

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkembangan Teknologi Otomotif

Ide membuat mobil listrik untuk menggantikan mobil yang menggunakan BBM sesungguhnya sudah dipikirkan sejak lama, bahkan beberapa telah memasuki tahapan uji coba. Namun, keterbatasannya dalam penyediaan tenaga listriknya membuat perkembangan menuju ke pembuatan mobil listrik tersendat. Sebab, selama ini mobil listrik mendapatkan tenaga listrik dari baterai (aki) yang waktu pakainya sangat terbatas dan waktu untuk pengisiannya kembali juga sangat lama.

Daya listrik yang terbatas itu berpengaruh terhadap total daya listrik yang akan digunakan pada sistem penggerak dan aksesoris utama, termasuk pengendali kemudi elektronik, pendingin ruangan, radio kaset, penggerak kaca jendela, pembersih kaca (*wiper*), dan *spion* elektronik yang kesemuanya membutuhkan daya listrik untuk mengoperasikannya.

Kelemahan mobil listrik yang sangat mendasar adalah daya penyimpanan energi listrik yang masih rendah. Karena itu yang dituju adalah baterai yang dapat menyimpan energi besar sehingga dapat digunakan dalam waktu relatif lama dan pengisian baterai yang singkat seperti saat pengisian BBB dan BBS.

Aspek lain yang juga sangat menentukan adalah bobot kendaraan. Agar efisiensi pengoperasian mobil listrik tinggi, dibutuhkan bobot yang sesuai, tentunya tidak seberat mobil BBB dan BBS.

Salah satu komponen penting yang akan ditingkatkan kemampuannya adalah baterai, yaitu dengan melibatkan peneliti di Pusat Penelitian Fisika-LIPI dan Laboratorium Sumber Daya Energi (LSDE) BPPT.

Dunia pun kini sedang terjadi perlombaan mengembangkan mobil ramah lingkungan. Sebagian besar produsen otomotif dunia telah memproduksi mobil listrik dalam jumlah terbatas. Diantaranya *General Motor, Peugeot, Toyota, Honda, Nissan, Chevrolets, dan Chrysler*.

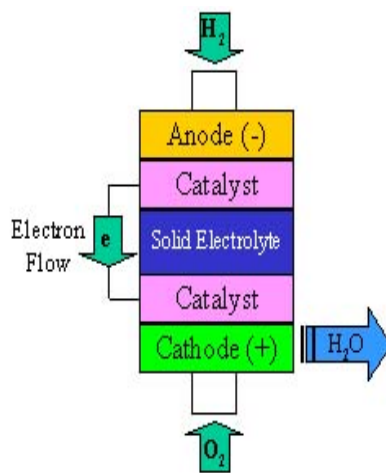
Pengembangan mobil listrik yang dijuluki Marlip (Marmut Listrik LIPI) dilakukan Totok MS Soegandi dan Masrah dari Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik (Telimek) LIPI. Pembuatan Marlip bertujuan mengatasi polusi udara oleh kendaraan berbahan bakar minyak di kota-kota besar di Indonesia. MOBIL mini Marlip digerakkan motor bertenaga listrik dengan lama operasi hingga delapan jam. Sistem penggerak yang diterapkan pada Marlip telah dipaten atas nama Masrah, penemunya. Motor listrik yang digunakan pada mobil listrik itu jenisnya sangat bervariasi dan sangat tergantung pada desain sistem penggerak. Bila ditinjau dari daftar paten, hasil penemuan sistem penggerak mobil listrik di dunia berkisar 230 jenis. Dengan muatan 6-8 penumpang, kendaraan ini dapat melaju pada kecepatan 40 km per jam. Saat ini LIPI berhasil membuat tiga *prototipe* Marlip yang dioperasikan di Kebun Raya Bogor. *Prototype* mobil listrik yang memiliki kandungan lokal hingga 70 persen itu, awal Mei lalu, dipamerkan dalam *Ritech 2003*, yang diselenggarakan Kementerian Riset dan Teknologi di Jakarta. Meski fungsinya berjalan dengan baik, menurut Kepala LIPI Prof Dr Umar A Jenie, Marlip akan menjalani penyempurnaan sepanjang tahun ini. Penyempurnaan ditujukan pada tiga bagian utamanya; sistem kendaraan, sistem energi, dan sistem penggerak. Dengan kisaran harga sekitar Rp 40 juta-Rp 60 juta memang masih cukup mahal untuk saat ini. Tapi bila dilihat dari kemudahan perawatan dan emisi buangnya nol, yang berarti tanpa polusi, bisa jadi Marlip akan menjadi pilihan masyarakat.



