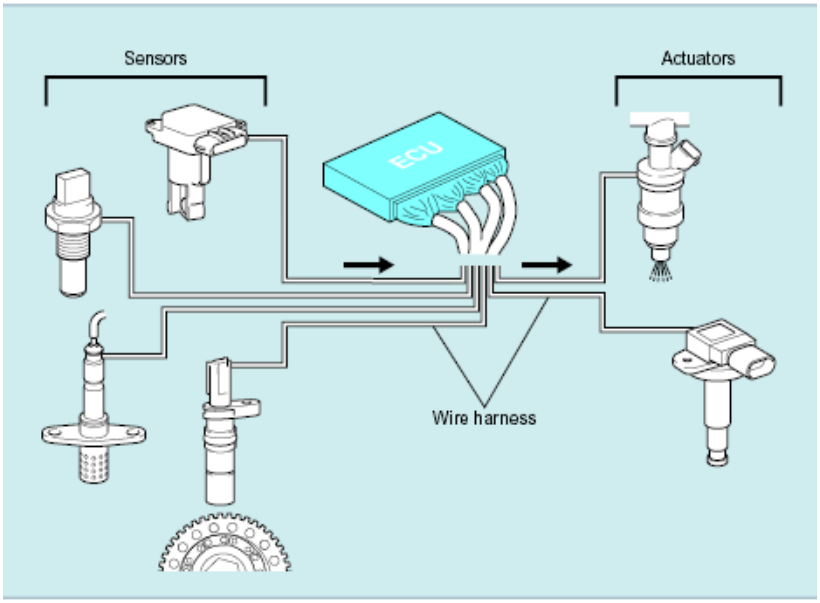
BAB IV

TINJAUAN UMUM OBJEK PENELITIAN

4.1. Pengertian Sistem *Electronic Fuel Injection* (EFI)

Sistem *Electronic Fuel Injection* atau sering dikenal dengan Sistem EFI merupakan sistem bahan bakar yang menjamin perbandingan campuran bahan bakar dan udara sesuai dengan kondisi dan beban pengendaraan mesin bensin. Sebagian besar mesin mobil Toyota sudah mengadopsi sistem EFI (diatas tahun pembuatan 2000), maka jumlah bahan bakar diatur lebih akurat oleh *Electronic Control module (ECM)* dengan memerintahkan injektor agar menyemprotkan bahan bakar ke silinder.(Toyota *Team 21* DTE)



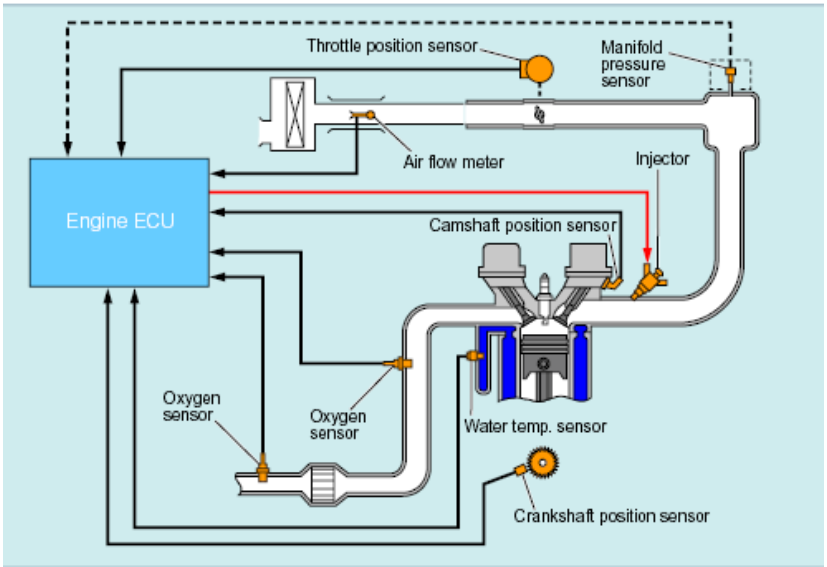
Gambar 4.1 Garis besar sistem EFI

Sistem EFI menentukan jumlah bahan bakar yang optimal berdasarkan jumlah dan suhu udara yang masuk, putaran mesin, kecepatan kendaraan, suhu air pendingin, posisi katup *throttle* gas, kondisi gas buang

pada *exhaust pipe* serta sistem kontrol lainnya, termasuk sistem pengapian *Electronic control advanced (ESA)* untuk menentukan *ignition timing* berdasarkan sinyal dari barbagai sensor dan Idle *speed control (ISC)* untuk mengontrol putaran mesin *idle* yang optimal pada setiap kondisi.

4.2. Komponen sistem EFI

Sistem EFI terdiri dari beberapa komponen yang saling berhubungan sebagai input, proses dan output seperti halnya pada komputer. Sensor merupakan komponen input pada sistem EFI, yaitu berfungsi untuk mendeteksi berbagai macam kondisi mesin dan kondisi pengendaraan mobil sebagai input data pada ECM.



