-beamsplitters/pellicle-beamsplitters/>
- Edmund Scientific. (2017). Plate beamsplitter. Diakses pada April, 15 2017, dari <https://www.edmundoptics.com/optics/beamsplitters/plate-beamsplitters/>

- Ehardt, S. (10 Agustus 2006). An acetylene gas miner's lamp: Brass carbide lamp by justrite. carbide lamp. [Gambar diakses pada 1 Februari 2016] dari https://en.wikipedia.org/wiki/Carbide_lamp#/media/File:Carbide_lamp_lit.jpg.
- Ewing, K.A., & George, R.D. (2000). *US Patent No. 6015184 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Federal Motor Vehicle Safety Standards. (2007, Desember 4). Lamps, reflective devices, and associated equipment. Diakses pada 14 Mei 2016, dari <https://www.federalregister.gov/documents/2016/02/08/2016-02268/federal-motor-vehicle-safety-standards-lamps-reflective-devices-and-associated-equipment>.
- Federal Register. (1980, Desember 16). *Par 1512.16 Requirements for reflectors*. Diakses pada 27 Desember 2016 dari <https://www.law.cornell.edu/cfr/test/16/1512.16>.
- Federal Register. (2016). Federal motor vehicle safety standard; matters incorporated. Diakses pada 1 April 2016 dari <https://www.federalregister.gov/articles/2012/01/06/2011-33682/federal-motor-vehicle-safety-standards-matters-incorporated-by-reference>.
- Ferdian, A. (2014, Oktober 8). Inilah efek buruk panas matahari pada mobil. *Kompas.com*. Diakses pada 10 Maret 2016 dari <http://otomotif.kompas.com/read/2014/10/08/125909215/Inilah.Efek.Buruk.Panas.Matahari.pada.Mobil>.
- Fink, M. C., Winchester, K., Carver, G., & Johnson, R. L. (2008). Polarization of light by reflection. Diakses pada 22 Agustus 2016 dari <https://www.photonics.com/Article.aspx?AID=35808>.
- Fog light. (2015). Dalam *Merriam-Webster Dictionary*. Diakses pada 13 Mei 2016 dari <http://www.merriam-webster.com/dictionary/fog%20light>.
- Fog light. (2016). Dalam *Dictionary.com*. Diakses pada 12 Mei 2016 dari <http://www.dictionary.com/browse/fog-light>
- Fog light. (2016). Dalam *MacMillan Dictionary*. Diakses pada 13 Mei 2016 dari <http://www.macmillandictionary.com/dictionary/british/fog-light>.
- Fog lights and driving lights. (2016). Diakses pada 12 Mei 2016 dari <http://www.amazon.com/b?node=15736441>.

- Ford details glowing body panels. (2015, Juli 16). Diakses pada 2 Mei 2016 dari <http://www.autoguide.com/auto-news/2015/07/ford-details-glowing-body-panels.html>.
- Free shipping 2X LED car door light laser projector ghost logo shadow light special for Mercedes Benz ML,A,B,E,GL Series. (2015). Diakses pada 16 Mei 2016 dari <http://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-2X-LED-Car-door-light-laser-projector-ghost-Logo-Shadow-light-special-for/2025396516.html>.
- Frenel lens. (2011). Dalam *The Free Dictionary by Farlex*. Diakses pada 25 Februari 2016 dari <http://www.thefreedictionary.com/Fresnel+lens>.
- Full self-driving hardware on all cars. (2016). Diakses pada 20 Desember 2016 dari <https://www.tesla.com/autopilot>.
- Fungsi segitiga pengaman mobil. (2014). Diakses pada 15 Mei 2016 dari <http://www.mobilku.org/2014/09/fungsi-segitiga-pengaman-mobil.html>.
- Gannu_1. (2014, Juni 28). *VW Polo DIY: Euro-spec Tail lamps*. Diakses pada 21 April 2016 dari http://www.team-bhp.com/forum/attachments/diy-do-yourself/1256025d1404050045-vw-polo-diy-euro-spec-tail-lamps-img_8580.jpg.
- Geiger, T. (2015, Maret 24). Tuning: Now comes the sequel to the Rainbow Porsche. Diakses pada 21 April 2016 dari <http://www.welt.de/motor/modelle/article138730127/Jetzt-kommt-der-Nachfolger-des-Regenbogen-Porsche.html>.
- Giametta, C. A. (2014). *US Patent No. 20140078766 A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Gish, K. W., & Staplin, L. (1995). *Human factors aspects of using head up displays in automobiles: A review of literature*. Washington, D.C: National Highway Traffic Safety Administration, Department of Transportation. Diakses pada 24 Oktober 2016 dari http://www.mvs.net/pdf/Human_Factors_of_HUDs.pdf.
- Glossary definition for DRL. (2015). Dalam *Maxim Integrated*. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <https://www.maximintegrated.com/en/glossary/definitions.mvp/term/DRL/gpk/1020>.

- Gomez-Reino, C., Perez, M. V., & Bao, C. (2002). Light Propagation in GRIN Media. In C. Gomez-Reino, M. V. Perez, & C. Bao, Gradient-Index Optics: Fundamentals and Applications (p.8). New York: Springer. Diakses pada 1 Februari 2016.
- Government of Western Australia. (2015). *Vehicle safety and standards circular to industry: Front position lamps*. Welshpool, Australia: Vehicle Safety and Standards Department of Transport. Diakses pada 1 November 2016 dari http://www.transport.wa.gov.au/mediaFiles/licensing/LBU_VS_CI_124.pdf.
- GRAH Lighting. (2016, Mei 7). Street lighting technology comparison. Diakses dari <http://www.grahlighting.eu/learning-centre/street-lighting-technology-comparison>
- Graham, G. A. (1971). *US Patent No. 3604914 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Grayen, M. (2015, April 22). A brief history of sealed beam headlamps in the U.S. Diakses pada Mei 7, 2016, dari <http://www.carid.com/articles/brief-history-of-sealed-beam-headlights-in-us.html>
- Grayen, M. (2015, April 22). A brief history of sealed beam headlamps in the U.S. Diakses pada 5 Oktober 2016 dari <http://www.carid.com/articles/brief-history-of-sealed-beam-headlights-in-us.html>.
- Grayen, M. (2015, Februari 3). Windshield shades are for summer and winter use. Diakses pada 22 April 2016 dari <http://www.carid.com/articles/windshield-shades-are-for-summer-and-winter-use.html>.
- Greene, D. (2007). *US Patent No. 20070228786 A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Greivenkamp, J. E. (2004). Field guide to geometrical optics. *SPIE*, 19–20.
- Grote 5-7 sealed beam replacement LED headlamp: Product information sheet. (2016). Diakses pada 25 Mei 2016 dari <http://www.grote.com/wp-content/uploads/2014/10/Grote-5-x-7-LED-Headlamp.pdf>.
- Grote. (2016, Mei 7). Grote 5-7 Sealed Beam Replacement LED Headlamp: Product Information Sheet. Diakses dari <http://www.grote.com/wp-content/uploads/2014/10/Grote-5-x-7-LED-Headlamp.pdf>
- Gruben, J. F. (1948). *US Patent No. US 2475704 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office