Gambar 2.1. Mobil Listrik Buatan LIPI

Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) misalnya, sejak 1985 merintis pembuatan mobil tenaga surya. Jenis kendaraan yang di negara maju pun masih dalam tahap eksperimen. Para mahasiswa ITS itu akhirnya bisa mewujudkan Widya Wahana I yang peluncurannya dilaksanakan di Monas, Jakarta, November 1989. Itulah mobil bertenaga energi matahari pertama di Indonesia.

Toyota FCHV yang bisa mencapai kecepatan maksimum 155 kilometer per jam dan jelajah maksimumnya 300 kilometer, Honda FCX kecepatan maksimum 150 kilometer per jam dan jelajah maksimum 355 kilometer, Nissan *X-Trail* FCV kecepatan maksimum 125 kilometer per jam dan jelajah maksimum 200 kilometer, *General Motors HydroGen 3* kecepatan maksimum 160 kilometer per jam dan jelajah maksimum 400 kilometer, serta *DaimlerChrysler F-Cell* kecepatan maksimum 140 kilometer/jam dan jelajah maksimum 150 kilometer. *Mobil fuel cell* ini pada prinsipnya adalah mobil bermesin listrik yang mendapatkan tenaga listrik dari *fuel cell*. *Fuel cell* menggabungkan hidrogen (yang dibawa dalam tabung) dengan oksigen (yang diambil langsung dari udara) lewat rangkaian proses kimia sehingga menghasilkan tenaga listrik. Sisa dari proses kimia itu hanyalah air dan panas, yang sepenuhnya bebas pencemaran. Sisa proses kimia itu bebas karbondioksida (CO_2), bebas *nitro oksida* (NO_x), dan *sulfur oksida* (SO_x).



Gambar 2.2. Mobil *Fuel Cell*

Sejak dua puluh tahun silam, TOYOTA telah mengembangkan dan menerapkan keunggulan teknologi kendaraannya agar ramah lingkungan. Upaya untuk menghasilkan *eco-car* ini, salah satunya ditempuh melalui pengembangan TOYOTA *Hybrid System* (THS) yang menggabungkan mesin bensin dengan motor elektrik, yang juga berfungsi sebagai *generator* untuk pengisian ulang baterai.

Teknologi *hybrid* terakhir SU-HV1 yang diimplementasikan oleh TOYOTA, dengan mengoptimalkan konsep *Hybrid Synergy Drive* untuk mesin berkapasitas besar, 3.300 cc V6, mampu menghasilkan efisiensi bahan bakar dan menurunkan emisi gas buang secara signifikan, dua kali lebih baik dibandingkan dengan mobil SUV (*Sport Utility Vehicle*) dengan kapasitas mesin yang sama.

Sementara dunia bisnis otomotif sendiri menyatakan penerapan standar tersebut sangat bergantung pada ketersediaan bahan bakar. Menurut Menteri Lingkungan Hidup Nabil Makarim rencana penerapan tingkat emisi *Euro II* dikarenakan 70% dari pencemaran udara di perkotaan penyebabnya adalah gas buang kendaraan.

Penelitian ini menggabungkan konsep penggeraknya (*Electrical Vehicle Model*) dengan *controller* menggunakan *microcontroller* PID *Fuzzy*, yaitu sistem kontrol traksi pada kendaraan sehingga kendaraan stabil. Sistem kontrol traksi didefinisikan sebagai sistem pengaturan yang digunakan untuk mencegah roda kendaraan *spin* atau melintir, dimana banyak tenaga yang disalurkan ke roda tidak merata sehingga menyebabkan kendaraan tidak stabil pada permukaan jalan. Roda yang melintir (*spin*) dapat disebabkan oleh berbagai hal yaitu : terlalu banyak tenaga yang disalurkan, menyebabkan roda belakang mulai *slip*, perubahan pada *grip* (pelekatan ban pada jalan) dan perubahan kontak alur ban yang disebabkan oleh pembelokan, pengereman dan percepatan.

