

“Saya/Kami* akui bahawa telah membaca
Karya ini dan pada pandangan Saya/Kami* karya ini
Adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)

Tandatangan
Nama Penyelia
Tarikh

b/p
.....
Pn Rafidah Haran
18/5/09
.....

Tandatangan
Nama Penyelia
Tarikh

.....
~~Pn Rafidah Haran~~
.....

*Potong yang tidak berkenaan

**ANALISIS RISIKO DARIPADA SUDUT KUALITATIF DAN KUANTITATIF
TERHADAP NGV PADA KERETA KOMPAK**


MOHD TAHA BIN HANAFI

Laporan ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (automotif)

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA**

April 2009

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang
tiap- tiap satunya saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan : 

Nama Penulis : MOHD TAHA BIN HANAFI

Tarikh : 18/5/09

DEDIKASI

Untuk ayahanda dan bonda yang dirindui dan disayangi, kaum keluarga tercinta dan rakan – rakan seperjuangan.

PENGHARGAAN

Puji-pujian bagi Allah S.W.T., Tuhan semesta alam. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad s.a.w. Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurnianya, maka projek ini dapat disiapkan dalam tempoh yang telah ditetapkan.

Di sini, penulis ingin merakamkan jutaan terima kasih terutamanya kepada penyelia projek, Puan Rafidah Binti Hassan yang telah banyak memberi bimbingan, kerjasama serta teguran membina sepanjang tempoh projek ini dijalankan.

Tidak lupa juga, setinggi-tinggi penghargaan ditujukan kepada rakan – rakan yang sama-sama bersusah payah dalam membantu menyiapkan projek ini. Jutaan terima kasih juga diucapkan kepada sesiapa yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam membatu menyiapkan projek ini. Semoga Allah S.W.T. membalas segala jasa baik kalian semua.

ABSTRACT

This project paper is to study the risk analysis in qualitative and quantitative for NGV as compact car. This analysis includes the qualitative and quantitative method to determine the failure or hazard occurred due to the NGV system. By using risk analysis the failure or hazard can be prevented and the safety can be improved.

The methods that have been chosen for qualitative analysis is FMEA. This software will show severity, occurrence and the detection of the failure happen. The Event- Tree method is used for the quantitative analysis because the method outlines future probability for the event or failure to take place.

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan adalah untuk melakukan analisis risiko terhadap sistem NGV yang dipasang pada kereta kompak. Analisis ini dilakukan sebagai usaha menambahbaik sistem NGV yang digunakan pada hari ini. Analisis ini dilakukan melalui dua sudut iaitu secara kualitatif dan kuantitatif. Dengan adanya analisis ini, maka kegagalan dalam sistem dapat dikenalpasti dan seterusnya akan diperbaiki.

Dari sudut kualitatif, kaedah yang digunakan ialah kaedah FMEA. Dengan kaedah ini, segala kegagalan pada sistem dapat dikenal pasti dan tahap keselamatan sistem dapat dipertingkatkan kerana terdapatnya kaedah kawalan dan pencegahan.

Dari sudut kuantitatif pula, kaedah Event-Tree telah dipilih. Ini kerana kaedah ini dapat memberi nilai kebarangkalian sesuatu perkara yang akan berlaku. Dengan cara ini juga kita dapat mengetahui kebarangkalian kegagalan dan kerugian yang berlaku pada sistem NGV.

KANDUNGAN

| BAB | PERKARA | HALAMAN |
|--------|---|---------|
| | PENGAKUAN | ii |
| | DEDIKASI | iii |
| | PENGHARGAAN | iv |
| | <i>ABSTRACT</i> | v |
| | ABSTRAK | vi |
| | KANDUNGAN | ix,x |
| | SENARAI JADUAL | xi |
| | SENARAI RAJAH | xii |
| | SENARAI LAMPIRAN | xiii |
| | | |
| BAB I | Pengenalan | 1 |
| | 1.1 Pengenalan Tentang NGV | 1 |
| | 1.2 Masalah Kajian | 2 |
| | 1.3 Objektif Kajian | 2 |
| | 1.4 Skop Kajian | 3 |
| | 1.5 Rumusan | 3 |
| | | |
| BAB II | KAJIAN ILMIAH | 4 |
| | 2.1 Latar Belakang NGV terhadap kereta kompak | 4 |
| | 2.2 Proses Pembakaran NGV Pada Kenderaan Kompak | 4 |
| | 2.3 Tahap keselamatan sistem NGV | 6 |
| | 2.4 Analisis Risiko | 8 |
| | 2.4.1 Kajian Analisis Risiko | 8 |
| | 2.5 Kajian kualitatif dan kuantitatif | 10 |