Gambar 4.2 Komponen pada sistem EFI

Sensor-sensor tersebut diantaranya : *Air flow meter* atau *manifold absolute presure* yang berfungsi untuk mendeteksi massa udara *intake* atau tekanan manifold, *Crankshaft position sensor* untuk mendeteksi sudut *cranksahft* dan putaran mesin, *Camshaft position sensor* untuk mendeteksi sudut standar *camshaft* dan *timing*, *water temperature* sensor yang

mendeteksi suhu cairan pendingin mesin, sensor posisi *throttle* untuk mendeteksi sudut bukaan *throttle valve,* serta sensor oksigen untuk mendeteksi konsentrasi oksigen dalam gas buang.

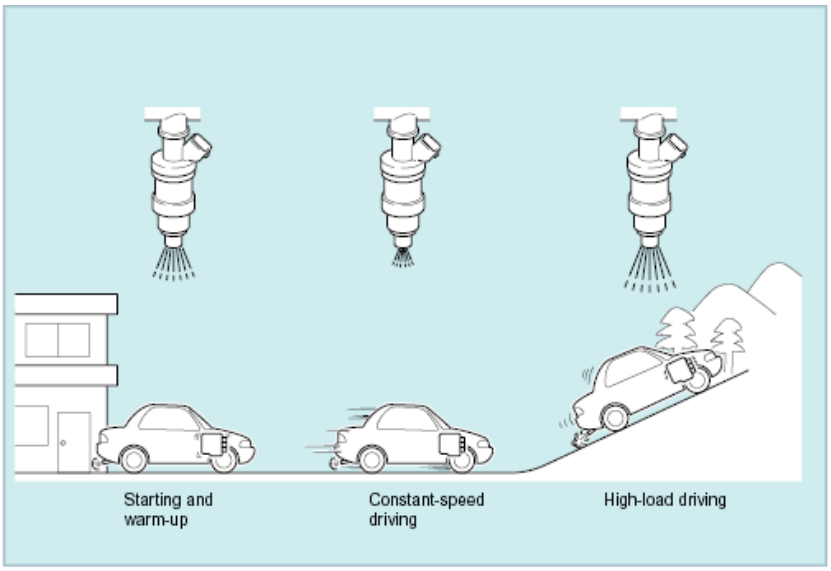
Electronic Control Modul (ECM) merupakan alat untuk memproses data dari berbagai sensor yang digunakan sebagai kalkulasi untuk memerintahkan seluruh kerja dari sistem EFI berdasarkan input data dari berbagai sensor. Kemudian hasil dari proses tersebut berupa output sinyal yang dikirim keberbagai actuator seperti : *Injector, ignition coil, oil control valve, vacum switching valve* dan pompa bahan bakar untuk menjalankan sistem agar dapat beroperasi sebagai satu kesatuan sistem EFI pada mesin bensin Toyota. Kemudian semua komponen tersebut, sensor, ECM dan *acuator* dihubungkan dengan wire hardness untuk saling beroperasi.

4.3. Prinsip kerja sistem EFI

Sistem EFI terdiri dari berbagai macam sensor untuk mendeteksi kondisi aktual kerja mesin dan kendaraan. Berdasarkan hasil dari deteksi sensor-sensor tersebut, sinyal dikirimkan ke ECM sebagai input data. Selanjutnya ECM mengkalkulasikan volume injeksi bahan bakar yang optimal dengan memerintahkan injektor untuk menginjeksikan volume bahan bakar yang cukup.

Selama beroperasi pada kondisi pengendaraan normal, ECM mesin menentukan volume injeksi bahan bakar untuk mencapai rasio teoritis antara udara dan bahan bakar. Kontrol ini digunakan untuk mengatur tenaga, konsumsi bahan bakar dan kadar gas buang yang baik secara

simultan agar diperoleh efisiensi bahan bakar dan emisi yang ramah lingkungan.



Gambar 4.3 Prinsip kerja sistem EFI

Pada kondisi pengendaraan lainnya, misalnya selama pemanasan mesin, akselerasi, deselerasi, atau bebanmesin berat, ECM mesin mendeteksi kondisi-kondisi tersebut dengan berbagai sensor dan mengatur volume injeksi bahan bakar untuk menjamin campuran udara-bahan bakar yang optimal.

4.4. Gejala kerusakan sistem EFI

Generasi modern saat ini mesin mobil dengan bahan bakar bensin pada kendaraan Toyota telah mengadopsi sistem EFI. Dengan sistem tersebut memberikan berbagai keunggulan dibandikan dengan mesin bensin tipe konvensional atau yang belum mengadopsi sistem EFI. Walaupun mesin dengan sistem EFI memiliki keunggulan, bukan berarti tidak bisa menurun performanya. Untuk itu memerlukan perawatan rutin sesuai dengan penjadwalan servis berkala oleh dealer resmi.

Terdapat gejala kerusakan yang ditimbulkan ketika mesin dengan sistem EFI mengalami masalah. Lampu peringatan kerusakan sistem atau *Malafungtion indicator lamp* (MIL) pada meter kombinasi akan menyala jika kerusakan terdapat pada sensor-sensor. Maka ECM akan memasuki mode *fail safe* untuk mengontrol penggendaraan yang aman. Ketika MIL tidak menyala dan pengemudi merasakaan kondisi abnormal pada saat melakukan penggendaraan, hal ini merupakan gejala kerusakan pada mesin.

