

**PENGARUH PENAMBAHAN TRIPTAMIN SEBAGAI
ANTIOKSIDAN UNTUK *GASOLINE***

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains**



**Nur Mei Alfi Fajrin
3325130969**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

ABSTRAK

NUR MEI ALFI FAJRIN. Pengaruh Penambahan Triptamin Sebagai Antioksidan untuk *Gasoline*. DIBAWAH BIMBINGAN ZULMANELIS DAN YUSNIATI.

Gasoline merupakan produk *petroleum* yang umum dan banyak digunakan di seluruh dunia untuk bahan bakar kendaraan bermotor. Secara kimiawi terdiri dari senyawa hidrokarbon seperti *paraffin*, *naftalen*, *olefin* dan senyawa aromatik. Namun, kandungan *olefin* rentan berinteraksi dengan oksigen membentuk *gum* (A. Groysman, 2014). Pembentukan *gum* akan berdampak pada mengentalnya bahan bakar yang lama kelamaan akan menimbulkan kerak di karburator, *injector* serta *intake manifold* pada mesin kendaraan (Pereira dan Vanya, 2006). Oleh karena itu, upaya yang efektif untuk mencegah terbentuknya *gum* ialah mencegah peristiwa oksidasi dengan menambahkan antioksidan kedalam *gasoline*. Salah satu senyawa yang diduga memiliki aktivitas antioksidan dan cocok untuk *gasoline* ialah senyawa triptamin. Aktivitas antioksidan diketahui melalui uji periode induksi dan *gum*, sedangkan untuk mengetahui kualitas *gasoline* diuji sifat fisiknya melalui uji densitas, viskositas kinematik dan warna. Nilai induksi triptamin pada 500 ppm diperoleh 1300 menit dan *gum* sebesar 56.2667 g/50 mL, AO R dengan konsentrasi 30 ppm diperoleh nilai induksi 1458 menit dan *gum* sebesar 24.667 g/50 mL, serta PPD 27 ppm diperoleh nilai induksi selama 1669 menit dan *gum* sebesar pada 25.0667 g/50 mL. Oleh karena itu, diperoleh informasi bahwa aktivitas antioksidan triptamin pada *gasoline* diperoleh pada konsentrasi yang tinggi.

Kata Kunci: *Gasoline*, oksidasi pada *gasoline*, Antioksidan, Antioksidan berbasis Amina Aromatik, Stabilitas Antioksidan pada *gasoline*

ABSTRACT

NUR MEI ALFI FAJRIN. Effect Addition of Tryptamine as Antioxidant for Gasoline. THE GUIDED BY ZULMANELIS AND YUSNIATI.




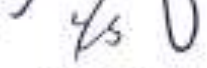
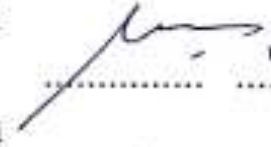

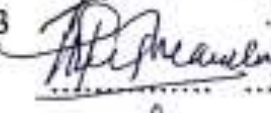
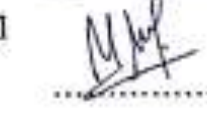
Gasoline is a common and widely used petroleum product worldwide for motor vehicle fuels. Chemically, comprises hydrocarbon compounds such as paraffin, naphthalene, olefins and aromatic compounds. However, the olefin is susceptible to interacting with oxygen to form gum (A. Groysman, 2014). The formation of gum will have an impact on the thickening of fuel that over time will cause crust in the carburetor, injector and intake manifold on the vehicle engine (Pereira and Vanya, 2006). Therefore, an effective effort to prevent gum formation is to prevent oxidation by adding antioxidants into gasoline. One of the compounds suspected of having antioxidant activity and suitable for gasoline is a triptamine compound. Antioxidant activity is known through induction period test and gum, while to know the quality of gasoline is tested its physical properties through density test, kinematic viscosity and color. The value of induction of triptamin at 500 ppm was 1300 minutes and gum of 56.2667 g / 50 mL, AO R with 30 ppm concentration obtained induction value 1458 minutes and gum of 24.667 g / 50 mL, and PPD 27 ppm obtained induction value for 1669 minutes and gum amounted to 25.0667 g / 50 mL. Therefore, it was found that the antioxidant activity of triptamin in gasoline was obtained at high concentrations.

Keywords: Gasoline, oxidation in gasoline, Antioxidant, Antioxidant based Aromatic Amine, Antioxidant Stability on gasoline.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN TRIPTAMIN SEBAGAI ANTIOKSIDAN UNTUK GASOLINE

Nama : Nur Mei Alfi Fajrin
No. Registrasi : 332513069

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Penanggung Jawab</u>			
Dekan	: <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si</u> NIP. 19671218 199303 1 005		21/08/2017
<u>Wakil Penanggung Jawab</u>			
Wakil Dekan I	: <u>Dr. Muktiningsih N., M.Si</u> NIP. 19640511 198903 2 001		21/08/2017
Ketua	: <u>Dr. Yusmaniar, M.Si</u> NIP. 19620626 199602 2 001		16-8-2017
Sekretaris	: <u>Drs. Zulhipri, M.Si</u> NIP. 19580703 198903 1 001		16-8-2017
Anggota			
Penguji	: <u>Drs. Sukro Muhab, M.Si</u> NIP. 19660417 199203 1 003		15/8/2017
Pembimbing I	: <u>Dra. Zulmanelis, M.Si</u> NIP. 19560501 198803 2 001		16-8-2017
Pembimbing II	: <u>Dra. Yusniati, M.Si</u> NRP. 725641		16-8-2017

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal: 4 Agustus 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Penambahan Triptamin Sebagai Antioksidan Untuk Gasoline”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Kimia Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 15 Agustus 2017

Yang Membuat Pernyataan



Nur Mei Alfi Fajrin

LEMBAR MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Rasullulah saw, bersabda “*Barangsiapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya diantara jalan menuju surga. Sesungguhnya malaikat meletakkan sayapnya sebagai tanda ridho pada penuntut ilmu. Sesungguhnya orang yang berilmu dimintai ampun oleh setiap penduduk langit dan bumi, sampai pun ikan yang berada didalam air. Sesungguhnya keutamaan orang yang berilmu dibanding ahli ibadah adalah seperti perbandingan bulan di malam badar dari bintang-bintang lainnya. Sesungguhnya ulama adalah pewaris Nabi. Sesungguhnya Nabi tidaklah mewariskan dinar dan tidak pula dirham. Barangsiapa yang mewariskan ilmu, maka sungguh ia telah mendapatkan keberuntungan yang besar*”. (HR. Abu Daud no.3641)

Jangan bosan mempelajari hal baru. Semakin kita mengetahui banyak hal, semakin kita menyadari kalau kita sebelumnya tidak tahu apa-apa. Oleh karena itu, jangan cepat berpuas diri, gali potensimu dengan mempelajari hal-hal baru.

Keberuntungan adalah hasil kerja keras, doa, dan sabar yang berlebih-lebih.

Meskipun aku tidak tahu apa yang terjadi di kemudian hari, aku akan selalu bersyukur dan bekerja keras.

Aku tidak akan melihat ke belakang. Satu-satunya yang akan aku lakukan ialah terus bergerak maju





Alhamdulillah...

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Tidak lupa shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi besar kita Muhammad SAW, beserta para keluarga, sahabat dan kerabatnya hingga akhir zaman. Alhamdulillah, Mei bersyukur bisa diberikan kesempatan untuk merasakan dunia perkuliahan dan bisa menyelesaikan karya perjuanganku. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku kedepannya nanti. Aaaaamiiiiin...

Kupersembahkan karyaku ini untuk:

Alm. Bapak dan Emak tercinta

Ya Rabb, Alhamdulillah atas segala karunia yang selalu engkau berikan dan menjadikanku anak dari kedua orang tua yang sangat hebat. Teruntuk kedua orang tua Mei, walau kita berada didunia yang berbeda bukan berarti kita tidak bisa melihat satu sama lain. Kuyakin bapak selalu ada, sama seperti emak yang selalu ada untuk mendoakan, menjaga, mendidik, dan mendukung setiap langkah Mei. Semoga suatu hari nanti Mei bisa menjadi anak yang sesuai dengan keinginan bapak dan emak. Mei akan belajar dengan sangat keras.

Dosen Pembimbing (Bu Zul dan Bu Yusniati), Dosen Penguji (Pak Zul, Pak Sukro dan Bu Yusmaniar), Seluruh Dosen Pengajar dan Staff Kimia UNJ
Saat ini, tiada kata yang bisa Mei ucapkan selain terima kasih yang selalu tulus dan ikhlas dalam meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan Mei selama menempuh ilmu di Kimia UNJ. Semoga Allah membalas semua kebaikan bapak dan ibu. Saya harap, diri ini mampu mengembangkan pengetahuan ini menjadi bermanfaat bagi banyak orang.



Kimia 2013

Rekan-rekan kimia yang selalu memberikan warna selama masa kuliah, dukungan, saling bantu, candaan, suka dan duka yang membuat kalian menjadi keluarga. Pecah telur yang selalu memberikan keceriaan dan banyak masukkan kepada diri ini. Terima kasih banyak.... Setiap waktu yang kulalui bersama kalian akan selalu teringat sebagai momen terindah dalam kehidupan Mei.

Sahabat Mei

Terima kasih untuk Sirius Girls yang selalu memberikan bantuan, dukungan dan senantiasa memberikan semangat kepada Mei. Partner penelitianku, Ayu yang selalu mengingatkan disaat diri ini selalu lupa, Nur yang selalu memberikan nasihat, Vera yang selalu membantu hal-hal kecil namun bermanfaat, Brill yang mau memberikan warna tersendiri. Terima kasih semangat dan saran dari kalian selalu memberikan Mei kekuatan.

Sahabat organisasi, Firda, Kak Hani, Kak Anwar, Kak Ojaya. Terima kasih karena selalu menjadi tempat curhatan Mei disaat sedih maupun bahagia.

Terima kasih karena kalian semua selalu ada dan hadir untuk memberikan dukungan dan semangat kepada mei disaat momen-momen tersebut, kuharap kita bisa menemukan jalan sukses masing-masing.

KPM UNJ

Pengurus KPM 2016 dan 2017 serta adik-adik KPM yang selalu memberikan dukungan dan dorongan kepada Mei. Terima kasih karena selalu memahami mengingatkan, menegur dan memotivasi.

Dan Alamaterku



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya maka karya ilmiah ini berhasil diselesaikan oleh penulis. Jenis penelitian yang dipilih adalah penelitian Sains yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2017 dengan judul “Pengaruh Penambahan Triptamin Sebagai Antioksidan Untuk *Gasoline*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada ibu Dra. Zulmanelis, M.Si dan ibu Dra. Yusniati, M.Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, pikiran, saran, serta dukungan dalam membimbing penulis. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi tepat pada waktunya. Terima kasih pula kepada Pembimbing Akademik ibu Prof.Dr. Erdawati, M.Sc yang telah membimbing penulis secara akademik selama kuliah di Program Studi Kimia UNJ. Di samping itu penghargaan penulis disampaikan ke Koordinator Program Studi Kimia yaitu ibu Dr. Yusmaniar M.Si selaku dosen pengampu Skripsi serta Ketua Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Jakarta yang selalu memberikan perhatian dan selalu memahami kekurangan diri penulis selama mengemban ilmu di Universitas Negeri Jakarta. Tidak lupa terima kasih penulis ucapkan kepada Nofianita Khoirunnisa S.Si serta kakak-kakak R&D Pertamina Pulogadung yang telah membantu serta meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan memberikan saran kepada penulis dalam melakukan penelitian skripsi ini.

Ungkapan terima kasih disampaikan kepada Ibu, Alm. Bapak, serta seluruh keluarga atas segala doa dan kasih sayangnya. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada teman-teman angkatan 2013 atas bantuan dan persahabatannya, serta pengurus KPM 2016 dan 2017, adik-adik KPM UNJ yang selalu memberikan dukungan dan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian dan skripsi ini. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Jakarta, 27 Juli 2017

Nur Mei Alfi Fajrin

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR ORIGINALITAS	iv
LEMBAR MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
A. <i>Gasoline</i>	4
B. Oksidasi pada <i>Gasoline</i>	6
C. Antioksidan	9
D. Antioksidan pada <i>Gasoline</i>	12
E. Antioksidan Berbasis Amina Aromatik	16
F. Syarat Antioksidan	17
G. Uji Stabilitas Antioksidan pada <i>Gasoline</i>	19
H. Sifat Fisik <i>Gasoline</i>	21
BAB III KAJIAN PUSTAKA	23
A. Tempat dan Waktu Penelitian	23
B. Metode Penelitian	23
1. Alat dan Bahan	23
2. Prosedur Penelitian	24
BAB IV KAJIAN PUSTAKA	30
A. Uji Pendahuluan	30
1. Uji Kompatibilitas dan Uji Warna	30
2. Uji Karakterisasi Sampel	32
B. Uji Stabilitas Oksidasi	40
1. Uji Periode Induksi	40
2. Uji <i>Gum</i>	42
C. Hasil Pengujian Sifat Fisik <i>Gasoline</i>	45
1. Densitas dan Viskositas Kinematik Setelah Penambahan Antioksidan	46
2. Warna Setelah Penambahan Antioksidan	48
D. Perubahan Komponen <i>Gasoline</i> Menggunakan Analisa FTIR	48
BAB V KESIMPULAN	52
A. Kesimpulan	52
B. Saran	52

DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Standar Sifat Fisik <i>Gasoline</i>	5
Tabel 2. Data uji kompatibilitas antioksidan dalam <i>gasoline</i>	30
Tabel 3. Senyawa-senyawa <i>olefin</i> yang ada didalam <i>gasoline</i>	33
Tabel 4. Data Hasil Uji <i>gum</i>	42
Tabel 5. Data Hasil Analisa Pengujian Karakteristik Fisika <i>Gasoline</i>	45
Tabel 6. Nilai Densitas Setelah Penambahan Antioksidan	64
Tabel 7. Nilai Warna <i>Gasoline</i> Setelah Penambahan Antioksidan.....	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Reaksi autooksidasi pada <i>gasoline</i>	6
Gambar 2. Reaksi polimerisasi oksidasi	7
Gambar 3. Struktur 1-heksana	8
Gambar 4. Pengaruh ion logam pada pembentukan <i>gum</i>	9
Gambar 5. Struktur Kimia BHT dan BHA.....	10
Gambar 6. Struktur kimia (a) Asam sitrat, (b) asam askorbat	11
Gambar 7. Mekanisme aksi antioksidan	12
Gambar 8. Contoh struktur kimia senyawa fenolik	14
Gambar 9. Struktur kimia dimetil sulfoksida.....	15
Gambar 10. Struktur kimia triptamin	16
Gambar 11. Struktur Kimia p-Fenilendiamin	17
Gambar 12. Reaksi oksidasi PPD	31
Gambar 13. Kromatogram Hasil Analisis GC <i>gasoline</i>	33
Gambar 14. Struktur kimia 2, 3,4-trimethyl-2-Pentene	35
Gambar 15. Hasil TGA Triptamin	36
Gambar 16. TGA antioksidan AO R.....	37
Gambar 17. TGA p-Fenilendiamin	38
Gambar 18. Pengaruh Konsentrasi Antioksidan terhadap Periode Induksi pada <i>Gasoline</i>	40
Gambar 19. Peningkatan Konsentrasi Antioksidan Triptamin	41
Gambar 20. Spektrum <i>gasoline</i> sebelum dan sesudah periode induksi	49
Gambar 21. Dekomposisi hidroperoksida.....	50
Gambar 22. Desain Penelitian.....	59
Gambar 23. Diagram Alir Uji Periode Induksi	60
Gambar 24. Diagram Alir Uji <i>Gum</i>	60
Gambar 25. Diagram Alir Uji Densitas	61
Gambar 26. Diagram alir uji viskositas kinematik.....	61
Gambar 27. <i>Gasoline</i> Yang Ditambahkan Antioksidan.....	66
Gambar 28. Hasil Uji <i>Gum Gasoline</i> Setelah Penambahan Antioksidan	66
Gambar 29. Hasil Uji Periode Induksi <i>Gasoline</i> Setelah Penambahan Antioksidan	67
Gambar 30. Rangkaian alat instrumen	67
Gambar 31. Rangkaian Alat Uji Periode Induksi.....	67
Gambar 32. Rangkaian Alat Uji <i>Gum (Air-Jet Evaporation)</i>	68
Gambar 33. Rangkaian Alat <i>Density Meter</i> Dan Neraca Analitik	68
Gambar 34. Viskositas dan <i>Saybolt Chromometer</i>	68

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Penelitian	59
Lampiran 2. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	60
Lampiran 3. Perhitungan Uji Gum Setelah Penambahan Antioksidan	62
Lampiran 4. Hasil Uji Densitas Setelah Penambahan Antioksidan	64
Lampiran 5. Perhitungan Nilai Viskositas Kinematik Setelah Penambahan Antioksidan	64
Lampiran 6. Hasil Uji Warna <i>Gasoline</i> Setelah Penambahan Antioksidan.....	66
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian	66

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gasoline merupakan produk *petroleum* yang umum dan banyak digunakan di seluruh dunia untuk bahan bakar kendaraan bermotor roda dua, tiga, dan empat. Seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna kendaraan bermotor maka kebutuhan *gasoline* juga meningkat. Hal ini sesuai dengan data Badan Fiskal tahun 2013 dan APBN tahun 2014 dimana volume konsumsi *gasoline* pada tahun 2009 sebanyak 20.88 juta KL, tahun 2010 23.04 juta KL, tahun 2011 sebanyak 24.54 juta KL, tahun 2012 sebanyak 27.3 juta KL, tahun 2013 sebanyak 29.28 juta KL, dan pada tahun 2014 sebanyak 32.3 juta KL (Lontoh dkk, 2014).

Gasoline memiliki sifat fisis yang berwujud cair dan berwarna cokelat pucat atau merah muda pucat (*Delaware Health and Social Service*, 2013). Secara kimiawi terdiri dari senyawa hidrokarbon seperti *paraffin*, *naftalen*, *olefin* dan senyawa aromatik. Namun, ikatan rangkap yang ada di *gasoline*, khususnya *olefin* dapat mengganggu kestabilan *gasoline* dan mempengaruhi kualitasnya karena *olefin* sangat rentan terhadap peristiwa oksidasi.

Kandungan *olefin* yang berinteraksi dengan oksigen dapat berpolimerisasi membentuk *gum* (A. Groysman, 2014). Pembentukan *gum* akan berdampak pada mengentalnya bahan bakar yang lama kelamaan akan menimbulkan kerak di karburator, *injector* serta *intake manifold* pada mesin kendaraan (Pereira dan Vanya. 2006). Hal ini menjadi masalah bukan hanya bagi pengguna kendaraan bermotor saja, melainkan juga distributor karena *gasoline* yang rentan mengalami pengentalan jika perilaku pendistribusiannya tidak tepat. Oleh karena itu, salah satu upaya yang efektif untuk mencegah terbentuknya *gum* sejak dini ialah dengan mencegah peristiwa oksidasi yaitu dengan menambahkan aditif antioksidan kedalam *gasoline*.

AO R sebagai antioksidan yang biasa digunakan pada bahan bakar di Indonesia berasal dari produsen antioksidan (impor). Apabila dibiarkan terus menerus, Indonesia selalu menjadi negara konsumen akibat adanya ketergantungan

pada distributor tertentu. Oleh karena itu, perlu adanya pengujian antioksidan baru untuk mengoptimalkan pemanfaatan antioksidan pada *gasoline*.

Salah satu senyawa yang diduga memiliki aktivitas antioksidan dan cocok untuk *gasoline* ialah senyawa triptamin. Beberapa penelitian terkait kemampuan triptamin sebagai inhibisi proses oksidasi sudah banyak dibuktikan diantaranya penelitian Monica S. *et al.* tahun (2010) yang membuktikan bahwa triptamin berperan sebagai zat antioksidan, pengujian aktivitas antioksidannya diujikan didalam sel *in vivo* makhluk hidup. Selain itu, kemampuan lain triptamin juga dibuktikan melalui penelitian yang dilakukan oleh G. Moretti *et al.* tahun (2004) dimana triptamin dapat mencegah proses oksidasi pada logam besi ARMCO sehingga dapat terhindar dari peristiwa korosi. Informasi mengenai kemampuan triptamin sebagai antioksidan didalam *gasoline* belum pernah diujikan.

Berdasarkan kajian diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan uji aktivitas triptamin sebagai antioksidan untuk *gasoline*. Parameter untuk mengetahui aktivitas antioksidan pada *gasoline* dengan melihat periode induksi serta kadar *gum* yang dihasilkan serta uji sifat fisik *gasoline*. Adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi apakah triptamin cocok diaplikasikan sebagai antioksidan untuk *gasoline*, pengaruh penambahan triptamin didalam *gasoline*, kadar triptamin yang paling optimum agar *gasoline* tetap stabil. Diharapkan adanya penelitian ini dapat mengurangi ketergantungan penggunaan antioksidan komersial di Indonesia, khususnya bagi industri minyak bumi.

B. Perumusan Masalah

Masalah yang dikaji dalam penelitian ini ialah “Bagaimana pengaruh penambahan triptamin sebagai antioksidan untuk *gasoline*?”.

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan triptamin sebagai antioksidan untuk *gasoline*.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini ialah memberikan informasi potensi pemanfaatan triptamin sebagai aditif antioksidan untuk *gasoline*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. *Gasoline*

Nama lain dari *gasoline* ialah *petrol* atau bensin. Ditinjau dari proses pengolahannya, *gasoline* berasal dari proses fraksinasi *petroleum* melalui proses distilasi bertingkat. Fraksinya terdiri dari hidrokarbon dengan atom karbon sebanyak C₄-C₁₂ dengan trayek titik didih 30 °C-200 °C (Pradelle *et al.*, 2015).

Gasoline terdiri dari berbagai campuran yang sangat kompleks sehingga tidak ada spesifikasi atau standar ASTM untuk komponen individual yang terkandung dalam *gasoline* (ATSDR, 1995). Hal ini dikarenakan perbedaan teknologi penyulingan, bahan baku *petroleum* berdasarkan asal geografisnya (Renewable Fuels Foundation, 2009). Namun, berdasarkan daerah perolehannya ternyata *gasoline* mengandung persentase hidrokarbon yang berbeda misalnya *gasoline* dari American Petroleum Institute [API] mengandung (%v/v) paraffin 49.3%, naftena sebanyak 5%, *olefin* sebanyak 1.8%, serta senyawa aromatik sebanyak 30.5%, dan benzena 3.2% (IARC, 1989 dalam ASTDR, 1995). Selain hidrokarbon, ditemukan komponen lain seperti sulfur, nitrogen, oksigen, halogen dan logam. Selain komposisi hidrokarbon, kualitas *gasoline* juga ditentukan oleh beberapa parameter diantaranya sifat-sifat fisik *gasoline*. Pada tabel 1 dicantumkan beberapa parameter sifat fisik dari *gasoline*.

Pemanfaatan *gasoline* sebagai bahan bakar dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan tingkat mutu yang ditentukan oleh nilai oktan. Nilai oktan menunjukkan kemampuan *gasoline* mencegah terjadinya ketukan pada proses pembakaran dalam *gasoline*. *Gasoline* di Indonesia sebagian besar dihasilkan oleh Pertamina yang menghasilkan produk khusus seperti premium, pertamax, pertamax plus, serta *pertalite* yang dibedakan berdasarkan bilangan oktannya. Jenis premium memiliki bilangan oktan 88, pertamax memiliki bilangan oktan 91-92, dan pertamax plus memiliki bilangan oktan 94-95. Saat ini juga dikembangkan *gasoline* jenis baru, yaitu *pertalite* dengan bilangan oktan sebesar 90 (Tempo.co, 2015).

Tabel 1. Standar Sifat Fisik *Gasoline*

Parameter	Nilai	Sumber
	0.750-0.850	Shell, 1999
Densitas (g/mL) @ 15 °C	0.715-0.770	Kementerian ESDM, 2013
	0.7-0.8	IARC, 1989 dalam ASTDR, 1995
Boiling temp. (°F)	80 – 437	www.afdc.doe.gov dalam Wiratmaja, 2010
Freezing Point (°F)	- 40	www.afdc.doe.gov dalam Wiratmaja, 2010
Flash Point (°F)	- 45	www.afdc.doe.gov dalam Wiratmaja, 2010
Auto Ignition Temp. (°F)	495	www.afdc.doe.gov dalam Wiratmaja, 2010
Viskositas Kinematik (mm ² /s atau cSt)	<1 @38°C 0, 5 - 0, 75 cSt 40°C	Shell, 1999 Annex II of EC regulation, 2006
Warna	Kuning Kuning, merah mudah cerah, cairannya cerah coklat pucat atau merah muda pucat	Kementerian ESDM, 2013 <i>Annex II of EC regulation</i> , 2006 <i>Delaware Health and Social Service</i> , 2013
Penampilan visual	Jernih dan terang	Kementerian ESDM, 2013

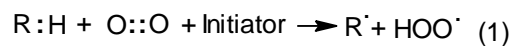
Kualitas *gasoline* yang baik ialah dengan sifatnya yang stabil yang berarti, tidak adanya perubahan komponen selama penyimpanan. Namun, ditinjau dari komponen *gasoline* terdapat komponen kimia yang rentan mengalami perubahan fisik, salah satunya *olefin*. Hal ini dikarenakan *olefin* selama waktu penyimpanan dapat bereaksi dengan mudah terhadap unsur-unsur lain melalui reaksi oksidasi. Proses oksidasi akan semakin cepat dengan adanya panas, cahaya dan oksigen

(Irianto *et al.*, 2002 dalam Khotimah, dkk. 2013). Perubahan yang terjadi pada *olefin* akan menurunkan kualitas bahan bakar.

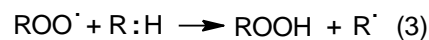
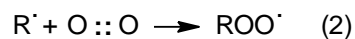
B. Oksidasi pada *Gasoline*

Proses oksidasi pada *gasoline* terjadi akibat *olefin* yang mengandung ikatan rangkap dua bereaksi sebagian atau seluruhnya dengan oksigen melalui mekanisme radikal yang diawali pembentukan radikal bebas atau autooksidasi (Pradelle *et al.*, 2015). Oksidasi dapat menghasilkan radikal bebas yang dapat memulai reaksi oksidasi berantai dalam bahan bakar (A. Groysman, 2014). Mekanisme reaksi terjadinya autooksidasi pada *gasoline* dapat dilihat pada gambar 1.

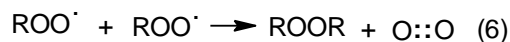
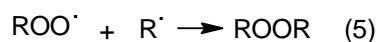
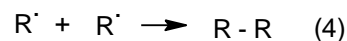
Inisiasi :



Propagasi :



Terminasi



Gambar 1. Reaksi autooksidasi pada *gasoline*
Sumber: M.S. Brewer (2014), Pradelle *et al.* (2015)

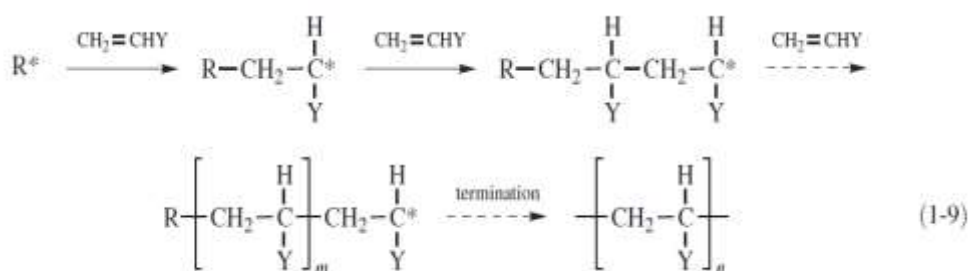
Keterangan:

R:H	: <i>olefin</i>
ROO'	: radikal peroksida
R'	: radikal alkil
ROOH	: hidroperoksida
ROOR	: peroksida

Tahap awal (inisiasi) dari oksidasi diawali dengan terjadinya kontak antara hidrokarbon tak jenuh atau *olefin* dan oksigen yang dipengaruhi oleh inisiator seperti panas, cahaya dan ion metal. Reaksi tersebut terjadi pada *olefin* tepatnya di

metilen yang berdekatan dengan ikatan rangkap $-C=C-$ (Buck, 1991 dalam Anggraini, 2007). Tahapan ini digambarkan oleh reaksi nomor 1 dimana atom (H') terpisah dari *olefin* (R:H) membentuk radikal alkil atau radikal bebas (R'). Tahap selanjutnya ialah tahap propagasi ditunjukkan oleh reaksi pada nomor 2 dan 3 dimana autooksidasi berawal ketika radikal bebas (R') hasil tahap inisiasi bereaksi dengan oksigen, untuk menghasilkan radikal peroksida bebas (ROO'). Radikal peroksida yang terbentuk akan bereaksi dengan ion hidrogen dari molekul *olefin* membentuk hidroperoksida (ROOH) dan molekul radikal baru (R1'). Reaksi ini dikenal dengan *selfperpetuating* (C.J. Pedersen, 1956). Reaksi autooksidasi tersebut akan berulang sehingga disebut reaksi berantai. Tahapan oksidasi berakhir jika oksidasi hidrokarbon berupa komponen radikal bebas akan mengalami kontak dengan sesama komponen radikal bebas dan membentuk produk yang tidak aktif. Tahapan ini dikenal dengan tahap terminasi yang ditunjukkan pada reaksi nomor 4, 5, atau 6 (Pradelle *et al.* (2015), dan Anggraini (2007)). Hasil reaksi ini akan menghasilkan hidroperoksida (ROOH) dan peroksida (ROOR).