| BAB | PERKARA | HALAMAN |
|----------------|---|---------|
| | 2.5.1 Analisis Kajian Kualitatif | 10 |
| | 2.5.2 Aplikasi analisis risiko kajian kualitatif | 10 |
| | 2.5.3 Ciri-ciri analisis risiko kajian kualitatif | 11 |
| | 2.5.4 Analisis kajian kuantitatif | 12 |
| | 2.5.5 Aplikasi analisis risiko kajian kuantitatif | 12 |
| | 2.5.6 Ciri-ciri analisis risiko kajian kuantitatif | 12 |
| | | |
| BAB III | KAEDAH KAJIAN | |
| | 3.1 Pemilihan kaedah ujikaji | 13 |
| | 3.2 Proses yang dijalankan pada setiap kaedah | 15 |
| | 3.2.1 Langkah Kerja untuk memperoleh data dari responden | 16 |
| | 3.3 Kaedah Untuk Kajian Kualitatif | 17 |
| | 3.3.1 Kaedah Mod Kegagalan dan Analisis Kesan (FMEA) | 17 |
| | 3.4 Penelitian <i>Severity, Occurence</i> dan <i>Detection</i> | 18 |
| | 3.4.1 <i>Severity</i> | 18 |
| | 3.4.2 <i>Occurence</i> | 19 |
| | 3.4.3 <i>Detection</i> | 20 |
| | 3.4.4 Penelitian tentang RPN (<i>Risk Priority Number</i>) | 21 |
| | 3.4.5 Perubahan nilai RPN dan peratus penurunan RPN | 21 |

| BAB | PERKARA | HALAMAN |
|--------|--|---------|
| 3.5 | Kaedah Untuk Kajian Kuantitatif | 22 |
| 3.5.1 | Kaedah <i>Event – Tree</i> | 22 |
| 3.5.2 | Perbezaan Antara Kajian dan Data Analisis Kualitatif dan Kuantitatif | 23 |
| | | |
| BAB IV | DATA UJIKAJI | |
| 4.1 | Pengenalan. | 25 |
| 4.2 | Penyusunan data | 26 |
| 4.3 | Bilangan pemilihan tahap oleh responden pada setiap soalan | 27 |
| 4.3.1 | Bahagian keselamatan | 27 |
| 4.3.2 | Bahagian Keselesaan | 28 |
| 4.3.3 | Kompenan | 29 |
| 4.4 | Kegagalan-kegagalan yang boleh berlaku pada sistem. | 33 |
| 4.4.1 | Bahagian Keselamatan | 33 |
| 4.4.2 | Bahagian keselesaan | 35 |
| 4.4.3 | Bahagian kompenan utama (tangki silinder, sistem paip, <i>mixer</i> dan <i>regulator</i>) | 36 |
| 4.5 | Data-data dianalisis dengan perisian FMEA | 39 |
| 4.5.1 | Nilai kebarangkalian untuk berlaku pada setiap kegagalan pada setiap bahagian | 41 |
| 4.5.2 | Data punca- mod kegagalan dengan peratusannya | 43 |

| BAB | PERKARA | HALAMAN |
|---------------|--|---------|
| 4.6 | Data-data dianalisis dengan perisian ETA (<i>Event Tree Analysis</i>) | 46 |
| | 4.6.1 Bahagian keselamatan. | 46 |
| | 4.6.2 Bahagian Keselesaian | 49 |
| | 4.6.3 Bahagian Kompenan utama | 50 |
| | | |
| BAB V | PERBINCANGAN | |
| 5.1 | Huraian kebarangkalian kegagalan pada sistem | 54 |
| | 5.1.1 Bahagian keselamatan | 55 |
| | 5.1.2 Bahagian Keselesaian | 55 |
| | 5.1.3 Bahagian Kompenan | 56 |
| 5.2 | Analisis melalui graf Rpn melawan kegagalan untuk setiap bahagian | 59 |
| | 5.2.1 Bahagian keselamatan | 59 |
| | 5.2.2 Bahagian Keselesaian | 59 |
| | 5.2.3 Bahagian Kompenan | 60 |
| 5.3 | Langkah-langkah pengawalan yang diteliti pada sistem. | 63 |
| | 5.3.1 Bahagian keselamatan | 63 |
| | 5.3.2 Bahagian Keselesaian | 63 |
| | 5.3.3 Bahagian Kompenan | 64 |
| | | |
| BAB VI | KESIMPULAN | |
| 6.1 | Cadangan | 67 |

| | |
|------------|----|
| Rujukan | 69 |
| Lampiran A | 70 |
| Lampiran B | 71 |
| Lampiran C | 72 |
| Lampiran D | 73 |
| Lampiran E | 74 |
| Lampiran F | 75 |