Adapun gejala yang dialami penggemudi, berupa mesin tidak bisa berputar atau mesin tidak hidup, mesin tidak terdapat pembakaran awal atau tidak bisa dihidupkan, mesin berputar normal tetapi sulit dihidupkan, mesin sulit dihidupkan pada saat dingin, mesin sulit dihidupkan pada saat panas, putaran *idle* mesin tinggi, putaran *idle* mesin rendah, *idling* kasar, *hunting* atau buruk, *hesitation* atau akselerasi jelek, *surging* atau pengendaraan buruk, mesin terasa nyendat atau mrebet mesin mati setelah hidup dan mesin mati setelah AC dihidupkan.

4.5. Deskripsi umum sistem

Pada penelitian ini dibagian diagnosa, pengguna atau *user* dapat melakukan diagnosa dengan sistem pakar, yaitu diagnosa gejala kerusakan pada sistem EFI pada mesin mobil Toyota. Mulanya pengguna atau *user* memberikan input berupa gejala kerusakan yang dialami pada kendaraan, selanjutnya sistem akan mencari data gejala kerusakan yang sesuai atau yang mendekati dengan kondisi aktual pada kendaraan. Setelah proses input selesai, sistem akan memberikan output berupa gejala kerusakan,

penyebab dan solusi perbaikan yang dianjurkan berdasarkan input yang diberikan *user*.

4.6. Analisa Data

Penelitian ini dilakukan di Nasmoco Solo Baru yang merupakan salah satu dealer resmi Toyota. Data yang diperoleh berupa data gejala kerusakan, area yang dicurigai/penyebab kerusakan dan solusi perbaikan. Data tersebut dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 4.1 Data gejala kerusakan dan area yang dicurigai

Kode	Gejala kerusakan	Area Penyebab
P01	Mesin tidak bisa berputar atau tidak hidup	1. Baterai 2. Sistem starter 3. *Fuse* dan *relay* starter 4. *Switch* posisi P/N(AT), *switch* kopling (MT) 5. ECM
P02	Mesin tidak terdapat pembakaran awal atau susah hidup	1. Sirkuit *power source* ECM 2. *Crankshaft position sensor* 3. *Camshaft position sensor* 4. Sistem pengapian 5. Sirkuit *fuel pump* 6. Sirkuit injektor bahan bakar 7. Sirkuit tegangan output VC 8. Sirkuit sinyal starter 9. ECM

Kode	Gejala kerusakan	Area Penyebab
P03	Mesin berputar normal tetapi sulit hidup	1. Sirkuit *fuel pump* 2. *Engine coolant temperature sensor* 3. Sistem pengapian 4. Tekanan kompresi 5. Injektor bahan bakar 6. Sirkuit injektor bahan bakar 7. Sistem kontrol udara masuk 8. Sistem kontrol *throttle* 9. Sirkuit sinyal starter 10. Sirkuit *power source* ECM 11. ECM
P04	Mesin sulit hidup pada saat dingin	1. Sistem pengapian 2. Sirkuit *fuel pump* 3. Injektor bahan bakar 4. Sirkuit sinyal starter 5. *Engine coolant temperature sensor* 6. ECM
P05	Mesin sulit hidup pada saat panas	1. Injektor bahan bakar 2. Sistem pengapian 3. Busi 4. Pompa bahan bakar

Kode	Gejala kerusakan	Area Penyebab
		5. Sirkuit sinyal starter 6. *Engine coolant temperature sensor* 7. ECM
P06	Putaran *idle* atau stasioner mesin tinggi	1. Sistem kontrol *throttle* 2. Sistem induksi udara 3. Sistem *idle speed kontrol* 4. ECM
P07	Putaran *idle* atau stasioner mesin rendah	1. Sistem kontrol *throttle* 2. Sirkuit sinyal AC 3. Sirkuit *fuel pump* 4. Sistem induksi udara 5. Sistem *idle speed kontrol* 6. Sirkuit *back up* ECM 7. ECM
P08	Mesin *Idling* atau stasioner kasar	1. Tekanan kompresi 2. Busi 3. Sirkuit injektor 4. Sistem pengapian 5. *Fuel pump* 6. Sistem kontrol *throttle* 7. Sistem induksi udara

Kode	Gejala kerusakan	Area Penyebab
		8. Sistem *idle speed control* 9. *Mass air flow meter/Manifold absolute pressure*
P09	Mesin *hunting* atau terasa pincang	1. Sistem kontrol throttle 2. Sistem induksi udara 3. Injektor 4. Sistem pengapian
P10	Mesin *hesitation* atau akselerasi jelek (lamban)	1. Sirkuit fuel pump 2. Busi 3. Sistem pengapian 4. Injektor bahan bakar 5. *Mass air flow* 6. Sistem kontrol *throttle* 7. Sistem induksi udara 8. Tekanan kompresi
P11	Mesin *surging* atau terasa tersendat (mbrebet)	1. Busi 2. Sirkuit *fuel pump* 3. Sistem pengapian 4. Injektor 5. *Mass air flow meter* 6. *Oil control valve* 7. Kompresi

Kode	Gejala kerusakan	Area Penyebab
P12	Mesin mati segera setelah hidup	1. *Fuel pump* 2. Sistem pengapian 3. Injektor 4. *Mass air flow meter* 5. Sistem *VVT-i* 6. Sistem kontrol *throttle* 7. Selang PCV 8. Kompresi
P13	Mesin mati setelah AC hidup	1. Sirkuit sinyal AC 2. ECM

Kemudian untuk data penyebeb dan solusi akan ditampilkan pada tabel 4.2 secara detail karena dijadikan sebagai *goal state.*

Tabel 4.2 Data penyebab kerusakan dan solusi perbaikan.