Radikal yang terbentuk pada reaksi oksidasi akan bereaksi dengan *olefin* lain yang membentuk *gum* melalui reaksi polimerisasi. *Gum* merupakan bahan resin, polimerisasi, non-volatil dengan massa molar tinggi (A. Groysman, 2014). Gambar 2 menunjukkan reaksi polimerisasi.



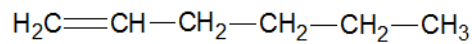
Gambar 2. Reaksi polimerisasi oksidasi

Pembentukan *gum* pada *gasoline* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

1. Kehadiran Hidrokarbon Tak Jenuh

Olefin merupakan hidrokarbon tak jenuh yakni adanya ikatan rangkap. Senyawa *olefin* sebenarnya tidak ada didalam *petroleum*, kehadirannya akibat

proses perengkahan katalik selama proses pengolahan *petroleum* (ICCT, 2011). Sehingga komposisi *olefin* sebanyak 2-5% alkena, 1-4% sikloalkena (IARC, 1989 dalam ASTDR, 1995). Gambar 3 memperlihatkan struktur dari contoh senyawa *olefin*.



Gambar 3. Struktur 1-heksana
Sumber: ICCT, 2011

Hidrogen dari alilik dan alilik ganda pada posisi rantai alkil tak jenuh dan tak jenuh ganda sangat mudah mengalami oksidasi, khususnya cahaya (Zuleta *et al.*, 2012). *Olefin* dan *diolefin* berkontribusi pada pembentukan *gum* di mesin kendaraan tepatnya di injeksi bahan bakar dan sistem intake deposit (Renewable Fuels Foundation, 2009).

2. Kondisi Penyimpanan

Kondisi penyimpanan sampel menjadi salah satu faktor kehadiran *gum* seperti kondisi penyimpanan yang tertutup atau terbuka, suhu penyimpanan sampel. *Gasoline* yang disimpan dalam keadaan terbuka memungkinkan adanya pengaruh dari oksigen di udara, serta cahaya matahari. Peristiwa ini dibuktikan melalui pengujian *biodiesel* yang disimpan selama 30 bulan dengan perlakuan penyimpanan terkena dan tidak terkena cahaya serta udara. Hasilnya menunjukkan bahwa semua sampel mengalami oksidasi. Namun, sampel yang disimpan dalam kondisi terbuka (terkena cahaya dan udara) mengalami kenaikan nilai peroksida setiap harinya. Sedangkan, sampel yang disimpan di tempat gelap (segel) juga terjadi peningkatan nilai peroksida, tapi tidak sebesar sampel yang terkena cahaya dan udara (Zuleta *et al.*, 2012). Berdasarkan penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa cahaya dan udara beresiko meningkatkan pembentukan *gum*.

3. Ion Logam

Ion logam menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi terbentuknya *gum* dengan cara menginisiasi hidroperoksida menjadi radikal alkoksi

(L.Ackermann, 1968). Mesin pembakar internal kendaraan menjadi sumber adanya ion logam (Ashour, 1980 dalam H. M. Hassan *et al.*, 2011). Gambar 4 menunjukkan mekanisme reaksi yang terjadi.



Gambar 4. Pengaruh ion logam pada pembentukan *gum*
Sumber: (L.Ackermann, 1968).

Tembaga merupakan logam yang paling efektif dalam mengkatalisis produk oksidasi (hidroperoksida maupun peroksida) menjadi radikal. Selain tembaga, ion logam kobalt, mangan, besi, nikel, kromium merupakan ion logam yang dapat mempercepat terjadinya pembentukan senyawa radikal (L.Ackermann, 1968).

Apabila faktor-faktor tersebut ada, maka proses oksidasi tidak dapat dihindari, sehingga *gum* akan terbentuk dengan cepat. Hal terburuk jika *gum* yang terbentuk semakin banyak ialah mesin kendaraan bisa mati akibat tersumbatnya filter bahan bakar atau sistem injeksi bahan bakar (Freedonia Group, 2012). Hal ini menjadi masalah bukan hanya bagi pengguna kendaraan bermotor saja, melainkan juga distributor yang rentan mengalami pengentalan *gasoline* jika perilaku pendistribusiannya tidak tepat. Oleh karena itu, salah satu upaya yang efektif untuk mencegah terbentuknya *gum* ialah dengan menambahkan aditif antioksidan kedalam *gasoline*.

C. Antioksidan

Antioksidan merupakan inhibitor reaksi oksidasi. Secara kimiawi, antioksidan merupakan senyawa pemberi electron sedangkan secara biologi, antioksidan ialah senyawa yang menghambat oksidan (Kesuma dan Rina, 2015). Antioksidan dibedakan menjadi beberapa golongan yang didasarkan pada sumber dan mekanisme kerjanya.

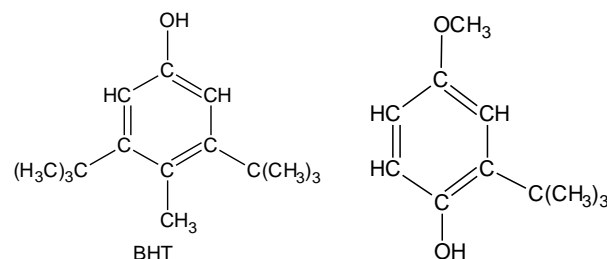
Berdasarkan sumbernya antioksidan dibedakan menjadi dua macam, yaitu antioksidan alami dan buatan atau sintetis. Antioksidan alami berasal dari alam

yaitu tumbuhan. Contoh senyawa antioksidan alami seperti senyawa fenolik atau polifenolik yang dapat berupa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol dan asam-asam organik polifungsional (Indrayana, 2008). Senyawa bahan alam yang sudah terbukti kemampuan antioksidannya dalam *gasoline* ialah kulit kacang mete (*Anacardium occidentale L.*) karena mengandung senyawa fenolik (O.D. Adeniyi *et al.*, 2015). Sedangkan antioksidan sintetik merupakan antioksidan yang disintesis secara kimiawi, seperti *paraphenylenediamines* yang sudah digunakan sebagai antioksidan untuk *gasoline*.

Berdasarkan mekanisme kerjanya, antioksidan dapat digolongkan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Antioksidan Primer

Antioksidan primer dikenal sebagai pemulung radikal. Antioksidan primer merupakan zat atau senyawa yang dapat menghentikan reaksi berantai pembentukan radikal bebas dengan melepaskan hidrogen. Contoh antioksidan ini ialah BHT (*butylated hydroxy toluene*), BHA (*butylated hydroxy anisole*). Struktur kimia BHT dan BHA dapat dilihat pada gambar 5.

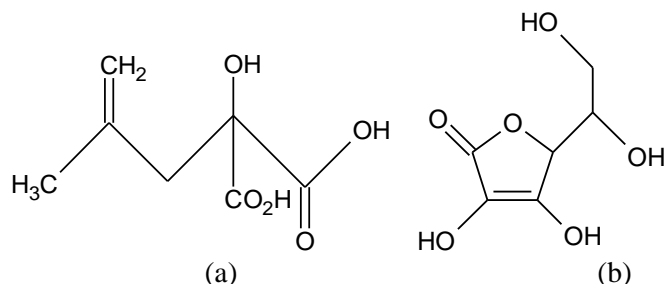


Gambar 5. Struktur Kimia BHT dan BHA

Antioksidan primer bekerja dengan menyumbangkan satu atau lebih elektron atom hidrogen yang bereaksi dengan radikal alkil dan/atau alkil peroksi radikal (R^{\bullet} , ROO^{\bullet}). Antioksidan primer mengubahnya menjadi radikal yang lebih stabil, dimana radikal alkil menjadi hidrokarbon, dan alkil peroksi radikal menjadi alkil hidroperoksida. Sementara turunan radikal antioksidan (A^{\bullet}) tersebut memiliki keadaan lebih stabil dibanding radikal lipida (Anggraini, 2007).

2. Antioksidan Sekunder

Antioksidan sekunder bekerja dengan menangkap senyawa radikal sehingga tidak akan terjadi reaksi berantai seperti dengan menggunakan kelator logam dan penangkap oksigen. Senyawa pengkelat logam akan membentuk ikatan-ikatan σ dengan logam, sifatnya efektif sebagai antioksidan sekunder karena hanya senyawa ini yang mampu menurunkan potensial redoks. Sehingga akan menstabilkan bentuk teroksidasi dari ion-ion logam. Asam sitrat, EDTA dan turunan asam fosfat adalah senyawa-senyawa pengkelat ion-ion logam (Kesuma dan Rina, 2015). Struktur kimia dari asam sitrat ditunjukkan pada gambar 6a. Sedangkan penangkap oksigen yaitu senyawa-senyawa yang berperan sebagai pengikat oksigen sehingga tidak mendukung terjadinya reaksi oksidasi. Asam Askorbat (Vitamin C) merupakan antioksidan sekunder yang bekerja dengan menangkap oksigen. Struktur kimia dari asam askorbat ditunjukkan pada gambar 6b.



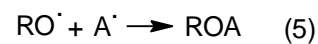
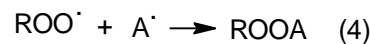
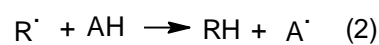
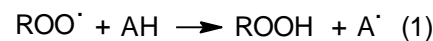
Gambar 6. Struktur kimia (a) Asam sitrat, (b) asam askorbat

3. Antioksidan Tersier

Antioksidan ini bekerja dengan memperbaiki kerusakan biomolekul (membran jaringan) yang disebabkan radikal bebas. Biomolekul yang rusak akibat reaktivitas radikal bebas diperbaiki dengan menggunakan enzim-enzim sehingga dapat mencegah terbentuknya radikal bebas. Contoh antioksidan tersier seperti enzim *Glutathione peroxidase* dan *peroxiredoin* dengan mengurangi peroksida asam lemak menjadi alkohol. Enzim bekerja dengan cara penempelan dengan membran lipid (fosfolipid) yang teroksidasi lalu mengalami lokalisasi menuju sel epitel gastrointestinal yang berfungsi untuk mengurangi peroksida (Birben *et al.*, 2012).

D. Antioksidan pada *Gasoline*

Antioksidan pada dunia industri minyak bumi digunakan sebagai *stabilizer* bahan bakar untuk melestarikan produk selama penyimpanan, yakni memungkinkan bahan bakar disimpan untuk waktu yang cukup lama. *Gum* yang terbentuk pada *gasoline* dapat dicegah sejak dini, karena antioksidan bekerja dengan mencegah peristiwa oksidasi. Mekanisme penghambatan oksidasi oleh antioksidan diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. Mekanisme aksi antioksidan

Sumber: (Mostafa dan Seid, 2013)

Keterangan: AH	: antioksidan
A [·]	: radikal antioksidan
RO [·]	: radikal alkoksil

Mekanisme penghambatan oksidasi ditunjukkan pada reaksi nomor 1, 2, dan 3 dimana antioksidan (A:H) menghambat reaksi berantai dengan menyumbangkan atom hidrogen (H) dan menghasilkan radikal (A[·]). Antioksidan yang menjadi radikal bebas (A[·]) akan membentuk peroksi-antioksidan senyawa yang stabil (ROOA), ditunjukkan oleh reaksi nomor 4 (M.S. Brewer, 2011). Kemampuan antioksidan dalam menghambat radikal bebas menjadikannya sebagai salah satu metode yang paling bijaksana dan menjadi potensi satu-satunya metode yang mungkin untuk meningkatkan stabilitas kimia campuran hidrokarbon.

Akan tetapi, efektivitas antioksidan dalam mencegah oksidasi dapat terganggu apabila dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya (Gazzani *et al.*, 1998 dalam Mostafa dan Seid, 2013).

1. Konsentrasi Antioksidan

Penambahan konsentrasi antioksidan akan mempengaruhi kualitas dan kinerja *gasoline*. Hal ini sesuai dengan hasil uji dari penambahan antioksidan didalam *biodiesel* dari minyak kedelai. Pengujian dilakukan dengan menggunakan BHA, BHT dan TBHQ dengan konsentrasi antara 200-8000 ppm. Hasil uji menunjukkan nilai induksi meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi penambahan BHT dan TBHQ. Aktivitas berbeda ditunjukkan oleh BHA yang naik hingga 1500 ppm, dan menurun pada konsentrasi 2000 ppm (Domingos *et al.*, 2007).

2. Kehadiran Logam

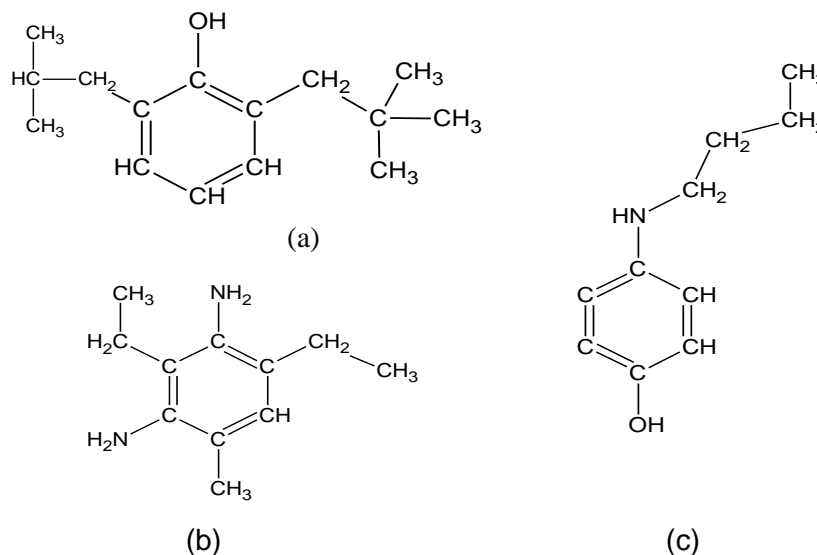
Aktivitas antioksidan akan menurun dengan kehadiran logam transisi seperti nikel, kobalt, titanium dan mangan [Knothe, G. (2003); Brossia, C. *et al.* (1995), Hansen, A. *et al.* (2005) dalam Zuleta *et al.*, 2012]. Logam dapat menjadi salah satu senyawa pro-oksidan dengan mengoksidasi substrat, sehingga menghasilkan radikal baru. Peningkatan jumlah kadar radikal bebas menyebabkan aktivitas antioksidan menjadi kurang efisien dalam menetralkan radikal bebas.