SENARAI JADUAL

| BIL | TAJUK | HALAMAN |
|------|---|---------|
| 3.1 | Penerangan tahap-tahap <i>severity</i> | 18 |
| 3.2 | Penerangan nilai-nilai <i>severity</i> | 19 |
| 3.3 | Penerangan tahap-tahap <i>occurence</i> | 20 |
| 3.4 | Penerangan tahap-tahap <i>Detection</i> | 20 |
| 3.5 | Jadual perbezaan di antara kajian kualitatif dan kuantitatif | 23 |
| 4.1 | Bilangan repondan pada mengikut bahagian | 26 |
| 4.2 | Bilangan respondan pada setiap tahap untuk bahagian keselamatan | 27 |
| 4.3 | Bilangan respondan pada setiap tahap untuk bahagian keselesaan | 28 |
| 4.4 | Bilangan respondan pada setiap tahap untuk bahagian tangki silinder | 29 |
| 4.5 | Bilangan respondan pada setiap tahap untuk bahagian sistem perpaipan | 30 |
| 4.6 | Bilangan respondan pada setiap tahap untuk bahagian <i>mixer</i> | 31 |
| 4.7 | Bilangan respondan pada setiap tahap untuk bahagian <i>regulator</i> | 32 |
| 4.9 | Jenis kegagalan dan kebarangkalian di bahagian keselamatan | 41 |
| 4.10 | Jenis kegagalan dan kebarangkalian di bahagian keselesaan | 41 |
| 4.11 | Jenis kegagalan dan kebarangkalian di bahagian tangki silinder | 42 |
| 4.12 | Jenis kegagalan dan kebarangkalian di bahagian sistem perpaipan | 42 |
| 4.13 | Jenis kegagalan dan kebarangkalian di bahagian <i>regulator</i> | 42 |
| 4.14 | Jenis kegagalan dan kebarangkalian di bahagian <i>regulator</i> | 43 |
| 4.15 | Punca-mod kegagalan di dalam unit peratus | 43 |
| 4.16 | Senarai kegagalan pada setiap bahagian | 44 |
| 4.17 | Senarai punca untuk setiap kegagalan yang berlaku | 45 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.18 | Kejadian untuk ETA bagi kegagalan jenis kebocoran | 47 |
| 4.19 | Kejadian untuk ETA bagi kegagalan jenis letupan | 48 |
| 4.20 | Punca kegagalan serta kebarangkalian bagi kegagalan dalam keselesaian | 49 |
| 4.21 | Punca kegagalan serta kebarangkalian bagi tangki silinder | 50 |
| 4.22 | Punca kegagalan serta kebarangkalian bagi sistem perpaipan | 51 |
| 4.23 | Punca kegagalan serta kebarangkalian bagi <i>mixer</i> | 52 |
| 4.23 | Punca kegagalan serta kebarangkalian bagi <i>regulator</i> | 53 |

SENARAI RAJAH

| BIL | TAJUK | HALAMAN |
|------------|---|----------------|
| 2.1 | Laluan bahanapi NGV dari Tangki ke Enjin | 8 |
| 2.2 | Gabungan antara tiga bahagian analisis risiko | 11 |
| 2.3 | Carta alir proses analisis risiko | 12 |
| 3.1 | Carta alir pemilihan kaedah ujikaji | 14 |
| 3.2 | Carta Alir Proses Ujikaji | 15 |
| 3.3 | Contoh jadual pengambilan data untuk kaedah FMEA | 17 |
| 3.4 | Contoh jadual kebenaran (<i>truth table</i>) pengambilan data untuk kaedah Event-Tree | 23 |
| 4.1 | Contoh letupan pada tangki silinder | 33 |
| 4.2 | Contoh kebocoran pada tangki silinder | 34 |
| 4.3 | Contoh tangki silinder yang meletup | 34 |
| 4.4 | Tangki silinder di dalam sebuah kereta kompak | 35 |
| 4.5 | Contoh tangki silinder yang berkarat | 36 |
| 4.6 | Kedudukan injap silinder | 36 |
| 4.7 | Sistem perpaipan NGV pada kenderaan | 37 |
| 4.8 | Kedudukan pegas di dalam <i>regulator</i> | 38 |
| 4.9 | Kebocoran <i>regulator</i> | 38 |
| 4.10 | Contoh bendasing di dalam <i>regulator</i> | 38 |
| 4.11 | Susunan label sistem NGV yang dianalisis dalam perisian FMEA | 39 |
| 4.12 | Contoh data-data yang dimasukkan ke dalam perisian FMEA | 39 |
| 4.13 | Susunan pengiraan RPN pada perisian FMEA | 40 |
| 4.14 | Contoh analisis ETA untuk kegagalan pada sistem pada setiap bahagian | 46 |