Kode	Penyebab	Solusi
S01	Baterai	Periksa kondisi baterai dari kerusakan dan perubahan bentuk, jika ditemukan kerusakan ganti baterai. Periksa elektrolit setiap sel(1.25-1.29 pada 20°C), jika kurang atau diatas standar isi dengan air destilasi. Periksa tegangan baterai (11-14 V), jika kurang dari standar *recharge* baterai atau ganti.

Kode	Penyebab	Solusi
S02	Starter relay dan fuse	Periksa kondisi *fuse* ST pada *junction block* ,jika putus ganti sesuai spesifikasi kendaraan. Periksa tegangan pada terminal 50 starter, tegangan standar 11-14 V. Ukur tahanan *relay* dengan multimeter, terminal 1-2 dibawah 1 ohm dan terminal 3-5 dibawah 1 ohm ketika terminal 1-2 diberi tegangan baterai.
S03	Sistem starter	Lepas unit starter dari mesin. Lakukan pengujian *pull in test* dan *hold in test*. Jika hasil tidak sesuai spesifikasi, ganti unit starter. Periksa proses kerja *spline* dan *one way cluch*, jika tidak bergerak lembut ganti komponen dengan yang baru.
S04	*Switch* posisi P/N(AT), *switch* kopling (MT)	Periksa hubungan dari *switch* posisi netral atau park untuk transmisi AT dan *switch* kopling untuk transmisi MT. Jika terjadi hubungan terbuka ganti *switch* tersebut.
S05	Sirkuit *power source* ECM	Periksa *supply* tegangan yang masuk ECM ketika kunci kontak ON, yaitu 11-14 V, jika tidak sesuai periksa fuse EFI, IGN dan INJ serta periksa *wire hardness* dari sirkuit *power source* ECM.

Kode	Penyebab	Solusi
S06	*Crankshaft position sensor*	Ukur harga tahanan dari sensor anatar terminal 1-2 atau NE dan NE-. Spesifikasi kondisi dingin 1630-2740 ohm dan kondisi panas 2065-3225 ohm. Jika tidak sesuai spesifikasi ganti sensor.
S07	*Camshaft position sensor*	Ukur harga tahanan dari sensor anatar terminal 1-2. Spesifikasi kondisi dingin 835-1400 ohm dan kondisi panas 1060-1645 ohm. Jika tidak sesuai spesifikasi ganti sensor.
S08	Sistem pengapian	Periksa apakah terjadi bunga api pada busi pada setiap silinder. Lepas koil dan busi. Hubungkan busi dan koil kemudian groundkan busi terhadap massa mesin. Periksa secara visual bunga api ketika mesin di putar atau distarter. Periksa konektor ignition koil dan supply tegangan 11-14 V, jika kondisi baik ganti koil pengapian.
S09	Sirkuit fuel pump	Periksa tegangan yang masuk pada konektor pompa bensin yang terdapat pada tangki bahan bakar. Lepas konektor, dengan menggunakan multimeter hubungkan kedua terminal kemudian kunci kontak posisi ON dan starter. Tegangan standar 11-14 V. Jika tidak sesuai periksa *fuse* EFI, C/OPN *relay* dan *wire hardness*. Periksa tekanan bahan bakar, jika

Kode	Penyebab	Solusi
		tekanan kurang dari standart ganti fuel pump.
S10	Sirkuit injektor bahan bakar	Periksa tegangan pada injektor bahan bakar. Lepas hubungan konektor pada injektor bahan bakar. Putar kunci kontak posisi ON. Ukur terminal 1-*massa body* dengan menggunakan multi tester. Tegangan standar 11-14 V, jika tidak sesuai periksa *wire hardness*.
S11	Sirkuit tegangan output VC	Periksa tegangan konstan 5 V pada terminal ECM yang disupplai dari terminal +B dan BATT. Periksa tegangan VC yang mensuplay sensor-sensor yang memiliki IC. Jika tidak sesuai ganti ECM.
S12	Sirkuit sinyal starter	Periksa bahwa sinyal STA sampai ke ECM ketika kunci kontak posisi start. Jika tidak terdapat sinyal STA periksa *fuse* ST dan *wire hardness*.
S13	*Engine coolant temperature sensor*	Ukur tahanan sensor. Hunungkan terminal 1-2 pada sensor dengan ohm meter. Standar spesifikasi pada suhu 20^0C 2.32-2.59 k Ω, suhu 80^0C 0.310-0.326 k Ω. Jika hasil pengukuran tidak sesuai atau menunjukkan batas atas/bawah dari nilai spesifikasi maka ganti sensor. Catatan : jika nilai sensor berbeda dengan spesifikasi maka lampu indikator *check engine* akan menyala.
S14	Tekanan	Periksa tekanan kompresi pada setiap silinder