- Hamer, T., & Hamer, M. (2016, Mei 7). History of the headlight. Diakses pada Mei 23, 2016, dari <https://www.thoughtco.com/history-of-the-headlight-726016>.
- Hansen, R., Wood, R.B., & Hartman, B. (2003). *US Patent No. 6567014 B1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Head up display. (2016). Dalam *Collins English Dictionary*. Diakses pada 15 Mei 2016 dari <http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/head-up-display>.
- Headlamp. (2016). Dalam *Cambridge Dictionaries Online*. Diakses pada 1 Juni 2016 dari <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/headlight>.
- Headlamp. (2016). Dalam *The Free Dictionary by Farlex*. Diakses pada 1 Juni 2016 dari <http://www.thefreedictionary.com/headlamp>.
- Headlamp. (2016). Dalam *Your dictionary*. Diakses pada 7 Mei 2016 dari <http://www.yourdictionary.com/headlamp>.
- Headlight reflectors. (n.d). Dalam *What-When-How In Depth Tutorial and Information*. Diakses pada 7 Mei 2016 dari <http://what-when-how.com/automobile/headlight-automobile/>.
- Headlight. (2016). Dalam *Collins English Dictionary*. Diakses pada 1 Juni 2016 dari <http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/headlight>.
- Headlight. (2016). Dalam *English Oxford Dictionary*. Diakses pada 15 Mei 2016 dari <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/headlight>.
- Headlight. (2016). Dalam *MacMillan Dictionary*. Diakses pada 15 Juni 2016 dari <http://www.macmillandictionary.com/dictionary/british/headlight>.
- Headlight. (2016). Dalam *Merriam-Webster Learner's Dictionary*. Diakses pada 25 Mei 2016 dari <http://www.learnersdictionary.com/definition/headlight>.
- Heads up display. (2016). Dalam *Dictionary.com*. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.dictionary.com/browse/heads-up-display>.

- Head-up display. (2010). Dalam *English Oxford Dictionary*. Diakses pada 15 Mei 2016 dari <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/head-up-display>.
- Heatshield advance windshield reflector: Sun shades, windshield covers, sun reflectors & sun shields. (2016). Diakses pada 27 Mei 2016 dari <https://www.heatshieldstore.com/>.
- Hedgbeth, L. (2016). Auto history: Turn, turn, turn: A history of the turn. Diakses pada 10 Mei 2016 dari <http://www.secondchancegarage.com/public/history-of-turn-lamp>.
- Hella/map reading light. (2016). Diakses pada 16 Mei 2016 dari http://www.autozone.com/lighting/map-light/hella-map-reading-light/341138_0_0/?checkfit=true.
- Hettler, N., & Hutchins, R. (2014, Desember 10). Novel optics: Plastic micro-optics cater to automotive HUD design. Diakses pada 15 Mei, 2016 dari <http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-50/issue-12/features/novel-optics-plastic-micro-optics-cater-to-automotive-hud-design.html>.
- High-mount stop red LED rear windshield sucker warning signal brake light CHMSL. (2016). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.ebay.co.uk/itm/High-mount-Stop-Red-LED-Rear-Windshield-Sucker-Warning-Signal-Brake-Light-CHMSL-/171527533355>.
- History of halogen lamps - invention of halogen light bulbs. (2016). Diakses pada 28 Mei 2016 dari <http://www.historyoflighting.net/light-bulb-history/history-of-halogen-lamps/>.
- History of Lighting. (2016, Mei 7). History of halogen lamps - Invention of halogen light bulbs. Diakses dari <http://www.historyoflighting.net/light-bulb-history/history-of-halogen-lamps/>
- HL-tatakan plat nomor lampu LED biru standby, merah stop mobil high quality original acrylic cocok untuk semua jenis mobil - biru. (2016, Mei 10). Diakses pada 2 Mei 2016 dari <http://www.lazada.co.id/hl-tatakan-plat-nomor-lampu-led-biru-standby-merah-stop-mobil-high-quality-original-acrylic-cocok-untuk-semua-jenis-mobil-biru-892511.html>.
- Hogendijk, J. P. (2003). *The enterprise of science in Islam: New perspectives*. Boston: MIT Press.

- Hong Kong International Purchase Association. (2012). RGB LED undercar kit with remote auto underbody car. Diakses pada Mei 16, 2016, dari <http://www.led-purchase.com/hi-semicon/rgb-led-undercar-kit-with-remote-auto-underbody-car-228429.html>
- Hosking, J., & Blackham, N. (1974). *US Patent No. 3848974 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- How to convert watts to lumens. (2016). Diakses pada 7 Mei 2016 dari <http://www.rapidtables.com/calc/light/how-watt-to-lumen.htm>.
- Howard, B. (2011, September 6). Laser headlamp is more efficient (and awesome) than LEDs or xenon. Diakses pada Desember 20, 2016, dari <https://www.extremetech.com/extreme/94985-laser-headlamps-will-be-more-powerful-less-power-hungry-than-leds-or-xenon>
- Howard, B. (2011, September 6). Laser headlamp is more efficient (and awesome) than LEDs or Xenon. Diakses pada 20 Desember 2016 dari <https://www.extremetech.com/extreme/94985-laser-headlamps-will-be-more-powerful-less-power-hungry-than-leds-or-xenon>.
- Hurlbut, S. (2012, Agustus 17). Polarizing filter use on a car window. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <https://www.youtube.com/watch?v=k-6HtaRHqMg>.
- Ikhsan, M. (2011, Juni 22). Sensasi ride dan handling Proton Neo CPS. *Detik Oto*. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://oto.detik.com/read/2011/06/22/131114/1665971/1216/sensasi-ride-dan-handling-proton-neo-cps>.
- Ilaki, M. A. (1953). *US Patent No. 2641159 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Instrument. (2011). Dalam *American Heritage Dictionary of English Language*. Diakses pada 23 September 2016 dari <http://www.thefreedictionary.com/instrument>.
- Instrument. (2016). Dalam *Cambridge Dictionaries Online*. Diakses pada 23 September 2016 dari <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/instrument>.
- Instrument. (2016). Dalam *Merriam-Webster Dictionary*. Diakses pada 2 Oktober 2016 dari <http://www.merriam-webster.com/dictionary/instrument>.

- Instrumentation engineering. (2011). Dalam *American Heritage Dictionary of English Language, Fifth Edition*. Diakses pada 23 September 2016 dari <http://www.thefreedictionary.com/Instrumentation+engineering>.
- Izismile.com. (2013, February 2). 1888 Benz. Retrieved March 3, 2016, from Lifestyle - Cars - Cool Century Old Automobiles (24 pics): http://izismile.com/2013/02/02/cool_century_old_automobiles_24_pics.html.
- Jayalath, A.N., & Wang, Z. (2013). Vision based inter-vehicle distance estimation with extended outlier correspondence. *28th International Conference of Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ 2013)* (323). Wellington, New Zealand: IEEE. Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://toc.proceedings.com/20996webtoc.pdf>.
- Jean, S. (2013, Oktober 16). What does the car of the future look like? Here's Texas instruments' vision. *The Dallas Morning News*. Diakses pada 15 Mei 2016 dari <http://bizbeatblog.dallasnews.com/tag/head-up-display/>.
- Jonathan, G.M. (2015, Juli 2). Cars Technica - Heads-up display in cars can hinder driver safety. Diakses pada 24 Oktober 2016 dari <http://arstechnica.com/cars/2015/07/heads-up-display-in-cars-can-hinder-driver-safety->.
- Junjie, M.D. (2005). *CN Patent No. 2685709 Y*. Muenchen: European Patent Office
- Kahtec Technologies. (2006). Blinking smart stop - Universal brake light flashers. Safety at affordable prices. Diakses pada 14 Mei 2016, dari <http://www.flashingbrakelights.com/>
- Kashirsky, S.J. (1957). *US Patent No. 2803733 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Kaskus. (2015, Februari 24). Rear laser foglamp. Diakses pada Mei 14, 2016, dari <http://fb.kaskus.co.id/thread/54ec3dbca2cb1736168b4568/rear-laser-foglamp-berguna-saat-kabut-hujan-ataupun-malam-hari/>
- Kasus segitiga pengaman dalam berlalu-lintas. (2008, April 14). *Hukum Online*. Diakses pada 15 Mei 2016 dari <http://www.hukumonline.com/berita/baca/hol18996/kasus-segitiga-pengaman-dalam-berlalu-lintas>.
- Kawaguchi, Y. (2015). *US Patent No. 20150198743*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office