| | | |
|------|---|----|
| 5.1 | Graf kegagalan melawan kebarangkalian untuk bahagian keselamatan | 55 |
| 5.2 | Graf kegagalan melawan kebarangkalian untuk bahagian keselesaan | 55 |
| 5.3 | Graf kegagalan melawan kebarangkalian untuk kompenan tangki silinder | 56 |
| 5.4 | Graf kegagalan melawan kebarangkalian untuk kompenan sistem perpaipan | 57 |
| 5.5 | Graf kegagalan melawan kebarangkalian untuk kompenan <i>mixer</i> | 57 |
| 5.6 | Graf kegagalan melawan kebarangkalian untuk kompenan <i>regulator</i> | 58 |
| 5.7 | Graf Rpn melawan kegagalan untuk bahagian keselamatan | 59 |
| 5.8 | Graf Rpn melawan kegagalan untuk bahagian keselesaan | 60 |
| 5.9 | Graf Rpn melawan kegagalan untuk kompenan tangki silinder | 60 |
| 5.10 | Graf Rpn melawan kegagalan untuk kompenan sistem perpaipan | 61 |
| 5.11 | Graf Rpn melawan kegagalan untuk kompenan <i>mixer</i> | 61 |
| 5.12 | Graf Rpn melawan kegagalan untuk kompenan <i>regulator</i> | 62 |

SENARAI LAMPIRAN

| LAMPIRAN | TAJUK | HALAMAN |
|-----------------|---|----------------|
| Lampiran A | Contoh kaedah FMEA dengan menggunakan perisian | 70 |
| Lampiran B | Perancangan pelajar pada PSM 1 | 71 |
| Lampiran C | Perancangan pelajar pada PSM 2 | 72 |
| Lampiran D | Kadar peningkatan penggunaan NGV diseluruh dunia | 73 |
| Lampiran E | Joule-Thompson effect, pembekuan di dalam regulator | 74 |
| Lampiran F | Block and head deformation graph | 75 |

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

NGV adalah singkatan daripada kata penuh “*Natural Gas for Vehicle*” atau di dalam Bahasa Melayu membawa maksud kenderaan yang menggunakan gas asli yang digunakan untuk menghasilkan tenaga pada sesebuah kenderaa. Penggunaan NGV pada masa kini telah meliputi semua jenis kenderaan sama ada kenderaan berat, bas, atau kereta. (*Rujukan Internet, 5/5/05*).

Penggunaan sistem NGV pada kereta kompak boleh dikatakan agak meluas digunakan pada masa kini. Justeru itu kajian analisis risiko perlu dijalankan untuk meningkatkan lagi tahap keselamatan dan keselesaan sistem NGV yang digunakan. Dalam analisis risiko ini, segala kegagalan yang berlaku terhadap sistem NGV akan dikaji bagaimana dan apakah punca ia berlaku. Dengan cara ini kebarangkalian dan tahap risiko kegagalan pada sistem dapat dikenalpasti dan sekali gus terus meningkatkan tahap keselamatannya. Perisian yang digunakan dalam analisis risiko ini adalah perisian yang telah banyak digunakan dalam industri dalam meningkatkan kualiti dan tahap keselamatan produk mereka. Perisian yang digunakan ialah FMEA (*failure mode and effect analysis*) dan kaedah ETA (*event tree analysis*).