Kode	Penyebab	Solusi
	kompresi	menggunakan *compression gauge*. Lepas hubungan konektor koil. Lepas busi. Ukur tekanan kompresi, membuka *throttle* secara penuh dan memutar mesin. Kompresi standar 12.5 kgf/cm^2 atau lebih tinggi, minimum 9.0 kgf/cm^2 dan perbedaan tiap silinder 0.7 kgf/cm^2 atau kurang. Jika kompresi kurang maka tuankan sedikit oli dan ulangi pengukuran, jika tekanan kompresi naik maka piston ring / silinder bore aus jika tetap rendah maka mekanisme katup bermasalah. Lakukan prosedur overhoul mesin.
S15	Injektor bahan bakar	Periksa kerja dari injektor bahan bakar dengan *sound scope*, mengeluarkan bunyi ketika bekerja normal, bandingkan dengan unit lain. Jika terdapat perbedaan bunyi kemungkinan injektor kotor/ tersumbat. Maka bersihkan injektor. Ukur tahanan injektor sesuai standar 11.6-12.4 Ω. Jika tidak sesuai spesifikasi ganti Injektor bahan bakar.
S16	Sistem kontrol udara / induksi	Periksa setiap persambungan pada saluran udara masuk, selang, klem dan filter udara. Jika terdapat kebocoran atau tersumbat maka perbaiki sesuai standart. Periksa dari kebocoran atau kemungkinan tersumbat

Kode	Penyebab	Solusi
		pada knalpot. jika tidak ada letupan asap pada knalpot maka terjadi malafungsi pada sistem induksi. Hal ini mengganggu proses pembakaran. Perbaiki sesuai standar.
S17	Sistem kontrol *throttle* ektronik	Periksa tegangan masuk pada konektor. Ukur tegangan pada terminal 3-5 pada konektor menggunakan multi meter. Standar 4.5-5.5 V, jika tidak sesuai maka periksa *wire hardness*. Periksa *throttle body*. Ukur tahanan antara terminal 2-1 standar 0.3-100 Ω dan terminal 3-5 standar 1.2-3.2 Ω, jika tidak sesuai maka ganti *throttle body assembly*.
S18	Busi	Periksa elektroda dengan menggunakan megaohm untuk mengukur tahanan insulator standar 10 MΩ atau lebih tinggi. Periksa kode busi yang terpasang sesuai spesifikasi mesin. Jika tidak sesuai ganti busi. Periksa celah gap elektroda sesuai standar 0.9-11 mm.
S19	Sistem *idle speed control*	Periksa katup *idle speed kontrol*. Lepas konektor katup ISC. Ukur tahanan antara terminal 3-1 standar 45.6-50.4 Ω, kemudian terminal 4-2 standar 45.6-

Kode	Penyebab	Solusi
		50.4 Ω, jika tidak sesuai dengan spesifikasi ganti katup ISC. Periksa secara visual kondisi katup ISC, jika terdapat kotoran endapan karbon, bersihkan komponen.
S20	Sirkuit sinyal AC	Periksa sinyal sirkuit AC pada ECM ketika AC bekerja. Ukur tahanan yang masuk ke ECM. Kondisi mesin *idle*, *blower switch* pada posisi kecepatan 1 atau lebih tinggi dan *switch* temperatur AC pada posisi max. Tegangan standar 5-6 V. Ketika *switch* temperatur AC pada posisi off maka tegangan dibawah 1 V. Jika hasilnya tidak sesuai periksa *wire hardness.*
S21	Sirkuit *back up* ECM	Periksa tegangan pada terminal BATT ECM, tegangan standar 1-14 V. Jika tidak sesuai dengan spesifikasi periksa *wire hardness*.
S22	*Mass air flow meter/ Manifold absolute pressure*	Jika kendaraa menggunakan sistem L EFI maka periksa *mass air flow*. Lakukan pemeriksaan secara visual dari benda asing pada *platinum hot wire*, jika terdapat benda asing bersihkan dengan hati-hati. Ukur tahanan pada terminal 4-5 standar 2.2-2.69 KΩ pada 20^0C. Jika tida sesuai ganti *mass air flow.* Jika kendaraa menggunakan sistem D EFI maka

Kode	Penyebab	Solusi
		periksa *manifold absolute pressure.* Ukur tegangan pada konektor, terminal 1-3 standar 4.5-5.5 V, jika tidak sesuai periksa *wire hardness.* Periksa kondisi sensor dengan menggunakan pompa vakum. Ukur tegangan terminal PIM dan E2PM pada ECM. 13.3 kpa maka penurunan voltase 0.25-0.55 V, 26.7 kpa penurunan voltase 0.65-0.95 V, 40 kpa penurunan 1.05-1.35 V. Jika tidak sesuai ganti PIM.
S23	*Oil control valve*	Periksa tahanan *oil contro valve*, ukur tahanan antara terminal 1-2 standar 6.9-7.9 Ω, jika tidak sesuai maka ganti *oil control valve*. Hubungkan + baterai dengan terminal 1 dan – baterai ke terminal 2. Ketika dihubungkan maka *valve* bergerak maju, jika dilepas *valve* bergerak mundur, jika tidak sesuai maka ganti.
S24	ECM	Periksa tegangan masuk pada ECM standar 11-14 , Periksa massa ECM. Jika tidak sesuai periksa *wire hardness*. Jika pemeriksaan sesuai maka ganti ECM.