Pemasaran sistem ini telah mulai dilakukan sejak tahun 1987, dimana *Sumitomo Electric Ind. Ltd*, mulai memproduksi *Electronic Antilock System* yang terbagi menjadi dua yaitu : ABS (*Antilock Braking System*) dan TCS (*Traction Control System*).

Trend pengembangan saat tahun 1987 adalah pembuatan *Sistem Electronic Antilock System* dengan tujuan, untuk membuat kendaraan stabil, mampu kendali dan jarak pengereman yang pendek saat mengerem dengan *optimum*.

Pada tahun 1987 ini, dikembangkan 2 sistem kontrol traksi (TCS) yang dibuat oleh *Robert Bosch GmbH*. Satu sistem efektif untuk pada seluruh komponen pengaturan mesin pada semua kondisi. Sistem kedua adalah pengaturan rem dimana adanya pengaturan katup throttle pedal rem.

Konsep pengembangan oleh *Robert Bosch Corporation* terus berkembang dengan membagi sistem *Traction Control System* ini dalam tiga seri produksi yaitu :

1. Unit kontrol elektronik bekerja dengan pengaturan mesin untuk memastikan kontrol arah.
2. Pengaturan sistem pengereman dalam pengaturan *throttle*.
3. Pengaturan *limited slip differential*

Nissan selaku perusahaan mobil, memelopori suatu sistem yaitu *rear viscous coupling tipe limited slip differential (rear viscous LSD)*, dimana digunakan pada kendaraan *wheel drive* untuk meningkatkan performansi belok dan traksi. Sistem ini mengatur torsi pengereman untuk menyalurkan sejumlah kecil dari torsi mesin ke roda penggerak belakang.

Kraf (1990), Rittmannsberger (1998), Sigi (1990), Kiyotaka (1991), menyatakan bahwa *Antiskid Controller* mengatur roda dan *slip* dengan torsi pengereman, biasanya pada keempat rodanya. Kontrol torsi pengereman sendiri-sendiri untuk roda depan dan kontrol torsi rem yang rendah untuk roda penggerak belakang.

DR.W.Shields Neeley (1994), menyatakan bahwa perencanaan kontrol *slip* dengan *Neuro-Fuzzy* dapat dilakukan untuk sistem kontrol traksi (TCS) dan sistem ABS (*Antilock Braking System*) dengan menggunakan 9 *rules*.

Armin Czinczel (1991) dalam penelitiannya menyatakan kebutuhan akan sistem TCS untuk kendaraan FWD (*Forward Wheel Drive*) merupakan optimisasi traksi. Oleh karena itu sistem torsi pengereman sangat diperlukan. Kombinasi kontrol torsi pengereman dan torsi mesin akan menjadi efisien. Sedangkan untuk *trend* yang

akan lebih banyak digunakan maksimal adalah dengan modus kontrol, yaitu: torsi pengereman, torsi mesin, serta *ignition* dan *injection*.

Ka C.Cheok, dkk (1996) melakukan penelitian dengan metode pendekatan lain yang banyak digunakan, yaitu dalam perencanaan kontrol traksi dengan logika *fuzzy*, ini merupakan pengembangan *algorithm* TCS untuk menjelaskan fenomena dengan *interface*, yaitu pemasangan *instrument* kendaraan dengan *hardware* TCS.

Tatsuhiko Abe, dkk (1996) melakukan penelitian tentang konsep terbaru dari sistem kontrol traksi, yaitu HTCS (*Hybrid Traction Control System*) yang menawarkan kinerja dalam hal memperbaiki TCS dengan EIB (*Engine Inertia Brake*).

Philip Drake dan Jim Sibigroth dari *Motorola MCU division* melakukan penelitian penggunaan *fuzzy logic* pada *Motorola Microcontroller* (MCU) untuk mengatur gerakan suatu kendaraan agar menghasilkan keadaan yang stabil.