1.2 Masalah Kajian

Tujuan kajian ini dilakukan adalah untuk menganalisis secara kuantitatif dan kualitatif serta tatacara penggunaan dan pemasangan sistem ini pada kenderaan jenis kereta kompak. Kajian ini menerangkan siasatan tentang risiko-risiko yang berkemungkinan terjadi pada sistem NGV yang dipasangkan pada kenderaan jenis kereta kompak antaranya punca kebocoran tangki simpanan, paip saluran, serta letupan yang boleh menyebabkan kehilangan harta benda dan nyawa. Dengan cara ini juga, serba sedikit cadangan dan penambahbaikan dapat dijalankan pada sistem ini pada masa akan datang. Kajian ini juga mengandungi analisis tentang pengiraan kebarangkalian sesuatu bencana boleh berlaku samada melibatkan nyawa atau harta benda.

1.3 Objektif Kajian

Objektif untuk kajian risiko analisis NGV terhadap kereta kompak ini boleh dibahagikan kepada beberapa perkara, antaranya ialah;

- Menganalisis kajian kualitatif dan kuantitatif ke atas sistem NGV yang dipasang pada kereta kompak
- Mengkaji tentang ciri- ciri keselamatan pada sistem NGV yang dipasang pada kenderaan jenis kereta kompak.
- Mencadangkan beberapa peningkatan dan penambahbaikan pada sistem NGV ini.

1.4 Skop Kajian

Skop utama untuk kajian ini ialah melakukan analisis risiko terhadap penggunaan sistem NGV pada kereta kompak. Kajian ini meliputi tahap keselamatan dan keselesaan sistem NGV serta beberapa kompenan utamanya dalam menghadapi sebarang kemungkinan di sebabkan bencana atau kegagalan dalam menjalankan fungsinya. Keseluruhan kajian ini meliputi;

- Kajian terhadap analisis kualitatif dan kuantitatif kepada kenderaan jenis kereta kompak.
- Kajian difokuskan juga terhadap perbezaan antara kualitatif dan kuantitatif dari segi kaedah dan data yang diperolehi.
- Menggunakan kaedah-kaedah yang telah ada dalam analisis kuantitatif dan kualitatif (FMEA dan ETA (*Event Tree analysis*))
- Penggunaan perisian yang berkaitan dengan kajian kualitatif dan kuantitatif.

1.5 Rumusan

Secara keseluruhannya, kajian ini dapat membantu dalam meningkatkan tahap keselamatan sistem NGV pada masa akan datang. Sebagai pengguna juga, kita dapat mengetahui apakah tindakan-tindakan yang perlu diambil untuk mengelakkan sebarang kejadian yang tidak diingini berlaku pada sistem ini. Kajian ini juga dapat digunakan sebagai rujukan atau kajian lain pada masa akan datang.

BAB II

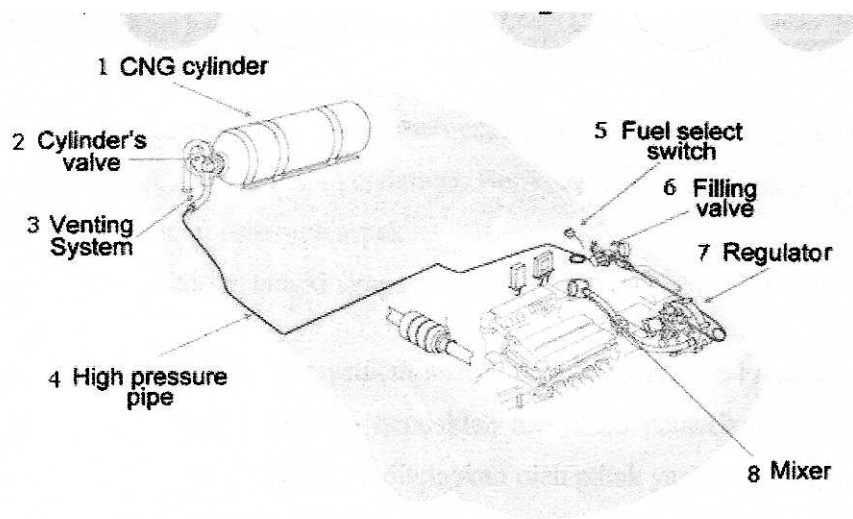
KAJIAN ILMIAH

2.1 Latar Belakang NGV terhadap kereta kompak

NGV ialah satu sistem pembekalan bahanapi pada sesebuah kenderaan dengan menggunakan gas. Gas yang digunakan untuk sistem ini ialah gas asli yang di ambil bersama-sama dengan proses cari gali petroleum. Sebatian hidrogen yang biasa terdapat di dalam gas asli ini sebahagian besarnya ialah metana diikuti dengan propana dan butana. NGV juga dipanggil dengan nama lain iaitu CNG (*compressed natural gas*), LNG (*Liquefied natural gas*) dan LPG (*Liquefied petroleum gas*).