4.7. Hubungan gejala kerusakan mesin dengan penyebab

Dalam penelitian ini, matrik atau hubungan gejala kerusakan mesin dengan penyebab dapat dilihat pada tabel 4.3. Dengan ditandai kode P untuk gejala kerusakan dan kode S sebagai penyebab dan solusi.

Tabel 4.3 Hubungan gejala kerusakan mesin (P) dan penyebab (S)

Penyebab	**Gejala kerusakan**												
	P01	**P02**	**P03**	**P04**	**P05**	**P06**	**P07**	**P08**	**P09**	**P10**	**P11**	**P12**	**P13**
S01	√												
S02	√												
S03	√												
S04	√												
S05		√	√										
S06		√											
S07		√											
S08		√	√	√	√			√	√	√	√	√	
S09		√	√	√	√		√	√			√		
S10		√	√					√					
S11		√											
S12		√	√	√	√								
S13			√	√									
S14			√					√		√	√	√	
S15			√	√	√				√	√	√	√	
S16			√			√	√	√	√	√			
S17			√			√	√	√	√	√		√	
S18					√			√		√	√		
S19						√	√	√					

Penyebab	Gejala kerusakan												
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13
S20							√						√
S21							√						
S22								√		√	√	√	
S23											√	√	
S24	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Berikut ini merupakan keterangan dari hubungan gejala dan kerusakan pada mesin dan penyebab serta solusi perbaikan yang disarankan :

- P01 (Mesin tidak bisa berputar atau tidak hidup) = S01, S02, S03, S04, S24.
- P02 (Mesin tidak terdapat pembakaran awal atau susah hidup) = S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S24.
- P03 (Mesin berputar normal tetapi sulit dihidupkan) = S05, S08, S09, S10, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S24.
- P04 (Mesin sulit dihidupkan pada saat dingin) = S08, S09, S12, S13, S15, S24.
- P05 (Mesin sulit dihidupkan pada saat panas) = S08, S09, S12, S15, S18, S24.
- P06 (Putaran *idle* atau stasioner mesin tinggi) = S16, S17, S19, S24.
- P07 (Putaran *idle* atau stasioner mesin rendah) = S09, S16, S17, S19, S20, S21, S24.

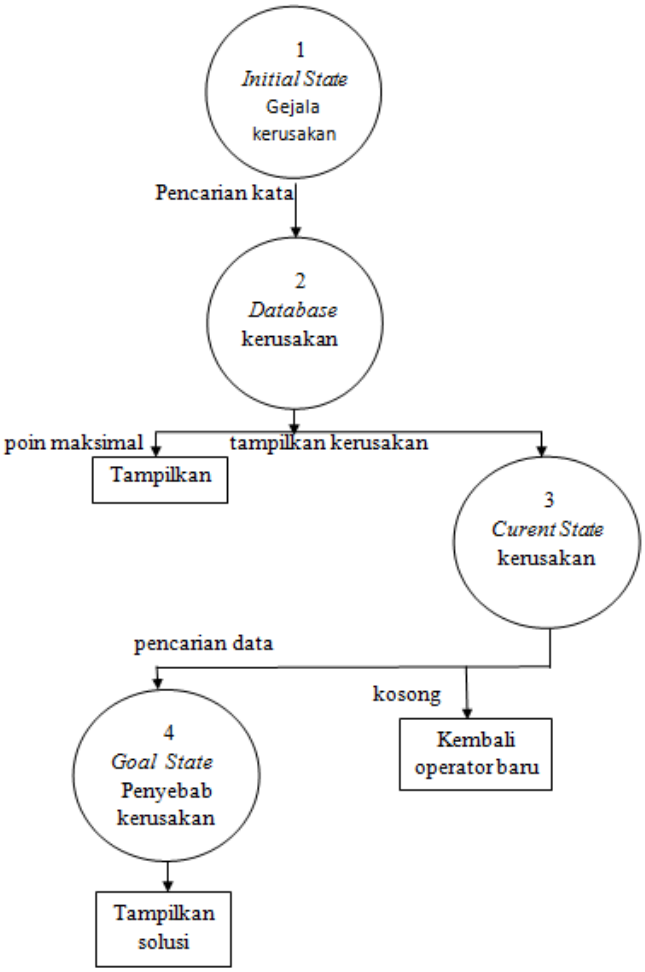
- P08 (Mesin *Idling* atau stasioner kasar) = S08, S09, S10, S14, S16, S17, S18, S19, S22, S24.
- P09 (Mesin *hunting* atau terasa pincang) = S08, S15, S16, S17, S24.
- P10 (Mesin *hesitation* atau akselerasi jelek) = S08, S14, S15, S16, S17, S18, S22, S24.
- P11 (Mesin *surging* atau mesin terasa tersendat mrebet) = S08, S09, S14, S15, S18, S22, S23, S24.
- P12 (Mesin mati segera setelah hidup) = S08, S14, S15,S17, S22, S23, S24.
- P13 (Mesin mati setelah AC dihidupkan) = S20, S24.