3. Suhu

Antioksidan harus efektif setidaknya 1 tahun pada suhu antara 25°C dan 30°C; harus stabil terhadap panas pengolahan dan melindungi produk jadi (Coppen, 1989 dalam Mostafa dan Seid, 2013). Sebagai contoh, pada makanan yang lembab akibat pengaruh oksigen di udara dan suhu yang tinggi akan menyebabkan berbagai perubahan reaksi kimia dan hilangnya antioksidan yang terkandung didalam makanan tersebut. Perubahan reaksi kimia yang terjadi seperti antioksidan yang menguap, oksidasi antioksidan seperti pada senyawa fenolik, serta penurunan aktivitas antioksidan menjadi pro-oksidatif akibat bereaksi dengan material yang digoreng dan polimerisasi (Pokorny *et al.* 2000 dalam Mostafa dan Seid, 2013).

4. Jenis Antioksidan *Gasoline*

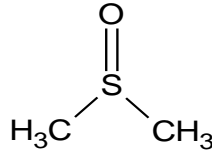
Golongan antioksidan yang paling umum digunakan sebagai antioksidan untuk menekan kerusakan bahan bakar ialah antioksidan primer dan antioksidan sekunder (Venkatadri *et al.*, 1996). Antioksidan primer umumnya mengandung senyawa fenolik dan amina aromatik, serta amino-fenol (Schultz, 1962 dalam Anggraini, 2007). Contoh senyawa fenolik yang sudah diaplikasikan sebagai antioksidan pada bahan bakar seperti *P-alkylenes hindered phenols*, *2-t-butylphenol*, *2,6-di-t-butylphenol*, *trialkyl-tris (3,5-dialkyl-4 hydroxybenzyl)*. Pada amina aromatik seperti *3,5-diethyltoluene-2,4-diamine*, *4-vinylpyridine*, *2-ethylexylmethacrylate-dimethylaminoethyl methacrylate copolymer*, *N-aminopropyl-N-phenylenediamine ethylene-propylene-hexadiene copolymer*, *N-(2-aminoethyl) piperazine* (Gupta *et al.*, 2008). Contoh antioksidan yang mengandung gugus fenolat dan amino seperti *N-butyl-p-amino-phenol*, *N-sikloheksil-p-amino phenol*. Struktur kimia dari contoh antioksidan primer dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Contoh struktur kimia senyawa fenolik (a) 2,6-di-t-butylphenol (Sigma Aldrich, 2017); (b) 3,5-DIETHYLTOLUENE-2,4-DIAMINE (Chemicalbook, 2016); (c) N-butyl-p-amino-phenol (NCBI dalam pubchem.ncbi.nlm.nih.gov)

Sedangkan, antioksidan sekunder umumnya senyawa yang mengandung belerang, fosfit. Berikut ini contoh antioksidan sekunder

seperti tioester, asam ester tiodipropionat, dimetil sulfoksida. Gambar 9 memperlihatkan struktur dari contoh senyawa antioksidan sekunder.



Gambar 9. Struktur kimia dimetil sulfoksida
Sumber: Merck, 2017

Kemampuan antioksidan sekunder sudah terbukti seperti senyawa sulfoksida jenuh dapat mengurangi *fouling* pada *heat exchanger* [US. Pat. No. 4,469,586 dalam Venkatadri *et al.*, 1996]. Namun, antioksidan jenis ini tidak dapat digunakan pada *gasoline*. Hal ini berkaitan dengan dampak penggunaannya terhadap lingkungan dan mesin kendaraan bermotor. Fosfit tidak boleh ada didalam produk *gasoline*, karena akan menyebabkan penurunan aktivitas reaktor katalis (Venkatadri *et al.*, 1996). Sedangkan senyawa belerang juga berperan dalam pembentukan *gum* (L.Ackermann, 1968).

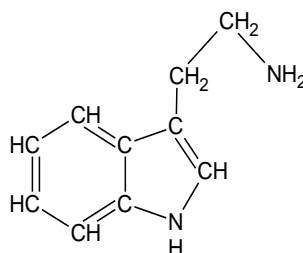
Berdasarkan kajian diatas diketahui bahwa senyawa yang sudah teruji dan paling banyak digunakan untuk menekan kerusakan bahan bakar (*gasoline*) berasal dari golongan antioksidan primer [T.Vasileva *et al.* (2008); Yu. Masai *et al.* (1991); R.A. El-Adly *et al.* (2004) dalam R.M.Fikri, 2013]. Dari berbagai jenis antioksidan primer, penggunaan senyawa amina aromatik disarankan pada bahan bakar dengan kadar *olefin* tinggi seperti *gasoline* (Freedonia Group, 2012 dan Ratnagiri Chemical PVT). Amina aromatik disarankan untuk bahan bakar dengan kadar *olefin* tinggi seperti *gasoline*, antioksidan ini lebih efisien karena hanya membutuhkan 5-20 ppm, berbeda dengan senyawa alkil fenol dengan penambahan hingga 100 ppm (Freedonia Group, 2012). Dari ketiga jenis antioksidan primer, *gasoline* lebih cocok dengan senyawa amina aromatik.

E. Antioksidan Berbasis Amina Aromatik

1. Triptamin

Triptamin ialah senyawa monoamina penting secara biologis berasal dari dekarboksilasi triptofan oleh aksi enzim dekarboksilase (Marcos A. *et al.*, 2015). Triptamin berperan dalam membangun struktur protein serta prekursor untuk neurotransmitter dan neurohormon. Triptamin dalam jumlah sedikit dapat ditemukan pada tanaman, jamur, hewan dan otak mamalia yang berperan sebagai neurotransmitter (Jones, 1982 dalam Marcos A. *et.al.*, 2015).

Triptamin memiliki nama lain ialah *indole, 3-(2-aminoethyl)-*, *"(amino-2 ethyl)-3-indole"*, *3-(2-aminoethyl)indole*, *1H-indole-3-ethanamine*, *indol-3-ethylamine*, *2-(3-indolyl)ethylamine* (Santa Cru Biotechnology, Inc. 2011). Gambar 10 menunjukkan struktur dari triptamin.



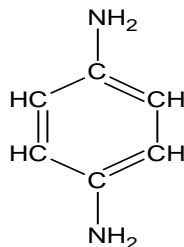
Gambar 10. Struktur kimia triptamin
Sumber: Sigma Aldrich, 2016

Berdasarkan strukturnya, triptamin mengandung rantai samping etil amino yang terikat pada posisi ke-3 cincin indol (Marcos A. *et al.*, 2015). Rumus molekulnya yaitu $C_{10}H_{12}N_2$ dengan berat molekul sebesar 160, 21568 g/mol. Triptamin berwujud bubuk kristal yang berwarna putih.

2. P-Fenilendiamin

Senyawa p-Fenilendiamin (PPD) merupakan contoh senyawa aromatik (L.M. Pot *et al.*, 2013) yang berasal dari turunan benzena. Wujudnya berupa padatan kristal dengan warna putih sampai sedikit merah (NJDHSS, 1999). Nama lain dari senyawa ini ialah 1,4-Benzenadiamina, 1,4-Diaminobenzena, 4-Aminoanilin, fenilendiamin, p-diaminobenzena (T.R.U.E. TEST, 2014). Rumus kimia dari p-Fenilendiamin ialah $C_6H_8N_2$

dengan berat molekul sebesar 108.15 g/mol. Berikut ini struktur kimia dari senyawa p-Fenilendiamin yang ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Struktur Kimia p-Fenilendiamin
Sumber: Axel dan Fischer, 2015

Pemanfaatan senyawa p-Fenilendiamin digunakan untuk pewarna tekstil dan bulu; pewarna rambut; dalam pengembangan fotografi; dan sebagai intermediet dalam pembuatan karet; antioksidan *gasoline*; akselerator vulkanisasi di industri karet dan plastik; tinta; pewarna henna [NJDHSS (1999); T.R.U.E. TEST (2014); Axel dan Fischer (2015)].

Kajian mengenai pemanfaatan p-Fenilendiamin sebagai antioksidan didalam *gasoline* sudah banyak diteliti. Penelitian yang dilakukan oleh Dantas *et al.* tahun 2003 menguji antioksidan dari kulit kacang buah mede untuk stabilisasi *gasoline*, p-Fenilendiamin dijadikan antioksidan standar. Nixon *et al.* (1956); C. M. BARRINGER (1955) memanfaatkan p-Fenilendiamin sebagai antioksidan untuk *gasoline*. Manfaat lainnya ialah stabilisator pelumas [Ensiklopedia Kirk-Othmer Teknologi Kimia, Vol. 3, hal. 437, edisi ke-3 dalam Venkatadri *et al.*, 1996].

F. Syarat Antioksidan Pada *Gasoline*

Pemilihan antioksidan pada bahan bakar harus memenuhi beberapa syarat diantaranya sifat kecocokannya didalam *gasoline*. Sifat tersebut dapat diujikan melalui uji kompatibilitas, selain sifat kecocokannya perlu diujikan sifat dasar antioksidan, *gasoline* serta interaksi yang terjadi antara keduanya jika direaksikan melalui uji warna.

1. Uji Kompatibilitas dan Warna

Pada uji kompatibilitas untuk mengetahui kompatibelnya antioksidan didalam *gasoline*. Warna adalah indikator pertama yang dipakai pada

pengujian untuk memprediksi apakah reaksi kimia berlangsung atau tidak. Selain uji kompatibilitas dan warna, pengujian komponen sampel baik antioksidan dan *gasoline* perlu diketahui dengan menggunakan analisa FTIR, GC-MS, dan TGA.

2. Karakterisasi Sampel

a. Analisa FTIR

Analisa IR digunakan untuk mengidentifikasi struktur dan perubahan kimia yang terjadi didalam suatu sampel. Sampel yang diuji dapat berwujud cairan dan padatan. Semua senyawa organik maupun anorganik dapat dianalisa menggunakan IR. Hal ini dikarenakan ikatan kovalen pada kedua senyawa tersebut dapat menyerap energi (absorpsi) radiasi gelombang elektromagnetik di wilayah inframerah dari spektrum elektromagnetik [Mufidah (2014) dan Anam (2007)]. Hasil analisa IR berupa intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) [Marcott (1986), Anam (2007) dalam Silviyah, dkk. (2015)].

Pada sampel *gasoline* sebelum dan setelah dioksidasi diujikan dengan IR untuk menganalisa perubahan komponen yang terjadi. Sampel sebelum dioksidasi ialah *gasoline* (kontrol, non AO) dan *gasoline* yang ditambahkan triptamin, sedangkan sampel setelah dioksidasi merupakan hasil penambahan triptamin didalam *gasoline*. Hasil analisa spektrum dapat diketahui komponen apa dari sampel yang masih ada, hilang, atau meramalkan produk baru.

b. Analisa GC-MS

Analisa GC-MS ialah metode yang menggabungkan kromatografi gas (GC) dan spektrometri massa (MS) untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda dalam analisis sampel. Prinsip dasar GC ialah memisahkan dan mendeteksi banyaknya komponen yang hadir didalam sampel dimana hasil pemisahannya berupa kromatogram. Sedangkan MS yang menentukan

sifat dan struktur kimianya melalui spektrum massa (Stashenko dan Martinez, 2014).

GC-MS digunakan untuk mengetahui komponen yang terdapat didalam *gasoline*, khususnya *olefin*. Hasil kromatogram *gasoline* dibandingkan dengan spektrum pada *library* MS sehingga dapat diketahui bobot molekulnya (Skoog *et al.*, 2004 dalam Setiaji, 2014). Selain informasi komponen apa saja yang terdapat didalam *gasoline*, juga diperoleh banyaknya (persentase) *olefin* yang hadir didalam *gasoline*. Sehingga dapat memprediksikan apakah *gasoline* rentan atau tidaknya mengalami oksidasi.

c. Analisa TGA

Analisa termogravimetrik (TGA) digunakan untuk mengukur perubahan massa dari sampel sebagai fungsi suhu maupun waktu. Hasil TGA menunjukkan bahwa degradasi pada sampel dapat terjadi akibat adanya desorpsi volatil, dekomposisi, oksidasi atau reduksi. Sehingga analisa TGA dapat diaplikasikan untuk *desolvasi* yaitu menunjukkan pelarut yang teradsorpsi; *dekomposisi*, kestabilan oksidatif dan termal sampel; dan *kompatibilitas*, interaksi antar komponen (Tahir, 2013).

Pemanfaatan TGA untuk menganalisa kehilangan massa dan suhu dekomposisi yang terjadi pada sampel antioksidan. Termogram yang diperoleh dapat mengetahui nilai temperatur awal dan temperature akhir dari sebuah proses dekomposisi suatu sampel. Nilai temperatur awal menunjukkan bahwa sampel belum terdekomposisi, sehingga garis sampel masih tinggi. Garis yang mulai mendatar menyatakan bahwa residu sampel sudah berupa grafit yang solid disebut massa final atau mf (Lestari, 2008). Munculnya mf dalam grafik menggambarkan temperatur akhir terjadi.

G. Uji Stabilitas Antioksidan pada *Gasoline*

Stabilitas didefinisikan sebagai kemampuan suatu produk untuk bertahan dalam spesifikasi yang diterapkan sepanjang periode penyimpanan dan penggunaan untuk menjamin identitas, kekuatan, kualitas, dan kemurnian produk. Parameter untuk mengetahui stabilitas *gasoline* dengan menguji periode induksi dan uji

adanya *gum* [Pradelle (2015) dan B. Cao *et al.* (2008)]. Kedua pengujian tersebut dapat menjadi indikasi stabilnya *gasoline* serta aktivitas dari penambahan antioksidan didalam *gasoline*.