- Kayne, R. (2016, April 28). What are sun visors? Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.wisegeek.com/what-are-sun-visors.htm#expensive-coupe>.
- Kayne, R. (2016, April 28). What are sun visors? Diakses pada Mei 14, 2016, dari <http://www.wisegeek.com/what-are-sun-visors.htm#expensive-coupe>
- Koelsch, P. (2015). *US Patent No. 9178371 B2*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Kuhlgatz, D. (2016, Januari 21). Bosch introduces fog lights in Nov 1930. Diakses pada 4 Oktober 2016 dari blog.bosch.com/history/en/2016/01/21/bosch-introduces-fog-lights-in-nov-1930/.
- Kumar, D. K. (2014, Juni 7). Why do European cars have only one reverse light in their rear where as Asian cars have two? Diakses pada 17 Maret 2016 dari <https://www.quora.com/Why-do-European-cars-have-only-one-reverse-light-in-their-rear-where-as-Asian-cars-have-two>.
- Kurz, A.W. Jr. (1971). *US Patent No. US3609014 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Lampu laser kabut mobil. (2015). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <https://www.tokopedia.com/ketokoku/lampu-laser-kabut-mobil>.
- Lampu laser/lampu rem kabut. (2015). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <https://www.bukalapak.com/p/onderdil-mobil/aksesoris-mobil/aksesoris-eksterior/6cu0d-jual-lampu-laser-lampu-rem-kabut>.
- Land, E. (1951). Some aspects on the development of sheet polarizers. *J. Optical Society of America*, 957–963.
- Land, E. H. (1933). *US Patent No. 1918848*. Washington, D. C.: U.S Patent and Trademark Office.
- Laser fog light. (2016). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.alibaba.com/showroom/laser-fog-light.html>.
- Laser. (2015). Dalam *Merriam-Webster Dictionary*. Diakses pada 1 April 2016 dari <http://www.merriam-webster.com/dictionary/laser>.
- Laumer, J. (2009, Juni 27). Treehugger sustainability with SASS: California to require heat-reflecting vehicle windows, starting with 2012 model year. Diakses pada 25 April 2016 dari <http://www.treehugger.com/>

cars/california-to-require-heat-reflecting-vehicle-windows-starting-with-2012-model-year.html.

- Leathorn, R. (1935). *US Patent No. US 2048939 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Leathorn, R. (1947). *US Patent No. US 2570569*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- LED ESL. (2009, Desember 3). The history of CHMSL. Diakses pada Mei 14, 2016, dari: <http://www.ledesl.com/03-12-2009/the-history-of-chmsl.html>
- LED history: The history of the LED. (2016, Mei 7). Diakses pada 3 Juni 2016 dari http://www.osram.com/osram_com/news-and-knowledge/led-home/professional-knowledge/led-basics/led-history/index.jsp.
- LED strips. (2015). Diakses pada 16 Mei 2016 dari <http://www.aliexpress.com/item/DIY-Four-axis-six-axis-running-light-aeromodelling-dedicated-LED-waterproof-lamp-with-20cm/32327853697.html>.
- Lee, H., Kim, D., & Yi, S. (2013) Horizontally progressive mirror for blind spot detection in automobiles. *Optics Letter*, 38(3), 317–319. <https://doi.org/10.1364/OL.38.000317>
- Les, W. (2013). What bulb types are suitable for conversion? Diakses pada September 26, 2016, dari <http://hid50.com/whatbulb.html>
- Lighting technology comparison. (2016, Mei 16). Diakses dari <http://www.gigavision.com.au/study-centre/lighting-technology-comparison>.
- LIPI. (2014). Petunjuk Teknis Jabatan Fungsional Peneliti. *Peraturan Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia No. 2 Tahun 2014*. Jakarta, Indonesia: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Lipson, A., Lipson, S.G., & Lipson, H. (2010). *Optical physics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Liszewski, A. (2015, 6 Februari). A car bumper laser helps prevent rear-end collisions in fog. Diakses pada 21 April 2016 dari <http://gizmodo.com/a-car-bumper-laser-helps-prevents-rear-end-collisions-i-1684182755>.

- Lloyd, J. (2008). A brief history of retroreflective sign face sheet materials. Diakses pada 1 April 2016 dari <http://www.rema.org.uk/pub/pdf/history-retroreflective-materials.pdf>.
- Lloyd, J. E. (2006). Vehicle Standard (Australian Design Rule 53/00 -front and rear position lamps, stop lamps, direction indicators and rear registration plate lamps for L-Group Vehicles). Diakses pada 1 November 2016 dari <https://www.legislation.gov.au/Details/F2006L02303>.
- Lucas, D. F. (1975). *US Patent No. 3925759 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Maddenbowler. (2016, Juni 9). Official cheap little mods thread (maddenbowler)-XBOX GT:SO ICY GOON SQD mainly play MW2 and halo. Diakses pada 1 Juni 2016 dari [forums.vwvortex.com: http://forums.vwvortex.com/showthread.php?4553036-The-Official-Cheap-Little-Mods-Thread](http://forums.vwvortex.com/showthread.php?4553036-The-Official-Cheap-Little-Mods-Thread).
- Marchand, E.W. (1978). *Gradient index optics*. New York: Academic Press.
- Martin, A. S. (2010). *US Patent No. 20100265583 A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Mastine-Frost, J. (2016). 12 best fog lights for your car or truck. Diakses pada 4 Oktober 2016 dari www.bestproducts.com/cars/parts/9838/fog-lights-for-your-car/.
- Matters, M. (2013). Use your turn signal: save a life. Diakses pada 30 April 2016 dari <http://www.carponents.com/content/use-your-turn-signal-save-a-life-2>.
- Menakar peluang ekspor komponen otomotif di pasar global: Negara tujuan ekspor suku cadang kendaraan bermotor Indonesia 2009–2013. (Juli 2014). *Warta Ekspor*. Diakses pada 28 Mei 2016 dari http://djpen.kemendag.go.id/app_frontend/webroot/admin/docs/publication/1381421058063.pdf.
- Mengenal segitiga pengaman. (2014). Diakses pada Mei 15, 2016, dari <http://selamatberkendara.com/mengenal-segitiga-pengaman.html>
- Meyer, L. (2013, Januari 28). Progressive optics for side mirrors ends automobile blind spots without distorting view. Diakses dari http://www.osa.org/en-us/about_osa/newsroom/news_releases/2013/progressive_optics_for_side_mirrors_ends_automobil/.