4.8. Analisa Metode Simple Hill Climbing

Pada tahap ini penulis menetapkan bagaimana menerapkan algoritma pencarian dengan metode *Simple Hill Climbing* pada sistem yang akan dibuat. Metode ini merupakan fungsi heuristik yang baik untuk mengevaluasi *state* dengan cara sederhana langsung memilih *new state* yang memiliki jalur lebih baik. Adapun aturannya akan dijelaskan dibawah ini :

1. Evaluasi *initial state*. Jika *state* ini merupakan *goal state*, maka kembalikan *state* ini sebagai solusi kemudian keluar dari program. Namun jika state ini bukan *goal state* maka lanjutkan proses dengan *initial state* sebagai *current state*.
2. Mengulang sampai solusi ditemukan atau sampai tidak ada operator baru yang dapat diaplikasikan terhadap *current state*.
3. Tidak diijinkan untuk melihat satupun langkah sebelumnya.

Penerapan metode *Simple Hill Climbing untuk* membangun sistem pakar ini dengan cara pencarian poin terbaik dalam kata yang dicari. Seperti yang terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Skema alur pencarian Metode *Simple Hill Climbing*

Penjelasan mengenai langkah-langkah penyelesaian pencarian menggunakan *Simple Hill Climbing* adalah sebagai berikut:

1. Penentuan *initial state* (keadaan awal)

   Dalam penentuan *intial state* sistem ini berjalan dengan alur metode *simple hill climbing* dengan mencari poin kata paling maksimal dicari.

Gejala kerusakan yang diinputkan oleh *user* menjadi *initial state* sebagai awal dari pencarian.

2. Pencarian dengan alur metode *Simple Hill Climbing*

   Setelah menentukan *initial state*, maka akan dipilih poin kata yang paling optimal dengan cara menghitung kata yang sama, kemudian memilih gejala kerusakan mesin dengan sistem EFI yang dialami maka data kerusakan yang ditampilkan menjadi *Current State*. Untuk poin kata akan ditampilkan tabel 4.4 dibawah ini :

   Tabel 4.4 Perhitungan poin kesamaan kata dalam database

Kode	**Gejala Kerusakan**	**Poin**
P01	Mesin tidak bisa berputar atau tidak hidup	6 kata
P02	Mesin tidak terdapat pembakaran awal atau susah hidup	7 kata
P03	Mesin berputar normal tetapi sulit hidup	6 kata
P04	Mesin sulit hidup pada saat dingin	6 kata
P05	Mesin sulit hidup pada saat panas	6 kata
P06	Putaran *idle* atau stasioner mesin tinggi	5 kata
P07	Putaran *idle* atau stasioner mesin rendah	5 kata
P08	Mesin *Idling* atau stasioner kasar	4 kata
P09	Mesin *hunting* atau terasa pincang	4 kata
P10	Mesin *hesitation* atau akselerasi jelek kurang	5 kata
P11	Mesin *surging* atau terasa tersendat mrebet	5 kata
P12	Mesin mati segera setelah hidup	5 kata
P13	Mesin mati setelah AC hidup	5 kata

3. Kemudian kerusakan yang dipilih akan mengarah pada penyebab dan solusi perbaikan yang diberikan sistem pakar sebagai *goal state* sesuai tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Aturan atau *rule* dalam *goal state*

Kode	***Rule***
R1	IF P01 THEN S01→ S02→ S03→ S04→ S24
R2	IF P02 THEN S05 → S06 → S07→ S08→ S09→ S10→ S11→ S12→ S24
R3	IF P03 THEN S05→ S08→ S09→ S10→ S12→ S13→ S14→ S15→ S16→ S17→ S24
R4	IF P04 THEN S08→ S09→ S12→ S13→ S15→ S24
R5	IF P05 THEN S08→ S09→ S12→ S15→ S18→ S24
R6	IF P06 THEN S16→ S17→ S19→ S24
R7	IF P07 THEN S09→ S16→ S17→ S19→ S20→ S21→ S24
R8	IF P8 THEN S08→ S09→ S10→ S14→ S16→ S17→ S18→ S19→ S22→ S24
R9	IF P9 THEN S08→ S15→ S16→ S17 → S24
R10	IF P10 THEN S08→ S14→ S15→ S16→ S17→ S18→ S22→ S24
R11	IF P11 THEN S08→ S09→ S14→ S15→ S18→ S22→ S23→ S24
R12	IF P12 THEN S08→ S09→ S10→ S14→ S16→ S22→ S24
R13	IF P13 THEN S20→ S24

4. Evaluasi *Goal State*

Hasil gejala kerusakan pada mesin yang mengadopsi sistem EFI yang dipilih akan ditentukan penyebab atau area yang dicurigai sebagai penyebab masalah secara berurutan serta solusi yang perbaikan.

4.9. Contoh Studi Kasus

Proses pencarian penyebab kerusakan sistem EFI pada mesin Toyota dengan menuliskan aktual gejala kerusakan yang dialami, selanjutnya hasil pencarian kerusakan akan ditampilkan sesuai poin kata yang telah diinputkan dalam sistem pakar sesuai metode *simple hill climbing*. Kemudian sistem memberikan penyebab dan solusi perbaikan. Misalnya terdapat gejala kerusakan yang dicari oleh *user* yaitu mesin susah hidup :

1. Pada keadaan awal sistem akan memisahkan tiap kata untuk dihitung dalam *database* yang digunakan sebagai id_gejala seperti tabel 4.6 dibawah ini :

   Tabel 4.6 Data kata yang dipisahkan sesuai database.