1. Uji Periode Induksi

Periode induksi merupakan salah satu standar metode uji untuk mengetahui stabilitas oksidasi *gasoline* (B. Cao *et al.*, 2008). Uji ini dilakukan berdasarkan dengan ASTM D-525/IP: 40. Menurut definisi yang diberikan dalam standar Hungaria, periode induksi adalah waktu dimana sampel *gasoline* tidak teroksidasi dibawah kondisi pengujian yakni pada tekanan 700 kilo Paskal (kPa) dan suhu uji 100⁰C (L. Ackermann, 1968).

Nilai periode induksi dapat memberikan informasi mengenai kecenderungan *gasoline* dalam menghasilkan *gum* selama penyimpanan (L. Ackermann, 1968). Pengujian ini dengan meninjau titik dalam kurva tekanan-waktu dimana penurunan titik tekanan oksigen menandakan telah terjadinya *breakpoint*. Titik ini menjadi tanda bahwa senyawa di *gasoline* yang memiliki ikatan rangkap dua, khususnya *olefin* sudah tidak stabil karena bereaksi dengan oksigen. Waktu (menit) yang dibutuhkan sampel untuk mencapai *breakpoint* tersebut dapat diketahui sebagai periode induksi atau *induction period* dari *gasoline*.

2. Uji Gum

Pengujian *gum* ini didasarkan pada ASTM D-381/IP: 131. Adanya *gum* juga menjadi parameter dari kualitas *gasoline* (Nixon *et al.*, 1956). Hasil pengujian berupa residu yang dinamakan massa *gum* (mg/100 mL *gasoline*). Semakin tinggi nilai *gum* yang didapat maka semakin beresiko pada pembentukan deposit ditandai dengan menghitamnya hasil uji (seperti kerak). Oleh karena itu, standar maksimum keberadaan *gum* dengan menggunakan metode ini ialah 5mg/100 mL (Stavinoha dan Bowden, 1990).

Uji *gum* digunakan sebagai data pendukung dari hasil uji periode induksi. Besarnya *gum* yang dihasilkan sebagai indikasi aktivitas antioksidan dalam menghambat proses oksidasi pada *gasoline*. Nilai *gum* digunakan

untuk mengetahui kecenderungan *gum* yang diperoleh dari *gasoline* non AO maupun dengan penambahan antioksidan. Sehingga, dapat ditentukan kelayakan antioksidan didalam *gasoline* yaitu dapat menghasilkan deposit atau tidaknya bagi *gasoline*.

H. Sifat Fisik *Gasoline*

Pada bahan bakar terdapat parameter-parameter yang digunakan sebagai pertimbangan agar diperoleh kualifikasi bahan bakar yang berkualitas. Selain syarat *gasoline* yang harus stabil selama waktu penyimpanan, pertimbangan lain yang harus ditinjau ialah sifat fisik dari *gasoline* yakni densitas, viskositas dan warna.

1. Densitas

Densitas dapat menyatakan berat jenis atau berat persatuan volume suatu zat. Nilai densitas dinyatakan dalam satuan g/mL. Pengujian densitas dilakukan sebagai indikasi mutu *gasoline* misalnya nilai densitas yang tinggi menunjukkan volume senyawa aromatik dalam bahan bakar semakin banyak (Demirel, 2012). Senyawa aromatik didalam *gasoline* memberikan sifat anti knock yang tinggi. Sehingga, densitas merupakan suatu parameter yang dapat memberikan informasi keadaan fisika dan kimia suatu bahan.

Pengujian densitas untuk mengetahui apakah dengan penambahan antioksidan akan mempengaruhi sifat *gasoline* atau tidaknya. Nilai densitas yang diperoleh juga dapat memprediksikan banyaknya *gum* yang terbentuk didalam bahan bakar. Sehingga, dapat memprediksikan antioksidan mana yang lebih tepat untuk ditambahkan kedalam *gasoline*.

2. Viskositas Kinematik

Viskositas didefinisikan sebagai nilai yang menunjukkan lamanya aliran dari suatu bahan cair pada jarak tertentu [Naibaho (2008) dan Wiratmaja (2010)]. Faktor yang mempengaruhi nilai visko ialah bentuk dan ukuran molekulnya karena interaksi antar molekul dapat diramalkan melalui hasil uji ini, sehingga dapat diketahui sifat kekentalannya (Naibaho, 2008). Nilai viskositas kinematik dapat menunjukkan kondisi optimum pada produk

petroleum selama penggunaan, penyimpanan, dan penanganannya (ASTM D 445-04, 1990). Nilai viskositas kinematik dapat mempengaruhi kinerja injektor pada mesin kendaraan. Satuan viskositas kinematik ialah cSt (Centistoke).

Uji viskositas dilakukan untuk mengetahui apakah penambahan antioksidan didalam *gasoline* sesuai spesifikasi *gasoline* sebagai bahan bakar atau tidak. Nilai visko yang dihasilkan juga dapat memprediksikan mana sampel yang lebih viskos (lebih kental) serta dapat diketahui aktivitas antioksidan yang akan berpengaruh besar terhadap kinerja injektor di mesin kendaraan. Sehingga dapat memprediksikan antioksidan mana yang lebih tepat untuk ditambahkan untuk *gasoline*.

3. Warna

Warna dapat didefinisikan secara obyektif/fisik sebagai sifat cahaya yang dipancarkan, atau secara subyektif/psikologis sebagai bagian dari pengamatan pada indera penglihatan. Secara obyektif atau fisik, warna dapat teramati akibat panjang gelombang. Panjang gelombang akan memancarkan cahaya yang tampak oleh mata. Cahaya tersebut merupakan salah satu bentuk pancaran energi dari gelombang elektromagnetik. Sehingga warna merupakan spektrum tertentu yang terdapat di dalam suatu cahaya sempurna (warna putih) akibat pantulan tertentu dari cahaya yang dipengaruhi oleh pigmen yang terdapat di permukaan benda.

Warna merupakan salah satu sifat fisik dari *gasoline* yang diamati dalam penelitian ini. Pengamatan warna dapat menjadi indikator pengaruh penambahan antioksidan didalam *gasoline* serta uji awal dalam meramalkan apakah perubahan kimia terjadi atau tidak. Pengamatan warna juga diamati pada *gasoline* yang didasarkan pada ASTM D 156-02 dengan menggunakan *saybolt chromometer*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Lingkungan Gedung II *Research and Development*, Pulogadung, Jakarta Timur, dimulai pada bulan Januari hingga Juni 2017.

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi uji pendahuluan melalui uji komparabilitas dan warna, serta penelitian utama untuk mengetahui aktivitas antioksidan terhadap stabilitas oksidasi antioksidan didalam *gasoline* melalui uji periode induksi dan uji *gum*. Pengamatan yang dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi penambahan antioksidan didalam *gasoline* pada uji periode induksi, dan melakukan studi kualitas atau kelayakan antioksidan untuk *gasoline* melalui beberapa pertimbangan seperti uji gum dan uji sifat fisik berupa densitas, viskositas kinematik dan warna.

1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah alat-alat gelas yang umum digunakan, neraca analitik (ESJ210-4B), *air-jet evaporation* (*evaporation bath*, *steam flow*, dan *air flow*) merk Petrotest, alat *oxidation stability* (*oxidation stability*) Stangope-SETA, density meter (VIDA 40), viskometer (Tamson), dan *saybolt chromometer* (Hunter Lab), Instrumen yang digunakan adalah FTIR (Shimadzu IRPrestige-21), TGA (Q50), GC-MS (Shimadzu).

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *gasoline* (Pertamina). Bahan kimia yang digunakan antara lain triptamin (98%, Sigma-Aldrich), p-Fenildiamin (98%, Sigma-Aldrich), AO R, toluena 99%, aseton 99%, heptane (99,7%), nafta, aquades, oksigen, etanol, *white oil*.

2. Prosedur Penelitian

a. Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan untuk mengetahui kecocokan aditif kedalam *gasoline* sebelum dilakukan pengujian ketahap selanjutnya. Uji yang dilakukan dengan menguji kompatibilitas dan warna *gasoline* yang ditambahkan antioksidan, serta mengkarakterisasi sampel yang akan digunakan baik *gasoline* maupun antioksidan.

i. Uji Kompatibilitas dan Warna

Uji kompatibilitas dilakukan sebagai uji pendahuluan untuk mengetahui apakah material antioksidan yang digunakan cocok dengan *gasoline*, yakni dapat larut atau tidak larut dengan *gasoline*. Metode yang digunakan merujuk sesuai Lemigas tahun 2008 (A. Hawari, 2014). Uji bernilai positif jika material antioksidan yang diujikan larut dalam *gasoline* serta tidak memberikan perubahan warna yang signifikan, sedangkan uji negatif memberikan hasil yang sebaliknya. Sedangkan uji warna dengan menggunakan *saybolt chromometer* sesuai dengan prosedur uji sifat fisik warna.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan konsentrasi antioksidan PPD ialah 27-30 ppm [C.J. Pedersen (1956) dan Dantas *et al.* (2003)], sehingga dipilih konsentrasi yang diujikan ialah 27 ppm. Sedangkan konsentrasi antioksidan triptamin ditentukan dengan nilai yang mendekati konsentrasi antioksidan PPD, yaitu 20 ppm. Konsentrasi dipilih berdasarkan standar penambahan antioksidan jenis amina aromatik yang berkisar antara 5-20 ppm (Ratnagiri Chemical PVT).

ii. Karakterisasi Sampel

1) Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Analisa IR digunakan untuk mengamati perubahan komponen yang terjadi sebelum dan setelah *gasoline* teroksidasi. Sampel sebelum dioksidasi yaitu sampel *gasoline* (kontrol, non AO) dan

gasoline yang ditambahkan antioksidan triptamin. Sedangkan sampel setelah dioksidasi ialah hasil oksidasi *gasoline* yang ditambahkan triptamin.

Sampel dipipet dan masukkan kepermukaan plat kristal (*cell holder*). Pastikan seluruh permukaan plat bebas dari gelembung udara. Lalu sampel siap dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR. Hasil spektrum sampel dibandingkan dengan spektrum yang terdapat di dalam *library*.

2) Analisis Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

Analisa GC-MS dilakukan untuk mengetahui nama senyawa yang termasuk dalam golongan hidrokarbon tak jenuh (*olefin*) didalam sampel *gasoline*. *Gasoline* sebanyak 1 μL diinjeksikan kedalam kolom RTx-MS *Restech Polymethul xyloxan* dengan bantuan gas helium sebagai gas pembawa. Kromatogram hasil analisa diidentifikasi dengan membandingkan senyawa yang terdapat didalam *library*.

3) Analisa Thermogravimetric Analysis (TGA)

TGA digunakan untuk menganalisa kehilangan massa dan suhu dekomposisi yang terjadi pada sampel antioksidan. Pengoperasian awal alat TGA seperti *warming* dan memilih prosedur yang digunakan. Setelah pan siap, masukkan sampel antioksidan kedalamnya. Hasil analisa berupa termogram yang diperoleh dapat mengetahui nilai temperatur awal dan temperatur akhir dari sebuah proses dekomposisi suatu sampel.

b. Uji Stabilitas *Gasoline*

Parameter untuk mengetahui stabilitas *gasoline* dengan menguji periode induksi dan uji adanya *gum* [Pradelle (2015) dan B. Cao *et al.*, (2008)].

i) Uji Periode Induksi

Periode induksi dapat digunakan parameter sebagai indikasi kecenderungan *gasoline* membentuk *gum* dalam penyimpanan. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM D 525-05 sebagai standar pengujian stabilitas oksidasi dari *gasoline*. Sampel sebanyak 50 mL *gasoline* dimasukkan kedalam *vessel*, kemudian dioksidasi dengan oksigen pada tekanan 700 kPa. Sampel tersebut, kemudian dimasukkan kedalam *water bath* yang sudah bersuhu 100 °C. Pengujian dilakukan selama 24 jam. Hasil pengujian akan ditunjukkan oleh program OXS, berupa tekanan yang direkam terus menerus sampai *breakpoint* tercapai. Waktu yang diperlukan sampel untuk mencapai titik ini diamati dan dilaporkan sebagai periode induksi.

Variasi konsentrasi antioksidan (triptamin serta AO R) yang ditambahkan, terdiri dari tujuh perlakuan yaitu konsentrasi 0 ppm(1), 5 ppm (2), 10 ppm(3), 15 ppm(4), 20 ppm (5), 30 ppm (6), 50 ppm (7). Variasi konsentrasi didapat dari standar penambahan antioksidan jenis amina aromatik yang berkisar antara 5-20 ppm (Ratnagiri Chemical PVT). Rentang variasi dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gupta *et al.* tahun 2008, yaitu dengan menggunakan konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 30 ppm, dan 50 ppm.

ii) Uji Gum

Uji ini dilakukan untuk mengukur *washed gum content* dengan penguapan sesuai dengan ASTM D 381/IP: 131. Sebelum pengujian, *beaker glass* dibersihkan dengan menggunakan larutan aseton : toluena (1:1). Lalu panaskan didalam oven dengan suhu 150°C selama 1 jam. Dinginkan *beaker glass* dalam desikator selama 2 jam, kemudian timbang. Pastikan *air flow* dengan *temperature bath* berada pada temperatur antara 160-165°C.