- Military Factory. (2017). Head-up display. Diakses pada April 17, 2017, dari www.militaryfactory.com: http://www.militaryfactory.com/dictionary/military-terms-defined.asp?term_id=2404
- Möller, S. (2016, Mei 7). Automotive lighting: Incoherent light sources. Diakses dari Lecture of Summer term 2007, https://www.fh-muenster.de/fb1/downloads/personal/juestel/juestel/Lamps_for_automotive_lighting_StephanieMoeller_.pdf
- Möller, S. (2016, Mei 7). Automotive lighting: incoherent light sources. Diakses dari Lecture of Summer term 2007, https://www.fh-muenster.de/fb1/downloads/personal/juestel/juestel/Lamps_for_automotive_lighting_StephanieMoeller_.pdf.
- Moore, D.W., & Rumar, K. (1999). *Historical development and current effectiveness of rear lighting systems*. Michigan: Transportation Research Institute, The University of Michigan. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <https://pdfs.semanticscholar.org/3528/41f37c856321e7a84581d0aac919833e4f2a.pdf>
- Mulia, J. L. (2010, Agustus 20). Komunikasi dengan lampu. Diakses pada 14 April 2016 dari <http://www.autobild.co.id/read/2010/08/20/1523/16/6/Komunikasi-Dengan-Lampu>.
- Munro, J. (2010, Mei 22). VW Golf mk5 TDI with LED reverse and rear fog light globes. Diakses pada 21 April 2016 dari https://www.youtube.com/watch?v=6ugDLm9Si_g.
- Muranaka, M., Sakai, S., Sawada, K., & Kawamura, K. (2010). *US Patent No. 20100122778 A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office.
- Mys CRR. (2008, April 14). Berita: Kasus segitiga pengaman dalam berlalu-lintas. Diakses pada Mei 15, 2016, dari <http://www.hukumonline.com/berita/baca/hol18996/kasus-segitiga-pengaman-dalam-berlalu-lintas>
- Nagel, R. I. (1978). *US Patent No. 4080529 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Naillik Motor Signal Co. (1918). *The story of the hands: The Naillik automated safety signal* (First Edition ed.). Boston, MA, USA: Naillik Motor Signal Co.

- National Motorists Association. (2016, Mei 7). A Short History of Daytime Running Lights. Diakses dari National Motorists Association Web Site: <https://www.motorists.org/issues/dlr/history/>
- New 2pcs 4 inch 30w cree LED fog lights for jeep tractor boat LED fog lamps bulb auto LED headlight driving offroad lamp. (2015). Diakses pada 12 Mei 2016 dari <http://www.amazon.com/Lights-Tractor-Headlight-Driving-Offroad/dp/B00V7NEPYG>.
- Nordstrom, E.C., Sevel, K.S., Cichy, S.M., & Church, R.A. (2016). *US Patent No. 20160039336 A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office.
- O'Sullivan, A. L. (1994). *US Patent No. 5373426 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Oculus phaser line bike light bicycle safety flasher. (2016). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.ebay.com/itm/Oculus-Phaser-Line-Bike-Light-Bicycle-Safety-Flasher-With-Laser-Beam-USA-Store-/360488619291>.
- Office of the Attorney General. (1963). Statute of Irish: Article 17. Internal Lighting. *Road Traffic (Lighting of Vehicles) Regulations 189*. Office of the Attorney General of Irish. Diakses pada 1 Mei 2016 dari <http://www.irishstatutebook.ie/eli/1963/si/189/made/en/print>.
- Offroad racing, fog & driving lights - Ptid: Hella. (2016). Diakses pada 13 Mei 2016 dari http://www.4wheelparts.com/Lighting-Lighting-Accessories/Offroad-Racing-Fog-Driving-Lights.aspx?t_c=14&t_s=448&t_pt=4242.
- Optical instrument. (2016). Dalam *Wikipedia*. Diakses pada 23 September 2016 dari https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_instrument.
- Oreshko, D. (2011, November 18). Car Mirror History. Diakses pada 26 Maret 2017 dari Auto Accessories History: <http://www.history-car.com/2011/11/18/car-mirror-history/>
- Orzel, C. (2011, September 19). Greenhouse physics and car shades. Diakses pada 1 April 2016 dari <http://scienceblogs.com/principles/2011/09/19/greenhouse-physics-and-car-sha/>.

- Other Audi technologies: Laser lights. (2016). Diakses pada 7 Mei 2016 dari <https://www.audi.co.uk/audi-innovation/advanced-technologies/technologies.html>.
- Paine, M. (2003). Daytime running lights, vehicle design and research P/L. Diakses pada 21 April 2016 dari http://www.mpainesydney.com/filechute/Paine_DRL_sep03.PDF.
- Paine, M., Paine, D., Haley, J., & Cockfield, S. (t.t.). Daytime running lights for motorcycles. Victoria, Australia. Diakses pada 11 Juni 2016 dari <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-01/esv/esv19/05-0178-W.pdf>.
- Parjo, K. (2015). Fungsi lampu mundur (backup light) pada mobil. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.bisaotomotif.com/2015/12/fungsi-lampu-mundur-backup-light-pada-mobil.html>.
- Pasagic, S., & Scukanac, A. (1998). Historical development of traffic signs. *Traffic Engineering Review*, 10(5–6), 309–313. Diakses pada 11 Juni 2016 dari <http://www.fpz.unizg.hr/traffic/index.php/PROMTT/article/viewFile/779/632>.
- Pastrick, T.W., Molenkamp, L. K., & Koops, R.L. (2000). *US Patent No. 6099155 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Patel, J.S., & Rarstani, K. (1991). Electrically controlled polarization independent liquid crystal Fresnel lens arrays. *Optics Letters*, 16(7), 532–534. doi:10.1364/OL.16.000532.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2012). Peraturan Pemerintah Nomor 55. *Kendaraan*. Jakarta, Indonesia.
- Peraturan Kepala Polisi Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2012 tentang Registrasi dan Identifikasi Kendaraan. Jakarta, Indonesia.
- Perthus, P. (1988). *US Patent No. 4731713 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Pmnote. (2015, Agustus 3). BMW X6 M sport parking assist (self auto park). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <https://www.youtube.com/watch?v=VOv1IR5rUDw>.
- Popa, B. (2009, Februari 25). History of automotive headlamps - From acetylene to LEDs. Diakses dari <http://www.autoevolution.com/news/history-of-automotive-headlamps-from-acetylene-to-leds-4485.html#ixzz482H5QSFt>

- Popa, B. (2009, Februari 25). History of automotive headlamps - from acetylene to LEDs. *Autoevolution News*. Diakses pada 6 Maret 2016 dari <http://www.autoevolution.com/news/history-of-automotive-headlamps-from-acetylene-to-leds-4485.html#ixzz482H5QSft>.
- Precision Optical. (2017). Beam splitter. Diakses pada April 15, 2017, dari <http://www.precisionoptical.com/beam-splitter.php>
- Prescription safety glasses for night time. (2013). Diakses pada 21 Oktober 2016 dari <http://blog.rx-safety.com/prescription-safety-glasses-for-nighttime/>
- Prince Edward Island. (2016, April 5). *Chapter 4: Speed limits, following distances and driving skills*. Diakses pada 21 April 2016 dari http://www.gov.pe.ca/photos/original/tpw_dh_chap4.pdf.
- Prism 12v white LED under door lights 1pr. (2016). Diakses pada 16 Mei 2016 dari <http://www.workshopping.co.uk/product/prism-12v-white-led-under-door-lights-1pr/RINPN1030W/>.
- Prism 12v white LED under door lights 1pr. (2016). Diakses pada 16 Mei 2016 dari <http://www.workshopping.co.uk/product/prism-12v-white-led-under-door-lights-1pr/RINPN1030W/>.
- Rabinow, J. (1990). *Inventing for fun and profit*. San Fransisco, CA, USA: San Francisco Press. Diakses pada 23 Maret 2016 dari https://www.amazon.com/Inventing-Profit-History-Technology-Monographs/dp/0911302646?ie=UTF8&*Version*=1&*entries*=0.
- Rama. (2005, Mei 4). HUD. Diakses pada 15 Mei 2016] dari http://fr.wikipedia.org/wiki/Image:Hud_on_the_cat.jpg.
- Random House, Inc. (2016). Sunshade. Diakses pada Maret 11, 2016, dari <http://dictionary.reference.com/browse/sunshade>
- Rangkaian lampu mobil otomatis. (2016). Diakses pada 16 Desember 2016 dari <http://rangkaianelektronika.info/rangkaian-lampu-mobil-otomatis/>.
- RapidTable. (2016). How to convert watts to lumens. Diakses pada Mei 7, 2016, dari <http://www.rapidtables.com/calc/light/how-watt-to-lumen.htm>