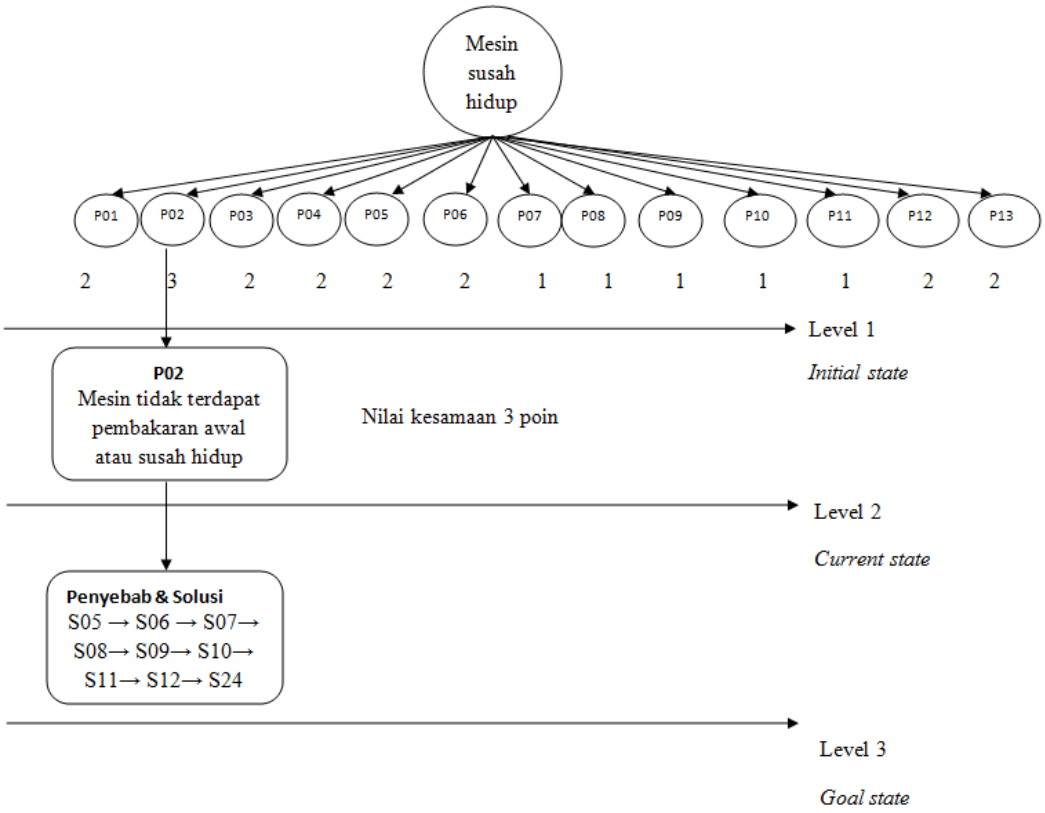
Kata	**Kode kerusakan**												
mesin	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13
Susah		P02											
Hidup	P01	P02	P03	P04	P05	P06						P12	P13

2. Langkah kedua dilakukan perhitungan jumlah id_gejala yang muncul pada tiap kata yang dicari dalam *database* seperti tabel 4.7 dibawah ini :

   Tabel 4.7 Data kata yang dipisahkan sesuai database.

Kode	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13
Jumlah	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2

3. Langkah ketiga setelah dilakukan perhitungan banyaknya id_gejala yang ditampilkan tiap kata, maka dilakukan perhitungan dengan mencari nilai yang terbesar atau terbaik dan ditampilkan data yang paling banyak keluar. Maka poin terbesar dengan pencarian maksimal yang ditampilkan yaitu kerusakan P02 (Mesin tidak terdapat pembakaran awal atau susah hidup).
4. Langkah keempat setelah kerusakan yang ditampilkan sesuai poin terbesar, maka akan ditampilkan rule R2 sebagai *goal state*.



Gambar 4.5 Penerapan metode Simple Hill Climbing pada studi kasus

Berikut ini akan dijelaskan proses alur metode *Simple Hill Climbing* yang terlihat pada gambar 4.5 yaitu :

1. Pada level 1 merupakan *initial state*, *Simple Hill Climbing* akan mengunjungi node kerusakan poin yang optimal sesuai gejala kerusakan yang dicari dan berhenti. Maka node kerusakan ini akan dieksplorasi ke level 2 menjadi beberapa kerusakan yang dicari.
2. Pada level 2 merupakan *current state*, *Simple Hill Climbing* tidak akan mengunjungi node lain, karena node kerusakan pada level ini merupakan nilai pilihan selanjutnya. Kemudian node ini akan dieksplorasi ke level 3 menjadi penyebab kerusakan yang dituju.
3. Pada level 3 merupakan *goal state*, *Simple Hill Climbing* langsung mengunjungi node penyebab kerusakan sampai menemukan solusi yang dituju. Node ini tidak dieksplorasi lagi untuk mengetahui solusi yang dicari, karena sudah tidak ada node yang memiliki nilai heuristik yang sama, sehingga sebenarnya node penyebab kerusakan di level 3 merupakan solusi dan tujuan.