Sebanyak 50 mL sampel (tanpa antioksidan) dimasukkan kedalam *beaker glass*. Masukkan *beaker glass* kedalam *evaporation bath*, dan

beaker glass kosong sebagai blanko. Uapkan selama $30 \pm 0,5$ menit dibawah kondisi suhu yang terkendali ($160-165$ °C), lalu dinginkan didalam desikator selama 1 jam. Kedua *beaker glass* tersebut ditimbang. Catat residu yang dihasilkan (B/C). Residu ditimbang setelah ditambahkan 25 mL heptana (99,7%) jika kadar residu $>0,5$ mL/100 mL. Namun, jika $<0,5$ mg/100 mL kadar residunya langsung dicatat tanpa perlu dilarutkan dengan heptana. Nilai *gum* diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$S = 2000 (C-D+X-Z)$$

Keterangan: C = massa sampel *glass* ditambah residu (g)

D = massa untuk sampel *glass* kosong (g)

X = massa untuk *glass* tara setelah pemanasan
evaporation (g)

Z = massa untuk *glass* tara setelah dicuci (g)

Hasil pengujian dilaporkan sebagai miligram per 100 ml *gasoline*. Melakukan percobaan tersebut kembali, namun dengan memberikan penambahan antioksidan triptamin, AO R, dan PPD dengan konsentrasi optimum secara bergantian kedalam *gasoline*. Pengujian dilakukan dengan tiga kali pengulangan.

c. Uji Sifat Fisik *Gasoline*

i) Densitas

Pengujian densitas didasarkan pada ASTM D 4052-96 dengan menggunakan digital *density meter*. Sampel (tanpa antioksidan) sebanyak 3 mL diinjeksikan kedalam jarum suntik yang sudah dibersihkan dengan toluena dan aseton. Pastikan jarum suntik yang sudah berisi sampel tidak terdapat gelembung udara. Kemudian tekan *new test* pada monitor, lalu ketik nama sampel. Suhu pengujian densitas yang digunakan pada penelitian ini ialah 15°C yang sesuai dengan standar nilai densitas Kementerian ESDM tahun 2013. Jarum suntik siap dimasukkan

kedalam *Digital Density Analyzer*. Hasil densitas akan keluar berupa lembaran kertas. Satuan nilai densitas yaitu gram per milliliter (g/mL) atau kilogram per meter kubik (kg/m³). Ulangi langkah percobaan tersebut, namun dengan memberikan penambahan antioksidan triptamin, AO R, dan PPD dengan konsentrasi optimum secara bergantian kedalam *gasoline*.

ii) Viskositas Kinematik

Pengujian viskositas kinematik didasarkan pada metode ASTM D 445-15. Sampel (tanpa antioksidan) sebanyak <10 mL dimasukkan kedalam *viscometer tube*, pastikan volume sampel berada pada tanda batas setelah mencapai titik kesetimbangan. Rendam *viscometer tube* dalam *bath* selama ± 30 menit yang bersuhu 40⁰C. Penggunaan suhu tersebut didasarkan pada SDS *gasoline* dari *Annex II of EC regulation* tahun 2006. Selanjutnya, gunakan bulb untuk mengatur tinggi sampel sampai ± 7 mm diatas tanda batas maka tanda timer pertama dinyalakan. Biarkan sampel jatuh bebas, ukur waktu dalam satuan detik dengan ketelitian 0.1 detik ketika meniscus sampel melewati tanda batas. Jika waktu alir kurang dari spek minimum (200 detik), pilih viskometer dengan diameter kapiler yang lebih kecil. Ulangi langkah percobaan tersebut, namun dengan memberikan penambahan antioksidan triptamin, AO R, dan PPD dengan konsentrasi optimum secara bergantian kedalam *gasoline*. Setelah diperoleh waktu alir dari sampel, kemudian dicari nilai viskositas kinematik menggunakan rumus.

$$V_k = C \times t$$

Ket.: V_k = Viskositas Kinematik

t = waktu alir sampel

C = Konstanta (0.0025965)

iii) Warna

Pengujian warna didasarkan pada ASTM D 156-02. Mode pengujian warna *gasoline* yang digunakan ialah *saybolt chromometer*. Sampel yang diujikan (*gasoline* kontrol, tanpa penambahan antioksidan)

dimasukkan kedalam kuvet. Masukkan kuvet tersebut pada posisi pembacaan sampel, yakni pada posisi didepan sinar radiasi yang dihasilkan instrumen tersebut. Selanjutnya warna yang dihasilkan dari sampel akan ditunjukkan nilainya dengan cara klik menu *read sample*. Lalu isi detail nama sampel dan hasil sampel akan muncul di monitor komputer. Mengulangi prosedur tersebut untuk sampel selanjutnya (*gasoline* yang diberi penambahan antioksidan triptamin, AO R, dan p-Fenilendiamin dengan konsentrasi optimum secara bergantian). Nilai warna yang dihasilkan sampel menurun sesuai dengan angka warna, yaitu ketika warna sampel lebih cerah dibandingkan dengan standar. Rentang angka warnanya yaitu +30 (warna terang) sampai -16 (warna gelap). Dengan kata lain, semakin tinggi nilai warna yang dihasilkan maka sampel tersebut berwarna terang, begitu juga sebaliknya.

C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pengambilan data pertama ialah uji pendahuluan berupa uji kompatibilitas serta warna larutan yang dihasilkan *gasoline* tanpa dan dengan penambahan antioksidan. Setelah uji pendahuluan, antioksidan yang cocok dengan *gasoline* diujikan aktivitas inhibisinya melalui uji stabilitas *gasoline* berupa hasil uji periode induksi dan uji penguat berupa uji kandungan *gum*. Data yang diperoleh dibandingkan aktivitas antioksidan dari triptamin dengan standar yaitu AO R dan antioksidan p-Fenilendiamin (PPD).

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Pendahuluan

Sebelum penelitian utama, perlu dilakukan uji pendahuluan yaitu menguji kompatibilitas antioksidan didalam *gasoline*, serta mengkarakterisasi sampel yang akan digunakan baik *gasoline* maupun antioksidan (triptamin, AO R, dan PPD).

1. Uji Kompatibilitas dan Uji Warna

Hasil uji kompabilitas dan warna ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data uji kompatibilitas antioksidan dalam *gasoline*

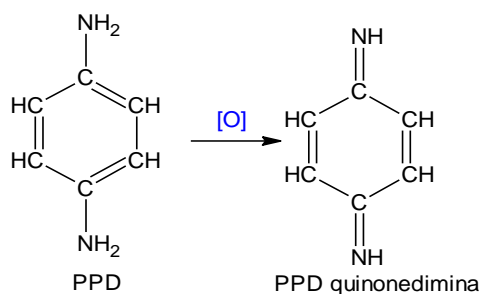
Antioksidan		Hasil Pengamatan	
Jenis	Konsentrasi (ppm)	Kelarutan	Warna
Triptamin	5	Larut sempurna (+)	21.3
	10	Larut sempurna (+)	21.3
	15	Larut sempurna (+)	21.2
	20	Larut sempurna (+)	21.0
	30	Larut sempurna (+)	20.9
	50	Larut sempurna (+)	20.5
AO R	5	Larut sempurna (+)	20.7
	10	Larut sempurna (+)	20.6
	15	Larut sempurna (+)	20.4
	20	Larut sempurna (+)	20.3
	30	Larut sempurna (+)	19.9
	50	Larut sempurna (+)	19.6
PPD	27	Larut sempurna (+)	-6.1

Berdasarkan tabel 2, ketiga antioksidan yang diujikan kompatibel dengan *gasoline*, dimana tidak adanya presipitasi dari larutan uji karena ketiga antioksidan tersebut dapat larut sempurna. Fasa yang dihasilkan dari larutan uji juga diperoleh satu fasa. Sehingga dapat diperoleh informasi bahwa

antioksidan triptamin, AO R serta PPD dapat bereaksi dengan *gasoline*, sehingga dapat ditinjau aktivitas antioksidannya.

Hasil uji warna antioksidan didalam *gasoline* dengan menggunakan metode *saybolt colour*. Dari tabel 2, diperoleh informasi bahwa hasil uji warna triptamin maupun AO R tidak mengalami perubahan warna jika dibandingkan dengan *gasoline* tanpa AO (kontrol). Semakin tinggi nilai warna artinya larutan uji semakin cerah. Penambahan triptamin kedalam *gasoline* secara visual menghasilkan warna larutan kuning yang lebih cerah, dan pada penambahan AO R menghasilkan larutan yang berwarna kuning sedikit coklat. Namun, penambahan PPD kedalam *gasoline* menimbulkan perubahan warna menjadi coklat, hasil ini sesuai dengan nilai warna yang paling rendah.

Perubahan warna *gasoline* menjadi coklat setelah diberi penambahan PPD menandakan perubahan kimiawi terjadi, hal ini dikarenakan PPD mudah teroksidasi oleh oksigen di atmosfer. Proses oksidasi PPD didalam *gasoline* spontan, sehingga warna PPD meningkat menjadi coklat tua dalam beberapa jam kemudian. Reaksi oksidasi yang terjadi pada PPD dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Reaksi oksidasi PPD

Sumber: Coulter *et al.*, 2007 dan L.M. Pot *et al.*, 2014

Gambar diatas menunjukkan terjadi oksidasi pada PPD dimana produknya tidak membentuk peroksida sehingga tidak terjadi pembentukan *gum* didalam *gasoline*, melainkan PPD quinonediimina. Hal ini dikarenakan oksigen yang berada di atmosfer bebas dari larutan *gasoline* (L. Ackermann, 1968). Oleh karena itu, reaksi polimerisasi tidak akan terjadi, dengan kata lain PPD dapat dipergunakan sebagai antioksidan untuk *gasoline*. Hal ini sesuai

dengan teori yang telah membuktikan bahwa PPD memiliki aktivitas inhibisi terhadap oksidasi yang sangat efektif dalam mengambat pembentukan peroksida.

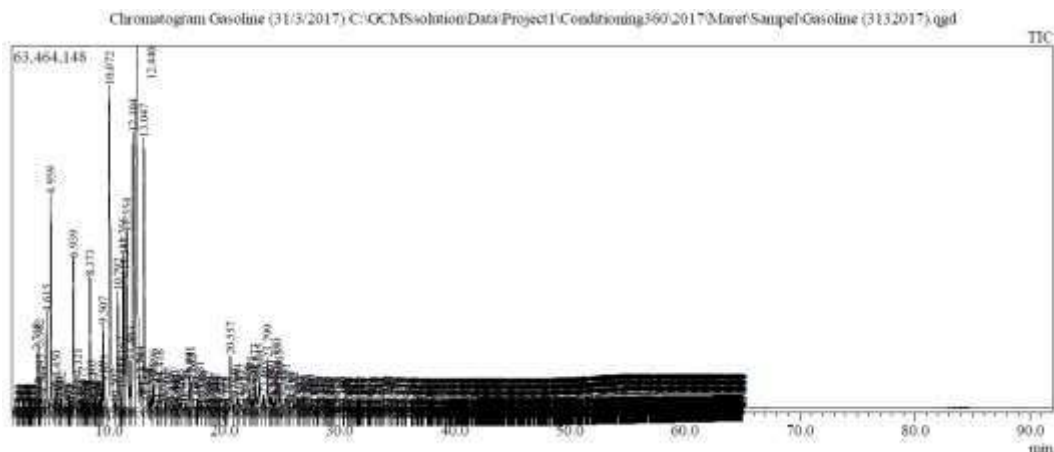
Berdasarkan hasil uji pendahuluan diperoleh informasi bahwa penambahan triptamin, AO R serta PPD sebagai antioksidan dianggap memenuhi syarat untuk ditambahkan kedalam *gasoline*, hal ini sesuai dengan hasil uji kompatibilitas yang positif dimana ketiga antioksidan larut sempurna didalam *gasoline* yang ditandai dengan tidak adanya presipitasi. Nilai warna pada penambahan triptamin maupun AO R sebagai antioksidan pada *gasoline* ini tidak mengalami perubahan warna, yakni tetap kuning cerah. Walaupun mengalami perubahan warna, PPD tidak menghasilkan produk peroksida. Sehingga, ketiga antioksidan dapat diujikan aktivitas inhibisinya didalam *gasoline*.

2. Uji Karakterisasi Sampel

Sampel berupa antioksidan dan *gasoline* dikarakterisasi dengan menggunakan instrument GC-MS (*Gas Chromatography Spectroscopy*) serta TGA (*Thermogravimetric Analysis*). Analisa GC-MS bertujuan untuk mengetahui jenis dan komponen golongan hidrokarbon tak jenuh, khususnya *olefin* didalam *gasoline*. Sedangkan untuk mengetahui suhu terdekomposisinya sampel antioksidan yang digunakan (triptamin, AO R dan PPD) dengan menggunakan TGA.

a. Analisa GC-MS (*Gas Chromatography Spectroscopy*)

Data GC-MS dari sampel *gasoline* ditampilkan dalam bentuk kromatogram yang dapat dilihat pada gambar. Hasil kromatogram yang diperoleh dapat memberikan info lebih rinci mengenai senyawa-senyawa yang terdapat didalam *gasoline*.



Gambar 13. Kromatogram Hasil Analisis GC *gasoline*

Berdasarkan hasil analisa GC-MS terdapat 880 puncak kromatogram yang teridentifikasi. Puncak yang terbaca kemudian ditentukan komponennya dengan cara membandingkan data sampel dengan data *library*, sehingga dapat diketahui jenis dan komposisi komponen-komponennya didalam *gasoline*. Hasil analisa memberikan informasi bahwa senyawa *olefin* yang terdapat didalam *gasoline* sebanyak 46 komponen yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Senyawa-senyawa *olefin* yang ada didalam *gasoline*

Peak	Nama Senyawa	Retention Time (min)	Area (%)
20	2-Butene, (Z)- (CAS)	3.918	0.06
22	2-Butene (CAS)	4.095	0.41
23	2-Butene (CAS)	4.249	0.26
26	1-Pentene (CAS)	5.275	0.01
28	1-Butene, 2-methyl- (CAS)	5.63	0.12
29	2-Pentene, (E)- (CAS)	5.799	0.05
30	2-Butene, 2-methyl- (CAS)	5.902	0.21
38	1-Pentene, 2-methyl- (CAS)	7.445	0.1
40	2-Pentene, 3-methyl-, (E)- (CAS)	7.841	0.11
41	2-Pentene, 3-methyl-, (E)- (CAS)	7.954	0.05
42	2-Hexene, (Z)- (CAS)	8.055	0.06
43	2-Pentene, 3-methyl-, (E)- (CAS)	8.186	0.05

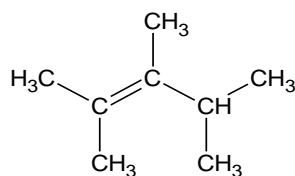
Tabel 3. Senyawa-senyawa *olefin* yang ada didalam *gasoline* (Lanjutan)