- Rear laser foglamp. (2015, Februari 24). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://fjb.kaskus.co.id/thread/54ec3dbca2cb1736168b4568/rear-laser-foglamp-berguna-saat-kabut-hujan-ataupun-malam-hari/>.
- Rearview mirror. (2015). Dalam *Merriam-Webster Dictionary*. Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://www.merriam-webster.com/dictionary/rearview-mirror>.
- Rearview mirrors may soon become history. (2016, Januari 10). *News18*. Diakses pada Mei 11, 2016 dari <http://www.news18.com/news/auto/rearview-mirrors-may-soon-become-history-1187730.html>
- Reflective traffic signs. (2012). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.reflectivetrafficsigns.com/optimal-placement-of-reflective-traffic-signs.html>.
- Reina, R. (2016). *Sealed beam conversion headlights - can I get projectors, halos and LEDS?* Diakses pada 10 Mei 2016 dari <http://helpfulmechanic.com/wp-content/uploads/2015/11/conversion-sealed-beam-lights.jpg>
- Republik Indonesia. (2009). Lalu lintas dan angkutan jalan. *Undang-Undang Nomor 22 tentang lalu lintas dan angkutan jalan*. Jakarta, Indonesia. Diakses pada 14 Mei 2016 dari http://www.dpr.go.id/dokjdih/document/uu/UU_2009_22.pdf.
- Retroreflector. (2015). Dalam *Merriam-Webster Dictionary*. Diakses pada 21 April 2016 dari <http://www.merriam-webster.com/dictionary/retroreflector>.
- RFB Audi LED puddle light kit- 2 door. (1999–2016). Diakses pada 11 Juni 2016 dari <http://www.uspmotorsports.com/Lighting/LED-Lighting/RFB-Audi-LED-Puddle-Light-Kit-2-Door.html>.
- RGB LED undercar kit with remote auto underbody car. (2012). Diakses pada 16 Mei 2016 dari <http://www.led-purchase.com/hi-semicon/rgb-led-undercar-kit-with-remote-auto-underbody-car-228429.html>.
- Robison, D. (2003). *US Patent No. 20030007362 A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Rogers, T. (2013). *US Patent No. US20130100693 A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office

- Roman. (2013, Juli 28). Drawing Tutorial: Pick Up Truck Rear View. Diakses pada 20 Desember 2016 dari <http://www.juniorcardesigner.com/car-drawing-tutorial-pick-up-truck-rear-view/>.
- SAE International. (2010). Backup lamp (reversing lamp). *SAE J593:2010*. SAE International.
- SAE Standard. (1981, Oktober). License plate lamps (rear registration plate lamps)-SAE J587. Diakses pada 11 Maret 2016 dari <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/005/sae.j587.1981.html>.
- Safer than ever. (2015). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://brisbanecity-citroen.com.au/new-car-showroom/citroen-c4-picasso>.
- Saga Energy. (t.t.). Saga energy partner of the global delta group. Diakses pada Mei 14, 2016, <http://www.sagaenergy.eu/415480733>.
- Sakai, T. (2006). *US Patent No. 7140757 B2*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Sakuma, T., & Saitoh, H. (1990). *US Patent No. 4893916 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Sammarco, J.J. & Carr, J.L (2016). *Mine illumination: A historical and technological perspective*. Pittsburg: The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). <http://www.cdc.gov/niosh/mining/userfiles/works/pdfs/miaha.pdf>
- Saskatchewan Government Insurance. (2016). Saskatchewan driver's licensing and vehicle registration. Diakses pada 21 April 2016 dari <https://www.sgi.sk.ca/individuals/licensing/studyguides/drivershandbook/basicskills/hazards.html>.
- SAV912. (2012, Februari 16). The car lounge automotive news and discussion: Explain to me the 3rd Brake Light Rule/Law. Diakses pada Mei 14, 2016, dari <http://forums.vwvortex.com/showthread.php?5590189-Explain-to-me-the-3rd-Brake-Light-Rule-Law>
- Scaduto, L.C., Érica, C.G., Santos, L.F., Yasuoka, F.M., Stefani, M.A., & Castro, J.C. (2006). Baffle design and analysis of stray-light in multispectral camera of a Brazilian satellite. *Annals of Optics* (p. 4 pages). XXIX ENFMC. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/procs/2006/pdfs%20optics/Interferometry,%20Holography%20and%20Applied%20Optics/299.pdf>.

- Schubert, G. (1981). *Germany Patent No. DE 3010266 A1*. Berlin: The German Patent and Trade Mark Office
- Schumann, J., Flanagan, M. J., & Sivak, M. (1998). Are driver-side convex mirrors helpful or harmful? *International Journal of Vehicle Design*, 19(1), 29–40. doi:10.1504/IJVD.1998.062092.
- Schuster, A. (1904). *An Introduction to the theory of optics*. London: Edward Arnold.
- Sfoskett. (Juli 10, 2005). 1919 Ford model T highboy coupe source: Photographed at the Bay State Antique Automobile Club's Juli 10, 2005 show at the Endicott Estate in Dedham, MA. The Bay State Antique Automobile Club's, Dedham, MA, Endicott Estate. Diakses pada 15 Januari 2016 dari https://en.wikipedia.org/wiki/Ford_Model_T#/media/File:1919_Ford_Model_T_Highboy_Coupe.jpg.
- Sharpe Jr, E. M. (2002). *US Patent No. 6,392,559*. Wahington, D.C: U.S Patent and Trademark Office
- Side marker lights. (t.t). Diakses pada 12 Januari 2016 dari <http://automotivemileposts.com/autobrevity/sidemarkerlights.html>.
- Side marker lights: NEW 1996–1997 Toyota Rav4 right pass front side Marker. (2016). Diakses pada 17 Mei 2016 dari <http://picclick.com/NEW-1996-1997-Toyota-Rav4-Right-Pass-Front-151663520867.html>.
- Side mirror. (2016). Dalam *Cambridge Dictionaries Online*. Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/side-mirror>.
- Side view mirror. (2016). Diakses pada 17 Mei 2016 dari <http://www.autozone.com/safety-and-security/side-view-mirror>.
- Sidelight. (2016). Dalam *MacMillan Dictionary*. Diakses pada 1 Juni 2016 dari <http://www.macmillandictionary.com/dictionary/british/sidelight>.
- SMD arrangement between narrow limits to design more stylish in that the taste of luxury to brush up!. (2010, Juli 1). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://global.rakuten.com/en/store/auc-pika-q/item/20419/>.
- SMD arrangement between narrow limits to design more stylish in that the taste of luxury to brush up! (2010, Juli 1). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://global.rakuten.com/en/store/auc-pika-q/item/20419/>.