Shin-Ichiro Sakai dari *University of Tokyo*, melakukan penelitian untuk mencegah *skid* dengan *detection method* secara efektif berjudul “*New Skid Avoidance Method for Electric Vehicle with Independently Controlled 4 in Wheel Motors*”.

Barry Powell (*University Of Michigan*), Kathleen Bailey Lawrence (*Technological University*), dan Susan Cikanek (*Ford Motor Company*) merancang suatu model matematis yang menyangkut analisa dan simulasi *dynamic automatic manual layshaft transmission and dry clutch combination powertrain model system HEV* (*Hybrid Electric Vehicle*).

2.2. Pengujian Stabilitas Kendaraan

National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) dari *The National Transportation Safety Board* (NTSB) di Amerika melakukan berbagai pengujian dalam bidang *traction control*. Pada pengujian tersebut digunakan parameter-parameter yang mempengaruhi stabilitas kendaraan yaitu koefisien gesek lintasan kendaraan, tipe *manuver*, kecepatan kendaraan, aktivasi *throttle*, beban *vehicle*, dan kemiringan jalan. Untuk mengevaluasi tiap parameter digunakan *short wheelbase, single-drive axle tractor* seperti pada gambar 2.3. Untuk parameter koefisien gesek

digunakan berbagai permukaan yaitu es atau salju (μ antara 0,1-0,2), *jennite* (μ antara 0,3-0,4 pada saat basah), dan permukaan *epoxy* (μ antara 0,2-0,3). Untuk parameter *manuver* salah satunya adalah pada lintasan lurus ketika kendaraan melintas dari permukaan dengan μ tinggi (aspal kering) menuju ke permukaan licin (*epoxy* basah). Pada parameter kecepatan dilakukan kenaikan percepatan sampai di atas 40 mph. Untuk parameter beban *vehicle* dievaluasi pada keadaan kosong dan keadaan beban maksimal kendaraan yang diijinkan. Pada parameter kemiringan jalan dibandingkan antara kondisi jalan datar dan kondisi ketika kendaraan melintasi jalanan pada daerah perbukitan.



Gambar 2.3. *Short Wheelbase, Single-Drive Axle Tractor*

VRTC di Amerika menetapkan suatu standar pengujian sebelum sebuah kendaraan dirilis. VRTC memberikan laporan yang berisi metoda pengukuran efisiensi pengereman. Laporan terdiri dari data pengujian kendaraan, evaluasi performansi, grafik dari data yang diperoleh, dan tabel yang berisi data-data yang diperoleh.

Magtrol, sebuah perusahaan yang memproduksi peralatan-peralatan uji laboratorium, mendisain *Custom Motor Test System* (Gambar 2.4) untuk mengetes motor ABS. ABS dites pada tegangan 12 volt motor DC dengan putaran sekitar 6000 rpm, *output* 425 oz-in (3 Nm), dan arus 20 amp. Peralatan tes ABS ini terdiri dari komponen-komponen seperti *Heavy-Duty Equipment Rack*, *Dynamometer Table*, HD-700 *Hysteresis Dynamometer*, DSP6001 *High-Speed Programmable*

Dynamometer Controller, M-TEST 4.0 Motor Testing Software, 6510e Single-Phase Power Analyzer, dan Eccentric Coupling. P

National Traffic Safety and Environment Laboratory mengadakan pengujian pengereman pada kecepatan tinggi dan pengujian ABS. Pada pengujian pengereman pada kecepatan tinggi diukur jarak untuk berhenti, *lock* yang terjadi pada roda, dan parameter tes yang lain. Pada pengujian ini kendaraan direm secara tiba-tiba pada kecepatan 100 km/jam dengan lintasan lurus-datar beraspal kering. Pada pengujian ABS diukur *lock* yang terjadi pada roda dan parameter tes yang lain ketika kendaraan direm pada kecepatan rendah dan kecepatan tinggi di lintasan yang di semprot dengan air dan lintasan yang tergenang air. Pada gambar 2.5 ditampilkan pengujian tersebut.