2.2 Proses Pembakaran NGV Pada Kenderaan Kompak

Penggunaan sistem NGV pada kenderaan dalam proses pemerolehan kuasa adalah dengan menggunakan konsep mesin pembakaran dalam. Dalam proses pembakaran NGV yang optimum, peratus antara bahanapi NGV dan udara adalah 5%-15%, manakala petrol memerlukan 2.5%-7% isipadunya dalam udara untuk membakar. Ini menunjukkan pembakaran NGV mengandungi bahan api yang lebih berbanding udara. Disebabkan hal itu, kuasa yang dihasilkan oleh sistem NGV in kurang bebanding petrol. (*Rujukan internet, 20/9/2008, www.internal combustion - professional in NGV.htm*)



Rajah 2.1 – Laluan bahanapi NGV dari Tangki ke Enjin (rujukan internet, 15/9/2008, www.pro NGV - profesional in NGV. Hatm)

Rajah 2.1 menunjukkan aliran bahanapi NGV sebelum memasuki ruang pembakaran enjin. Berikut adalah penerangan mengenai aliran bahanapi ini;

- 1) Gas bahanapi NGV akan di alirkan ke sistem paip dengan pembukaan injap (*cylinder's valve*) pada tangki simpanan
- 2) Satu suis (*fuel selecter switch*) di ruangan pemandu akan diaktifkan untuk membolehkan gas bahanapi NGV menjadi sumber kepada enjin
- 3) Gas bahanapi NGV di perlukan untuk pembakaran, ia akan melalui satu injap khas (*shut-off valve / filling valve*), dan mengalir ke bahagian enjin melalui sistem paip betekanan tinggi
- 4) Gas bahanapi NGV akan memasuki satu pengatur (*regulator*), dimana tekanan akan dikurangkan dari 3,600 psi menghampiri tekanan atmosfera.
- 5) Injap gegelung (*solenoid valve*) akan membenarkan gas bahanapi NGV melepasi pengatur (*regulator*) dan masuk ke penyalur bahanapi (*fuel injector*), dan bahanapi akan dibekalkan ke ruang pembakaran enjin.

2.3 Tahap keselamatan sistem NGV

Sistem bahanapi NGV merupakan antara sistem yang selamat digunakan untuk menjana kuasa pada kenderaan. Berikut adalah tahap keselamatan yang boleh diketahui melalui beberapa aspek

a) Pemeriksaan tangki simpanan NGV

- Untuk memastikan sistem penyimpanan gas bahanapi NGV selamat, para pengguna hendaklah menjalani pemeriksaan dalam satu jangka masa yang telah ditetapkan oleh pihak yang bertanggungjawab.
- Pemeriksaan tangki simpanan ini bergantung kepada spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pembuat atau pengeluar tangki tersebut. Terdapat tangki simpanan yang memerlukan pemeriksaan setiap tiga tahun dan ada juga yang perlu diganti dengan tangki yang baru selepas lima tahun.

b) Sistem penyimpanan

- Sistem penyimpanan gas bahanapi NGV ini diperbuat dari bahan yang kukuh iaitu besi dan komposit. Tangki simpanan ini dapat menahan kesan hentakan dan kesan haba lebih baik berbanding tangki gasolin atau petrol. Selain itu, tangki simpanan ini juga di lengkapi dengan injap gegelung (*solenoid valve*), dimana ia akan menutup sistem penyaluran apabila berlaku pelanggaran atau hentakan.

c) Suhu nyalaan yang tinggi.

- Gas bahanapi ini mempunyai suhu nyalaan yang lebih tinggi berbanding gasolin dan petrol. Ini boleh mengurangkan kadar nyalaan yang tidak disengajakan.

d) Tidak berbau.

- Dalam keadaan asalnya, gas bahanapi ini tidak berbau, tidak berwarna, tidak mempunyai rasa. Satu bahan pembau (mercaptin) di tambahkan dalam kandungan gas untuk mengesan jika berlaku kebocoran dalam sistem

e) **Kadar pencemaran**

- Gas bahanapi ini tidak bertoksik, tidak menyebabkan pengaratan dan tidak memberi kesan pada tumbuhan atau haiwan jika berlaku sedikit kebocoran. Hasil pembakaran bahanapi ini juga kurang menghasilkan gas yang boleh mencemarkan alam sekitar.