- Standard practice for describing retroreflection E808-01. (2016). Diakses pada 15 Mei 2016 dari <http://www.astm.org/Standards/E808.htm>.
- Stop lamp Avanza Grand Fortuner double led bar. (2015). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://formula1surabaya.com/product/98/Stop%20Lamp%20Avanza%20Grand%20Fortuner%20double%20led%20bar>.
- Stop lamp Avanza Grand Fortuner double led bar. (2015). Gambar diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://formula1surabaya.com/product/98/Stop%20Lamp%20Avanza%20Grand%20Fortuner%20double%20led%20bar>.
- Stoplight. (2016). Dalam *Collins English Dictionary*. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/stop-light>.
- Sugiono. (1997). *ID Patent No. 0 001 402*.
- Sugiono. (2009). Disain optik-elektronik prototip pemandu cerdas pengemudi kendaraan beroda empat atau lebih. *Annual Meeting on Testing and Quality* (111–123). Tangerang Selatan: Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi LIPI.
- Sugiono. (2010). Perlengkapan optoelektronik bagi pengemudi untuk memandu secara visual terhadap bagian belakang kendaraan beroda empat atau lebih. *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Pamulang* (428–442). Tangerang Selatan: Fakultas Teknik Industri Universitas Pamulang. Diakses pada 21 April 2016 (e-book).
- Sugiono. (2011). Alat bantu opto-elektronik bagi pandangan arah depan pengemudi kendaraan untuk menghindari tabrakan. *Seminar Ilmiah Nasional Universitas Pamulang* (17–25). Tangerang Selatan: Fakultas Teknik Industri Universitas Pamulang. Diakses pada 1 Maret 2016 (e-book).
- Sugiono. (2013). *ID Patent No. S00201300306*. Jakarta: Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual. <http://e-statushki.dgip.go.id/index.php/penelusuran/paten/S00201300306>.
- Sugiono. (2013). Konstruksi, instalasi, dan uji coba pola visual penduga jarak antarkendaraan bagi pengemudi. *Annual Meeting on Testing and Quality* (346–356). Surabaya: Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian-LIPI.

- Sugiono. (2015). Desain dan instalasi pengukur jarak antarkendaraan dengan laser. Dalam D. Intani (Ed.). *Prosiding Lokakarya Ilmiah Nasional Aplikasi Optik dan Fotonik (LINO 2015)* (36–45). Tangerang Selatan: Pusat Penelitian Fisika - LIPI. Diakses pada 5 Maret 2016.
- Sugiono. (2015). Desain dan Konstruksi Marka Optik Penduga Jarak antarkendaraan Jenis Paparan Elektronik. *Annual Meeting on Testing and Quality* (pp. 647–662). Tangerang Selatan: Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian - LIPI.
- Sugiono. (2015). *ID Patent No. P00201508521*. Jakarta: Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual. <http://e-statushki.dgip.go.id/index.php/penelusuran/paten/P00201508521>.
- Sun shades & shield. (2016). Diakses pada Maret 11, 2016 dari <http://shop.advanceautoparts.com/c3/sun-shades-shields/15488>.
- Sun visor car organizer berguna untuk menaruh barang-barangmu di dalam mobil agar terlihat lebih rapi hanya dengan Rp 69500. (2014). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <https://evoucher.co.id/deals/detail/sun-visor-car-organizer-berguna-untuk-menaruh-barang-barangmu-di-dalam-mobil-agar-terlihat-lebih-rapih-hanya-dengan-rp-69500>.
- Sunshade krey penghalang sinar matahari single 110 cm. (2013). Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://www.store.kiosban.com/produk/aksesoris-mobil/Krey-Penghalang-Alumunium-Single-Polos-AP110Cm.html#sthash.s50AlUDo.dpuf>.
- Sunshade. (2015). Dalam Merriam-Webster Dictionary. Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://www.merriam-webster.com/dictionary/sunshade>.
- Sunshade. (2016). Dalam *Dictionary.com*. Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://dictionary.reference.com/browse/sunJunishade>.
- Sunvisor. (2016). Dalam *Cambridge Dictionaries Online*. Diakses pada 14 Mei 14 2016 dari <http://dictionary.cambridge.org/search/english/direct/?q=sun+visor>.
- Tabir surya kaca mobil / car sun shade. (2014, Desember 13). Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://id.pricepedia.org/jual/tabir-surya-kaca-mobil-car-sun-shade-harga-untuk-2-pcs-55405d1fb050971e54ff681b.html>.

- Tabir surya mobil semi transparan. (2014). Diakses pada 12 Mei 2016 dari <http://www.emecetus.com/gulungan-tabir-surya-tabir-surya-mobil-semi-transparan.html>.
- Terzian, B. (2006). *US Patent No. 20060214781A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office.
- Thacker, D.D. (2006). *US Patent No. 7140663 B1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office.
- The car lounge automotive news and discussion: Explain to me the 3rd Brake Light Rule/Law. (2012, Februari 16). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://forums.vwvortex.com/showthread.php?5590189-Explain-to-me-the-3rd-Brake-Light-Rule-Law>.
- The history of brake lights. (2015). *The News Wheel*. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://thenewswheel.com/the-history-of-brake-lights/>.
- The history of CHMSL. (2009, Desember 3). Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.ledesl.com/03-12-2009/the-history-of-chmsl.html>.
- The Lightbulb Company. (2016). Lumens to watts conversion chart for LED Bulb. Diakses pada 20 Desember 2016 dari http://www.thelightbulb.co.uk/resources/lumens_watts/.
- The lights on a car or other road vehicle. (2016). Dalam *MacMillan Dictionary*. Diakses pada 1 Juni 2016 dari <http://www.macmillandictionary.com/thesaurus-category/british/the-lights-on-a-car-or-other-road-vehicle>.
- The Road Vehicles Lighting Regulation. (1989). The road vehicles lighting regulations. Section 25 (1) (b) Part II: Regulations governing the fitting of lamps, reflectors, rear markings and devices. England: National Archives.
- The story of DRLs. (2016, 7 Mei). Diakses pada 1 Juni 2016 dari <http://www.lightsout.org/story.html>.
- These luxury car features are opulent and completely unnecessary. (2014, November 20). Diakses pada 16 Mei 2016 dari <http://blog.autopartswarehouse.com/2014/11/luxury-car-features-are-opulent-completely-unnecessary/>.

- Tokopedia. (2015, September 23). Lampu laser kabut mobil. Diakses pada April 21, 2016, dari tokopedia: <https://www.tokopedia.com/ketokoku/lampu-laser-kabut-mobil>.
- Toyota 2016 Tundra TechShade® windshield and window sun shade. (2016). Diakses pada 11 Maret 2016 dari <http://www.weathertech.com/toyota/2016/tundra/techshade/>.
- Toyota patents dynamic augmented reality windshield tech. (2016, Maret 28). Diakses pada 3 November 2016 dari <http://www.autoblog.com/2016/03/28/toyota-patents-dynamic-augmented-reality-head-up-display/>.
- Triangle safety reflector. (2013). Diakses pada 15 Mei 2016 dari <http://www.monotaro.sg/s/?q=safety+triangle&1.x=39&1.y=7>.
- Tsantilas, S. (2015, Juli 6). BMW dynamic brake light to protect motorcyclists from rear-end collisions. Diakses pada 14 Mei 2016 dari <http://www.gizmag.com/bmw-motorcycle-dynamic-brake-light/38331/>.
- Turn signal. (2016). Dalam *The Free Dictionary by Farlex*. Diakses pada 26 Mei 2016 dari <http://www.thefreedictionary.com/turn+signal>.
- U.S. Department of Transportation. (2007). *Lamps, reflective devices, and associated equipment. Laboratory test procedure for Fmvss 108, Tp-108-13 Draft*, 726. Washington, DC, USA: National Highway Traffic Safety. Diakses pada 11 Maret 2016 dari www.nhtsa.gov/DOT/TP-108-13.pdf.
- Ulrich, L. (2015). BMW laser headlights slice through the dark. Diakses pada 25 Mei 2016 dari <http://spectrum.ieee.org/transportation/advanced-cars/bmw-laser-headlights-slice-through-the-dark>.
- United Nations. (1995). Regulation No. 113: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting a symmetrical passing beam or a driving beam or both and equipped with filament, gas-discharge light sources or LED modules. Jenewa: United Nations. Diakses pada 26 September 2016 dari [http:// https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R113r3am1e.pdf](http://https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R113r3am1e.pdf).
- United Nations. (2009). Regulation No. 46: Uniform provisions concerning the approval of devices for indirect vision and of motor vehicles with regard to the installation of these devices. Jenewa: United Nations.