Peak	Nama Senyawa	Retention Time (min)	Area (%)
44	2-Pentene, 2,4-dimethyl- (CAS)	8.254	0.05
48	1-Pentene, 2,4-dimethyl- (CAS)	8.859	0.03
49	2-Pentene, 2,4-dimethyl- (CAS)	8.956	0.05
51	1-Pentene, 2,3-dimethyl- (CAS)	9.209	0.06
57	1-Heptene, 2-methyl- (CAS)	10.792	2.59
58	3-Hexene, 2,5-dimethyl-, (E)- (CAS)	10.989	0.43
59	2-Pentene, 2,4,4-trimethyl- (CAS)	11.167	0.52
68	2-Pentene, 2,3,4-trimethyl- (CAS)	13.047	10.55
72	2-HEXENE, 2,3-DIMETHYL-	13.896	0.67
81	2-Undecene, 8-Methyl-	15.990	0.05
82	2-Hexene, 3,4,4-trimethyl- (CAS)	16.215	0.43
95	2-HEPTENE, 5-ETHYL-2,4- DIMETHYL	19.032	0.03
109	4-DECENE, 2,2-DIMETHYL	22.291	0.47
111	1-Propene, 2-methyl-, trimer (CAS)	22.673	0.70
116	Hept-2-ene, 2,4,4,6-tetramethyl	24.050	0.39
129	4,4-dimethyl-1-heptene	26.743	0.10
131	1-HEXENE, 2,5,5- TRIMETHYL	27.091	0.07
139	1-UNDECENE, 8-METHYL-	28.284	0.04
146	2-Hexen-1-ol, 2-ethyl- (CAS)	29.239	0.01
187	1-Propene, 2-methyl-, tetramer	34.08	0.03
189	4-DECENE, 2,2-DIMETHYL-, (Z)-	34.449	0.04
190	3,5-Hexadien-2-ol, 2-methyl- (CAS)	34.560	0.00
195	Hept-2-ene, 2,4,4,6-tetramethyl-	35.279	0.03
199	1-Propene, 2-methyl-, tetramer (CAS)	35.67	0.02
209	1-Propene, 2-methyl-, trimer (CAS)	36.620	0.01
214	1-Propene, 2-methyl-, tetramer	37.042	0.01
235	1-Propene, 2-methyl-, tetramer	38.220	0.00
238	2-Pentene, 1-ethoxy-4-methyl-, (38.487	0.00

Tabel 3. Senyawa-senyawa *olefin* yang ada didalam *gasoline* (Lanjutan)

Peak	Nama Senyawa	Retention Time (min)	Area (%)
377	3,5-Cyclohexadiene-1,2-dione,	45.573	0.00
566	9-Octadecene, 1-[2-(octadecyloxy	54.032	0.02
620	1-Heptene, 1,3-diphenyl-1 (trimethylsilyloxy)-	56.094	0.01
733	2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,5	60.297	0.01
784	Oxo - eicosa - triene	61.960	0.00
839	2-Decene, 6-methyl-, (Z)- (CAS)	63.747	0.00
Total % Area			18.91

Berdasarkan tabel 3, diperoleh informasi bahwa didalam *gasoline* mengandung senyawa monoolefin, diena, dan triena dengan persentase total sebesar 18.91% dimana masing-masing komponen sebesar 18.89%; 0.02%; 0.00%. Tingginya persentase kehadiran monoolefin didalam *gasoline*, memberikan informasi bahwa senyawa hidrokarbon tak jenuh dengan satu ikatan rangkap dua lebih dominan jika dibandingkan dengan senyawa tak jenuh yang memiliki dua (diena) atau tiga (triena) ikatan rangkap dua. Bahkan pada salah satu senyawa *olefin* (mono) persentase kehadirannya ada yang mencapai 10.55%, yakni 2,3,4-trimethyl-2-Pentene. Struktur kimia dari senyawa tersebut dapat dilihat pada gambar 14.



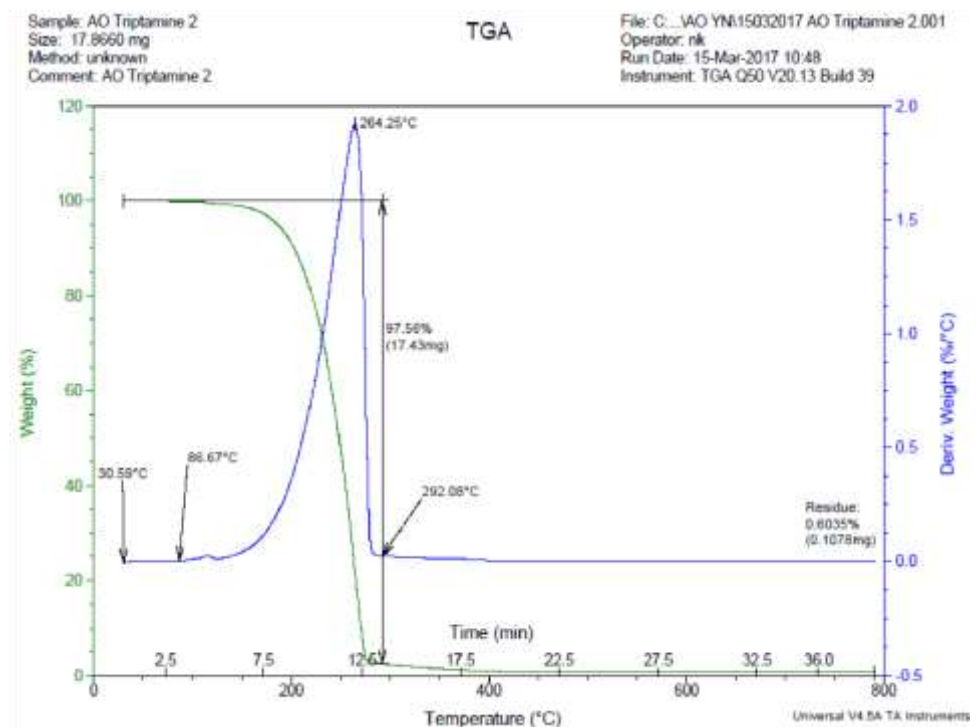
Gambar 14. Struktur kimia 2, 3,4-trimethyl-2-Pentene
Sumber: ChemSpider, 2015

Ikatan rangkap dua yang dimiliki hidrokarbon tak jenuh seperti *olefin* dan diena didalam *gasoline* tidak stabil, sangat reaktif dan rentan mengalami oksidasi dibandingkan dengan hidrokarbon lainnya. Degradasi oksidatif pada *gasoline* dapat berpolimerisasi dan membentuk *gum* pada komponen mesin kendaraan (A. Groysman, 2014 dan J. Bennett, 2014).

Dari analisa data tersebut dapat disimpulkan bahwa sampel *gasoline* rentan mengalami reaksi oksidasi dan polimerisasi.

b. Analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

Hasil analisa TGA pada sampel antioksidan disajikan dalam bentuk termogram. Termogram tersebut menginformasikan perubahan berat serta nilai temperatur awal dan temperatur akhir yang terjadi pada antioksidan. Sehingga dapat menentukan kestabilan antioksidan yang tepat digunakan pada proses kilang *gasoline*. Gambar 15 menunjukkan hasil analisa TGA dari antioksidan triptamin.

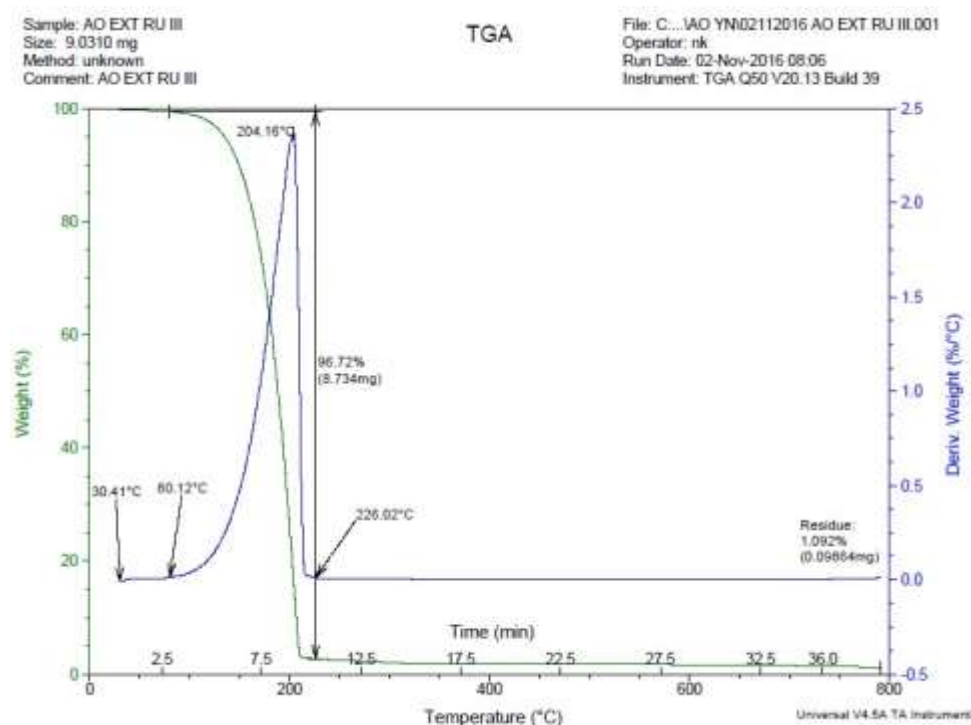


Gambar 15. Hasil TGA Triptamin

Dari hasil termogram pada sampel triptamin diperoleh suhu awal dekomposisi, suhu puncak dekomposisi, dan suhu akhir dekomposisi komponen ini berturut-turut ialah 30.59°C , 264.25°C , 292.08°C . Artinya, senyawa triptamin mulai mengalami degradasi pada suhu 264.25°C dan pada suhu 292.08°C massa triptamin sudah tidak ada lagi.

Grafik yang diperoleh juga memberikan informasi bahwa massa triptamin setelah di TGA masih terdeteksi sebesar 97.56 % atau 17.4300 mg dari massa sampel yang dimasukkan yaitu 17.8660 mg. Sedangkan, 2-3% dari massa triptamin mengalami dekomposisi selama proses pemanasan. Hal ini terbukti dari residu yang dihasilkan sebesar 0.6035% atau 0.1078 mg. Sedangkan massa sisanya sebanyak 0.3282 mg yang tak terdeteksi selama analisa TGA, diduga sudah mengalami dekomposisi sebelum suhu awal dekomposisi. Dengan kata lain, triptamin yang digunakan memiliki tingkat kemurnian yang hampir mencapai 100%. Pernyataan tersebut didukung dengan hasil termogram yang menunjukkan satu grafik saja, yang berarti senyawa ini murni hanya triptamin (senyawa tunggal).

Selanjutnya hasil termogram TGA dari sampel antioksidan AO R yang ditampilkan pada gambar 16.



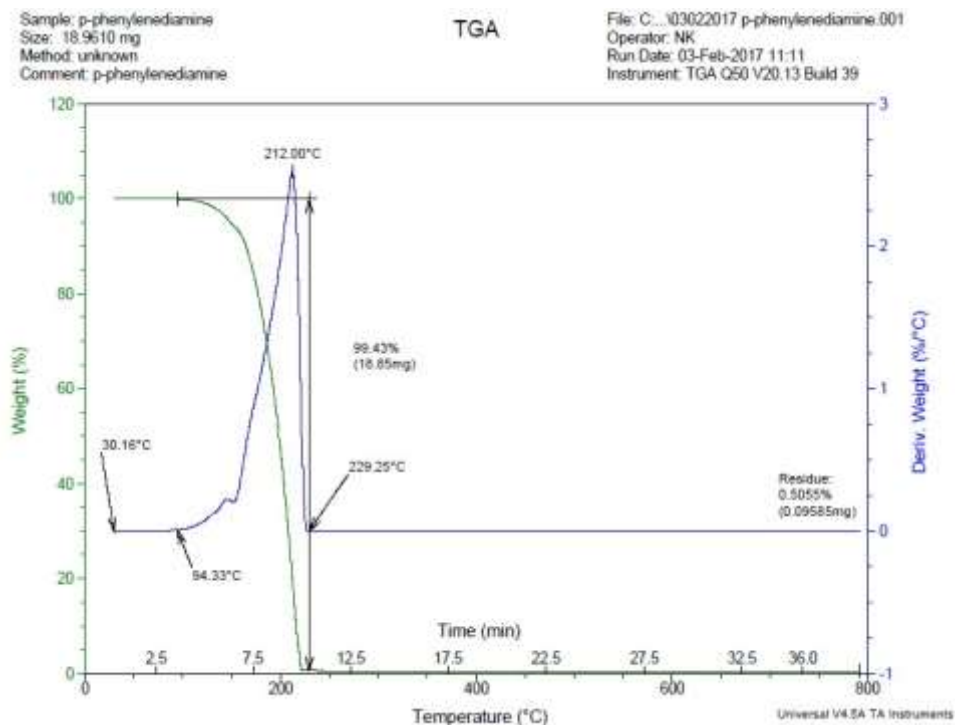
Gambar 16. TGA antioksidan AO R

Dari hasil termogram pada sampel antioksidan AO R diperoleh suhu awal dekomposisi, suhu puncak dekomposisi, dan suhu akhir

dekomposisi komponen ini berturut-turut ialah 30.41 °C, 204.16 °C, 226.02 °C. Artinya, senyawa AO R mulai mengalami degradasi pada suhu 204.16 °C dan pada suhu 226.02 °C massa AO R sudah habis.

Grafik yang diperoleh juga memberikan informasi bahwa setelah di TGA massa AO R masih terdeteksi sebesar 96.72% atau 8.74 mg dari massa sampel awal sebanyak 9.0310 mg. Artinya, hanya 3-4% massa AO R yang terdekomposisi, yaitu sebesar 1.092% atau 0.09864 mg. Walaupun kemurnian AO R sedikit lebih rendah dibandingkan triptamin jika ditinjau berdasarkan perubahan massa yang terjadi namun persentase hasil dekomposisi senyawa AO R yang terbaca dapat dikatakan memiliki tingkat kemurnian yang hampir mencapai 100%. Pernyataan tersebut didukung dengan hasil termogram yang menunjukkan satu grafik saja, yang berarti senyawa ini murni (senyawa tunggal).

Pengujian TGA juga dilakukan pada antioksidan p-Fenilendiamin (PPD) untuk mengetahui suhu terdekomposisinya PPD. Hasil termogram TGA untuk PPD ditunjukkan pada gambar 17.



Gambar 17. TGA p-Fenilendiamin

Dari hasil termogram pada sampel antioksidan PPD diperoleh suhu awal dekomposisi, suhu puncak dekomposisi, dan suhu akhir dekomposisi komponen ini berturut-turut ialah 30.16°C , 212.00°C , 229.25°C . Artinya, senyawa PPD mulai mengalami degradasi pada suhu 212.00°C dan pada suhu 229.25°C massa PPD sudah habis.