Gambar 2.4. *Custom Motor Test System* dari Magtrol

a)



b)



Gambar 2.5. a) Pengujian Pengereman pada Kecepatan Tinggi
b) Pengujian ABS

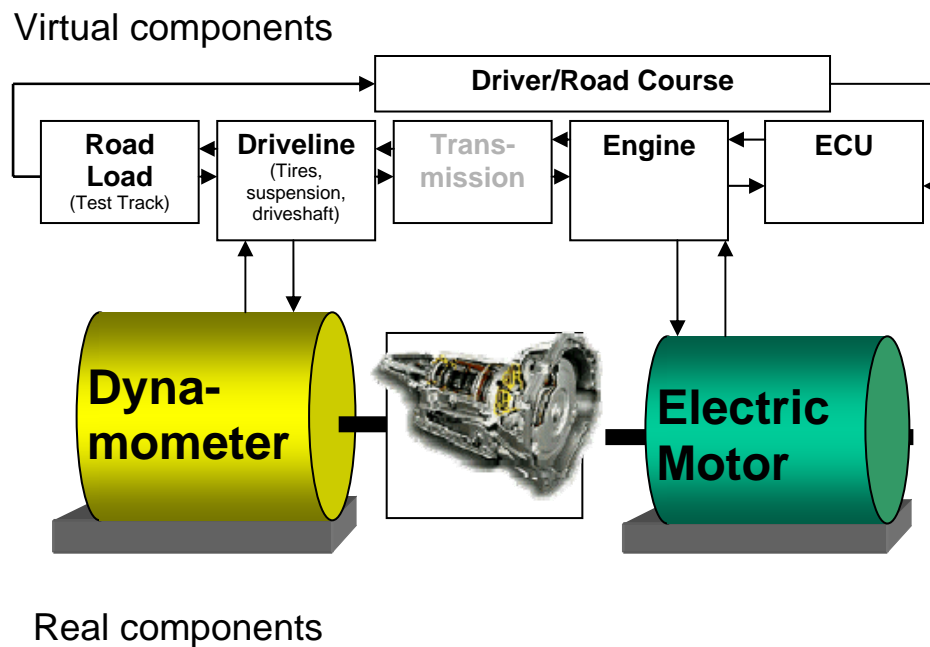
Edi Prihatno dari Institut Teknologi Sepuluh November merancang sebuah *simulator* pengujian rem ABS dengan implementasi *simulator slip* pada unit kopling menggunakan *personal computer*. Dengan berbasis *personal computer* dapat digunakan untuk merancang sistem pengaturan yang *setting pointnya* diambil dari besar-nya *slip* ($\pm 20\%$) dan *outputnya* adalah penurunan kecepatan roda yang sedang direm sehingga sesuai dengan perlambatan kendaraan pada berbagai kondisi jalan. Dimulai dengan *initial condition* $\omega(o)$ sampai pada *end condition* $\omega(o)=0$. Kemudian menentukan $\omega(o)=\omega(o)-\alpha t$ dan untuk *stopping time* $T=\omega(o)/\alpha$; dimana α adalah seting perlambatan alat tes. Tujuan penelitian Edi Prihatno ini adalah merancang *simulator* pengujian rem ABS menggunakan basis *personal computer* pada seperempat kendaraan yang dapat memiliki kemampuan antara lain, mensimulasikan traksi roda pada dua kondisi $\mu(\lambda)$, jalan 0,2 ; 0,8. Dari hasil pengujian *plant simulator* kecepatan berfungsi dengan baik dan hal ini ditunjukkan oleh kurva kecepatan kendaraan dan kecepatan roda dengan beban rem mendekati kurva kecepatan yang seharusnya dengan selisih (10% - 20%).

Opal-RT *Technologies Inc.* dari Canada mempunyai alat simulasi *virtual* yang mendekati realita untuk menguji performansi kendaraan yang ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. *Virtual Vehicle Test Cell Facility* dari *Opal-RT Technologies Inc.*

Cara kerja *Virtual Vehicle Test Cell Facility* dari *Opal-RT Technologies Inc.* dapat digambarkan dari diagram alur pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Alur Kerja *Virtual Vehicle Test Cell Facility*