Diakses pada 11 Mei 2016 dari <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2016/R046r6e.pdf>.

United Nations. (2010). Regulation No. 48: Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices. Jenewa: United Nations. Diakses pada 11 Maret 2016 dari <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R048r12e.pdf>.

United Nations. (2012). Regulation No. 112: Uniform provisions concerning the approval of motor vehicle headlamps emitting an asymmetrical passing beam or a driving beam or both and equipped with filament lamps and/or light-emitting diode (LED) modules Jenewa: United Nations. Diakses pada 18 November 2016 dari https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R112rev2_e.pdf.

United Nations. (2013a). Regulation No. 23: Uniform provisions concerning the approval of reversing and manoeuvring lamps for power-driven vehicles and their trailers. Jenewa: United Nations. Diakses pada 21 April 2016 dari <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/r023r4e.pdf>.

United Nations. (2013b). Regulation No. 38: Uniform provisions concerning the approval of rear fog lamps for power-driven vehicles and their trailers. Jenewa: United Nations. Diakses pada 16 Januari 2016 dari <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R038r3e.pdf>.

United Nations. (2013c). Regulation No. 53: Uniform provisions concerning the approval of category L3 vehicles with regard to the installation of lighting and lightsignalling devices. Jenewa: United Nations. Diakses pada 4 Oktober 2016 dari <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/r053r3e.pdf>.

United Nations. (2014). Regulation No. 7: Uniform provisions concerning the approval of front and rear position lamps, stop-lamps and end-outline marker lamps for motor vehicles (except motor cycles) and their trailers. Diakses pada 1 Oktober 2016 dari <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R007r6e.pdf>.

United Nations. (2016). Regulation No. 43: Uniform provisions concerning the approval of safety glazing materials and their installation

- on vehicles. Diakses pada 6 Maret 2016 dari <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R043r3e.pdf>.
- US Department of Transportation, Federal Highway Administration Research and Technology (1994). The automatic highway sistem: An overview. *Public Road*, 1(58). Diakses pada 17 Mei 2016 dari <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/94summer/p94su1.cfm>.
- VandenBrink, W., & Fant, H. W. (1989). *US Patent No. US 4826289A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office.
- Visible light linear polarizer. (2016). Diakses pada 9 Mei 2016 dari http://www.apioptics.com/linear_polarizers.html.
- Votkovitsky, O.A., Sedunov, Y.S., & Semenov, L.P. (1992). *Propagation of intensive laser radiation in clouds* (Vol. 138). A.R. Seebass (Ed.). Obninsk: Institute of Experimental Metrology. Diakses pada 21 April 2016 dari https://books.google.co.id/books?id=MFq_tjvtBRgC&pg=PA301&lpg=PA301&dq=laser+and+fog&source=bl&ots=5pKZrnfDEX&sig=TIoUop4lno0_QJ4AWdw754qkZ34&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=laser%20and%20fog&f=false.
- Walsworth, P. (2016). Phillip Walsworth's bucket. Diakses dari http://s415.photobucket.com/user/phillipwalsworth/media/Headlight_projector_schematic.png.html.
- What are car sidelights and when to use them. (2016). Diakses pada 9 Juni 2016 dari <http://www.drivingtesttips.biz/what-are-car-sidelights-when-to-use-them.html>.
- What is retroreflection? (2012, Juni 25). Diakses pada 1 April 2016 dari <http://www.roadvista.com/retroreflection/>.
- When should you use high beam headlights? (2015). Diakses pada 2 Maret 2016 dari <http://driversprep.com/article/use-high-beam-headlights/>.
- Why use retro-reflective target? (2014, September 23). Diakses pada 27 Desember 2016 dari <http://lightpointdata.com/articles/2014/9/23/why-use-retro-reflective-targets>.
- Wing mirror. (2016). Dalam *Cambridge Dictionaries Online* Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/wing-mirror>.

- Winwizzard. (2012, November 24). LED car laser projector shadow door lamp Passat B5+. Diakses pada 16 Mei 2016 dari <https://www.youtube.com/watch?v=jdDJGb6NowI>.
- Woodford, C. (2015, Desember 31). “Smart” windows (electrochromic glass). Diakses pada 19 Oktober 2016 dari <http://www.explainthatstuff.com/electrochromic-windows.html>.
- Wördenweber, B. W. (2007). *Automotive lighting and human vision*. Berlin: Springer-Verlag. Diakses pada 21 April 2016 dari <http://www.springer.com/us/book/9783540366966>.
- Wright, D. K. (1938). *US Patent No. 2148315A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office.
- Wu, E. (2012, Mei 1). Acura TSX installed side mirror LED turn signal arrow light. Diakses pada 11 Mei 2016 dari <http://ijdmtoy.com/BLOG/wordpress/2012/05/02/acura-tsx-installed-side-mirror-led-turn-signal-arrow-light/>.
- Wu, E. (2012, Mei 15). Sporty Lexus IS 250 passes by with LED turn signal lights. Diakses pada 10 Februari 2016 dari <http://ijdmtoy.com/BLOG/wordpress/2012/05/16/sporty-lexus-is-250-passes-by-with-led-turn-signal-lights/>.
- Yamamura, T. (2002). *US Patent No. 20020057195 A1*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office.
- Young, C. J. (1948). *US Patent No. 2440133 A*. Washington, D.C: U.S Patent and Trademark Office.
- Zach, F. (2011). RE5M sealed beam headlight conversion. Diakses pada 10 Februari 2016 dari <http://re5rotary.proboards.com/thread/840/re5m-sealed-beam-headlight-conversion#ixzz481tEZObL>.
- Zaumseil, J. (2014). Electronic control of circularly polarized light emission. *Applied Physics*, 344, 6185, 702–703. doi:10.1126/science.1254496.
- Zemansky, M., Sears, F.W., Freedman, R.A., & Young, H.D. (1992). *University physics*. H.D. Young (Ed.). USA: Pearson Education. Diakses pada 25 Maret 2016 dari https://docs.google.com/file/d/0B_FOFMzF0_0gbjNxakkzUkV4dzg/edit.



INDEKS

- akuitas optis, 142
Anti glare polarisator, 133
asferis, 120
Audi, 35, 105, 106, 107
- back mirror*, 13, 14, 75, 155
Back up lamps, 56
berkabut, 77, 78, 80, 123, 156
bintang, 147, 148, 157
bird eye view, 114, 115
BMW, 37, 105, 106, 109, 113, 119
Brake light, 51
buffle, 21, 85
- CCTV, 76, 114, 119
Center High Mounted Stop Lamp,
109
Courtesy light, 101
- Daylight Running*, 111, 112
Daylight Running Lamps, 111, 112
Daytime Running Lamp, 111
Daytime Running Lamps, 153
double reflection, 14
- elegan, 152
elips, 39, 40, 42, 43, 80
- Emergency Warning Triangle*, 81,
159,164
- filter cahaya, 6, 22, 23
Filter Polarisasi Anti Silau, 133
Fresnel, 45, 155
- Gaussian, 7
guncangan, 92
- halogen, 34, 35, 45, 107
Head-Up Display, 89, 141
HUD, 90, 91, 97, 141, 156
Hukum Pemantulan, 12
- infra merah, 137, 138
internal lighting, 97
- kabut, 4, 77, 78, 79, 80, 123, 124,
125, 126, 146, 156
- kartu tol, 131
KITT, 128
kolong, 97, 103, 157
kolong kursi, 98, 157
- komponen optik, 3, 4, 6, 27, 28, 49,
58, 82, 85, 91, 99, 102, 107,
118

lampu depan, 39
 Lampu di bawah pintu, 101, 147, 149
 lampu rem, 3, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 109, 110, 117, 125, 126
 lampu samping, 4, 86, 87, 88, 140, 156
 lampu sein, 51
 lampu tanda-belok, 46, 47, 50
 Lampu tanda mundur, 56
Laser Fog Light, 123
 lensa, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 27, 28, 30, 31, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 52, 53, 55, 58, 80, 87, 88, 90, 99, 102, 107, 143, 145, 151, 155
License plate lamp, 58
 logo, 117, 148, 149, 158
 manik-manik kaca, 68, 69, 70
 mekatronika, 105
 memilih jalan, 94
 memilih jejak ban, 94, 95, 126
 mengukur jarak, 92, 145
 menyerempet, 92, 94
 monokromatis, 16, 22
multiple mirrors, 41
night vision, 131, 132, 194
 optika fisik, 4, 6, 22, 23
 Optika geometri, 4, 6
 otomatis, 3, 37, 111, 114, 128, 129, 130, 140, 143, 144
 panjang fokus, 14, 15, 45, 145
 paraksial, 4, 7
 parkir, 73, 114, 115, 129, 136, 137, 139
 pejalan kaki, 33, 41, 109
 pemandu, 4, 92, 95, 96, 97, 141, 144, 157, 194
 pemantulan, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 64, 69, 75
 pemantulan internal secara total, 10
 pembiasan, 5, 6, 7, 8, 14, 49, 69
 penahan sinar matahari, 85
 polarisasi, 6, 23, 25, 132, 133, 134, 135, 136, 139
 polarisasi cahaya, 6, 23, 25, 132, 133, 136, 140
 polarisator, 25, 133, 134, 135, 136, 140
 polarisator cahaya, 134
 ramah lingkungan, 105
 retroreflektor, 18, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 82, 83, 154
Reversing lamps, 56
running LED, 127
scattered, 52, 125
 Segitiga pengaman, 80, 81, 82, 126, 127
 serat optik, 9, 10, 147, 148, 152, 157
 silau, 4, 6, 24, 31, 48, 84, 85, 88, 120, 123, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 136, 151, 155, 156
 spion, 4, 73, 75, 76, 118, 120, 154, 155
Sun visor, 84, 85, 131, 132
 tabrakan beruntun, 92, 153
Tail lamp, 58
Tintable Windows, 129
 ultra violet, 137
Under door light, 101



BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Ibukota Kecamatan Balapulang yang terletak di kaki Gunung Slamet di Kabupaten Tegal. Penulis bersekolah di Kabupaten Tegal hingga menamatkan SMA Pas-Pal. Selepas SMA, dia melanjutkan studinya ke Institut Teknologi Bandung pada tahun 1975 dan memilih jurusan Fisika. Ketertarikannya dengan ilmu fisika sejak kelas 2 SMA hingga kini.

Sebelum menuntaskan kuliahnya, dia mengerjakan tugas akhirnya di Lembaga Instrumentasi Nasional-LIPI, sekaligus berstatus pegawai honorer. Setelah menyelesaikan studinya, dia diangkat menjadi pegawai LIN-LIPI dan ditempatkan di Laboratorium Instrumentasi Optik sebagai peneliti. Tugas yang dibebankan kepadanya adalah melakukan desain optik dengan menggunakan komputer, baik dengan program komputer yang disusun sendiri maupun program yang sudah jadi. Selain itu, penulis juga membantu melakukan berbagai pengukuran dan pengujian instrumentasi optik.

Desain pertama yang berhasil meyakinkan manajemen LIN-LIPI untuk diproduksi massal adalah objektif katadioptrik yang digunakan

Buku ini tidak diperjualbelikan.



untuk teropong bidik malam untuk senapan ABRI. Objektif pada teropong itu merupakan buatan Indonesia pertama kali, dengan spesifikasi $f=92\text{ mm}$ $f/\# =1.8$. Kemudian, disusul dengan berbagai desain dan realisasi instrumentasi optik lain, di antaranya adalah *infra red target aiming device*, *night vision binoculars*, *night vision pocketscope & camera*, *night vision long range surveillance*, kamera radar pengukuran kecepatan kendaraan, teropong rukyat, kamera pemantau burung, pemandu keselamatan berkendara yang dipatenkan, dan terkini adalah marka optik penduga jarak antarkendaraan bagi pengemudi yang juga dalam proses paten di Dirjen HKI.

Di samping kegiatan terkait instrumentasi optik, sejak migrasinya ke bidang standardisasi dan lebih khusus terkait sistem manajemen mutu di Pusat Standardisasi-LIPI (kemudian Pusat Standar dan Sistem Mutu, yang kemudian berasimilasi dengan bidang Teknologi Pengujian Puslitbang KIM - Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian - LIPI), dia menekuni bidang tersebut sebagai praktisi yang berperan sebagai instruktur pelatihan dan konsultan standar-standar ISO/IEC Guide 25 yang kemudian menjadi SNI ISO/IEC 17025, SNI ISO 9001, SNI ISO 15189, SNI ISO/IEC 17024, SNI ISO/IEC 17065, SNI 10012, SNI 10015, ISO/IWA 2, ISO/IWA 4, yang dilengkapi juga dengan ISO/TR 10013 sebagai panduan untuk dokumentasi dan SNI ISO 19011, APLAC TC-002 dan APLAC TC-003. Penulis juga telah berhasil mengantar berbagai organisasi, laboratorium, dan lembaga untuk mendapatkan sertifikasi dan akreditasi, dan pernah pula diberi kepercayaan sebagai Eksekutif Senior, Manajer Mutu, dan Anggota Komite Skema Lembaga Sertifikasi Personel serta Ketua Panitia Teknis Standardisasi 12S, Standar Dasar yang dipercayakan kepada LIPI.

Pengalaman paling unik yang dirasakan penulis adalah menulis buku tentang keamanan pangan yang diterbitkan oleh LIPI Press pada 2013, berjudul “Petunjuk Praktis Penerapan Sistem Jaminan

Keamanan Pangan berbasis HACCP di Rumah Makan & Restoran”. Buku tersebut dipersembahkan untuk pengelola rumah makan dan restoran di Indonesia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



PERANAN INSTRUMEN OPTIK PADA MOBIL



Pernahkah terpikir, bagaimana kita dapat berbelok dengan aman tanpa adanya cermin samping pada mobil kita? Kemudian, apa yang akan terjadi jika tidak ada lampu rem pada mobil kita? Tentu, kecelakaan lalu lintas akan sering terjadi dan kita tidak akan merasa aman dan nyaman ketika berkendara.

Buku ini menyuguhkan bahasan tentang berbagai jenis instrumen optik pada mobil, baik yang berfungsi sebagai komponen utama maupun pendukung diulas dalam buku ini. Melalui buku ini, pembaca dapat mengetahui cara kerja masing-masing komponen atau instrumen optik pada mobil yang umumnya digunakan. Selain itu, buku ini juga disusun dengan merujuk pada peraturan perundang-undangan berlaku yang berkaitan dengan peranan instrumen optik.

Semoga buku ini dapat memperkaya khazanah pengetahuan bagi para pembaca, baik peneliti, dosen, mahasiswa, pembuat kebijakan, maupun pembaca yang sekadar ingin mencari rujukan terkait instrumen optik. Diharapkan melalui buku ini, akan muncul penelitian lain di bidang pemanfaatan instrumentasi optik.

Selamat membaca!



Distributor:
Yayasan Obor Indonesia
Jln. Plaju No.10 Jakarta 10230
Telp. (021) 319 26978, 3920114
Faks. (021) 319 24488
E-mail: yayasan_obor@cbn.net.id

LIPI Press