Grafik yang diperoleh juga memberikan informasi bahwa setelah di TGA massa PPD masih terdeteksi sebesar 99.43% atau 18.85 mg dari massa sampel awal sebanyak 18.9610 mg. Kemurnian PPD lebih tinggi dibandingkan triptamin namun, stabilitas termalnya tidak sebaik triptamin jika ditinjau berdasarkan perubahan massa yang terjadi. Sampel PPD mengalami dekomposisi massa selama pemanasan sebanyak 0.5-1%. Sehingga dapat diketahui residu yang dihasilkan sebesar 0.5055% atau 0.09585mg. Sedangkan massa sisanya sebanyak 0.01515mg yang tak terdeteksi selama analisa TGA, diduga sudah mengalami dekomposisi sebelum suhu awal dekomposisi. Hasil analisa diatas menunjukkan bahwa PPD yang digunakan memiliki tingkat kemurnian yang hampir mencapai 100%. Pernyataan tersebut didukung dengan hasil termogram yang menunjukkan satu grafik saja, yang berarti senyawa ini murni (senyawa tunggal).

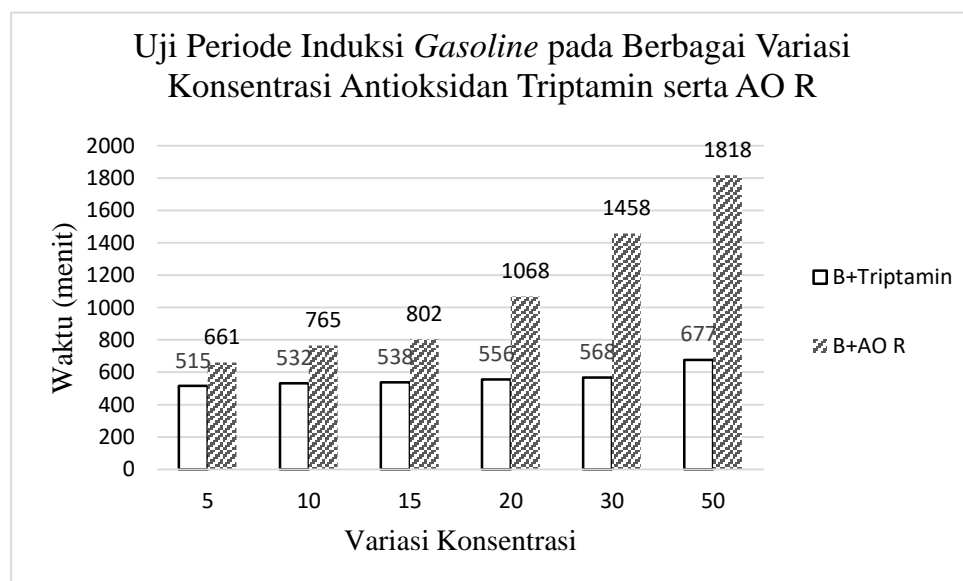
Berdasarkan semua hasil analisa TGA dapat diketahui bahwa triptamin, AO R serta PPD dapat diujikan kinerjanya pada alat stabilitas oksidasi yang menggunakan suhu pengujian 100°C , dan uji *gum* dengan suhu uji 163°C . Hal ini sesuai dengan hasil analisa TGA yang menunjukkan bahwa suhu saat semua komponen terdekomposisi seluruhnya atau suhu puncak dekomposisi ialah 264.25°C untuk triptamin, 204.16°C untuk AO R, dan 212.00°C untuk p-Fenilendiamin. Selain itu, dapat diketahui bahwa ketiga antioksidan yang diujikan berupa senyawa murni, yakni hanya terdapat satu senyawa hal ini dibuktikan dengan munculnya satu grafik saja.

B. Uji Stabilitas Oksidasi

Uji stabilitas oksidasi dari *gasoline* dapat diketahui dengan nilai periode induksi dan keberadaan *gum* (B. Cao *et al.*, 2008). Pada uji *gum* dilakukan pada konsentrasi antioksidan yang memberikan hasil periode induksi terbaik. Pengujian kandungan *gum* perlu dilakukan untuk mengetahui berapa kadar *gum* (g/mL) yang dihasilkan dari *gasoline*.

1. Periode Induksi

Hasil uji periode induksi dari *gasoline* (tanpa antioksidan) yakni 483 menit lalu dibandingkan dengan *gasoline* yang diberi penambahan PPD menghasilkan periode induksi selama 1669 menit. Aktivitas antioksidan yang optimum (baik) dapat ditentukan dengan meninjau hasil waktu induksi pada perlakuan penambahan antioksidan triptamin serta AO R yang mendekati waktu induksi PPD. Gambar 18 menunjukkan nilai periode induksi dari penambahan triptamin dan AO R didalam *gasoline*.

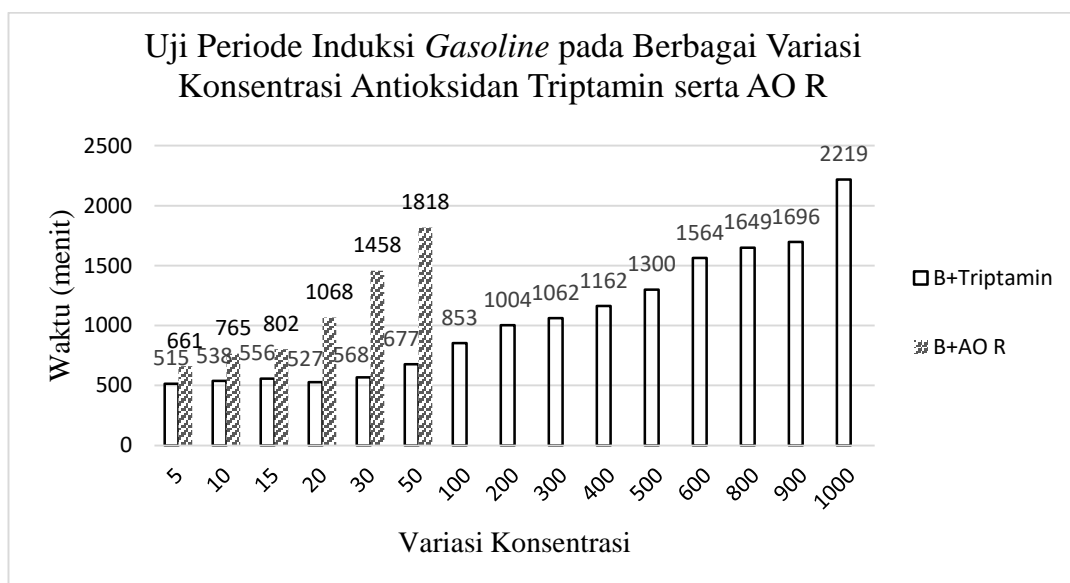


Gambar 18. Pengaruh Konsentrasi Antioksidan terhadap Periode Induksi pada *Gasoline*

Penambahan antioksidan AO R kedalam *gasoline* menyebabkan terjadinya peningkatan periode induksi seiring dengan meningkatnya konsentrasi AO R. Hasil uji periode induksi sesuai dengan teori (BAB II)

dimana penambahan konsentrasi antioksidan akan meningkatkan aktivitas antioksidan didalam *gasoline*. Pada konsentrasi 30 ppm AO R sudah memberikan hasil yang mendekati nilai periode induksi PPD yaitu sebesar 1458 menit. Sehingga, dapat diketahui konsentrasi optimum dari penambahan antioksidan AO R ialah 30 ppm.

Namun, berdasarkan data diatas ternyata penggunaan triptamin bahkan pada konsentrasi 50 ppm hanya 677 menit. Nilai tersebut sudah memenuhi spesifikasi dari antioksidan didalam *gasoline* berdasarkan Kementerian ESDM tahun 2013 dimana standar minimum yang ditetapkan ialah selama 360 menit. Akan tetapi, untuk mengetahui potensi aktivitas triptamin sebagai antioksidan perlu diketahui kondisi optimum berdasarkan standar antioksidan standar, yakni PPD dan AO R. Karena hasil periode induksi triptamin yang belum mendekati periode induksi PPD, maka konsentrasi optimum dari penambahan antioksidan triptamin belum diperoleh. Oleh karena itu, perlu diuji periode induksi kembali dengan meningkatkan konsentrasi triptamin kedalam *gasoline*. Hasil pengukuran periode induksi dari triptamin didalam *gasoline* ditunjukkan oleh gambar 19.



Gambar 19. Peningkatan Konsentrasi Antioksidan Triptamin

Berdasarkan data diatas diperoleh informasi bahwa periode induksi tidak menunjukkan adanya kondisi jenuh dari aktivitas inhibisi triptamin didalam *gasoline*, hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi triptamin yang ditambahkan maka nilai periode induksi yang diperoleh juga terus meningkat bahkan hingga konsentrasi 1000 ppm. Periode induksi triptamin didalam *gasoline* baru mendekati nilai standar PPD ataupun AO R pada konsentrasi 600 ppm. Namun, berdasarkan Venkatadri *et al.* tahun 1996 sebaiknya konsentrasi penambahan antioksidan didalam *gasoline* berkisar antara 10-500 ppm. Berdasarkan referensi tersebut diperoleh konsentrasi optimum penambahan triptamin sebagai antioksidan didalam *gasoline* ialah 500 ppm.

Berdasarkan hasil analisa diatas diperoleh informasi bahwa penambahan antioksidan PPD 27 ppm didalam *gasoline* menghasilkan periode induksi selama 1669 menit. Penambahan AO R pada konsentrasi 30 ppm yakni 1458 menit. Dibandingkan dengan AO yang biasa digunakan, aktivitas antioksidan triptamin didalam *gasoline* baru mendekati nilai standar PPD ataupun AO R pada penggunaan 500 ppm. Setelah diketahui konsentrasi optimum ketiga antioksidan tersebut, maka perlu dikaji lebih lanjut pengaruh aktivitas antioksidan terhadap mesin kendaraan melalui pengujian *gum*.

2. Uji Gum

Uji kandungan *gum* perlu dilakukan untuk mengetahui berapa kadar *gum* yang dihasilkan dari *gasoline* yang ditambahkan antioksidan pada konsentrasi optimumnya. Tabel 4 dicantumkan hasil uji *gum*.

Tabel 4. Data Hasil Uji *gum*

Perlakuan	Washed gum (g/50 mL)			Washed gum rata rata (g/50 mL)
	I	II	III	
<i>Gasoline</i> (kontrol)	21.4	21.6	21.4	21.47
<i>Gasoline</i> + Triptamin 500 ppm	61.8	52.8	54.2	56.27
<i>Gasoline</i> + AO R 30 ppm	22.6	25.6	25.8	24.67
<i>Gasoline</i> +p-Fenilendiamin 27 ppm	25.8	24.8	24.6	25.07

Nilai *gum* yang diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$S = 2000 (C-D+X-Z)$$

Keterangan: C = massa sampel *glass* ditambah residu (g)

D = massa untuk sampel *glass* kosong (g)

X = massa untuk *glass* tara setelah pemanasan(g)

Z = massa untuk *glass* tara setelah dicuci (g)

Salah satu perhitungan yang nilai *gum* seperti pada sampel *gasoline*, yaitu:

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.8052-55.7946+56.25-56.2499) \\ &= 21.4 \end{aligned}$$

Perhitungan lengkap nilai *gum* dari *gasoline* yang ditambahkan antioksidan dapat dilihat pada lampiran 3, hlm. 62.

Berdasarkan hasil uji *gum* pada tabel 4, sampel *gasoline* tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan dari Kementerian ESDM (2013) dimana standar *washed gum* maksimal sebesar 5 mg/100 mL. Padahal, salah satu syarat *gasoline* sebagai bahan bakar yaitu tidak membentuk *gum* dan varnish yang dapat merusak komponen mesin kendaraan (Wiratmaja, 2010). Tingginya hasil uji *gum* bahkan pada sampel *gasoline* dikarenakan sampel yang digunakan masih belum diproses lebih lanjut ke tahap pemurnian bahan bakar, sehingga banyak komponen *petroleum* yang masih terdapat didalam sampel tersebut. Oleh karena itu, hasil uji *gum* dari *gasoline* menjadi standar adanya *gum* pada penelitian ini.

Adanya *gum* pada *gasoline* yang diberi penambahan antioksidan seharusnya tidak memberikan nilai yang lebih tinggi daripada nilai *gum* dari sampel *gasoline* saja, dengan kata lain tidak boleh menambah kotoran pada mesin kendaraan (Kementerian ESDM, 2013). Hal ini dikarenakan penambahan antioksidan seluruhnya didalam *gasoline* menghambat reaksi oksidasi Sehingga, tidak menimbulkan polimerisasi atau *gum* setelah penambahan antioksidan.

Akan tetapi, berdasarkan tabel 4, penambahan antioksidan menghasilkan *gum* yang lebih tinggi jika dibandingkan hasil *gum* tanpa

antioksidan (*gasoline* saja). Hal ini dikarenakan molekul triptamin didalam *gasoline* yang sangat banyak menyebabkan hanya sebagian triptamin yang menghambat oksidasi dan sebagiannya lagi membentuk *gum* dengan radikal lain. Oleh karena itu, *gum* yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan kontrol (tanpa antioksidan).

Berdasarkan uji *gum* menunjukkan bahwa aktivitas inhibisi ketiga antioksidan (triptamin, AO R, PPD) yang diujikan memberikan pengaruh terhadap keberadaan *gum*. Aktivitas antioksidan AO R memberikan hasil yang paling optimal yaitu nilai uji *gum* yang lebih kecil dibandingkan triptamin dan PPD selama pengujian *gum*. Sedangkan penambahan triptamin menghasilkan *gum* yang tinggi, yakni 2-3 kali lipat hasil uji *gum* dari antioksidan AO R ataupun PPD.

Berdasarkan tabel diatas, aktivitas antioksidan triptamin jika diterapkan dalam *gasoline* membutuhkan konsentrasi yang sangat tinggi untuk mencapai standar p-Fenilendiamin. Hal ini senama dengan hasil pengujian *gum* yang menunjukkan *gum* yang terbentuk sangat tinggi dibandingkan dengan antioksidan p-Fenilendiamin dan AO R. Tingginya hasil uji *gum* pada *gasoline* saat ditambahkan triptamin 500 ppm, diakibatkan penggunaan konsentrasi yang berlebihan. Saat pemanfaatan antioksidan melebihi standar yang disarankan, maka aktivitas antioksidan tersebut sudah tidak efektif dan memicu terbentuknya *gum* (*Renewable Fuels Foundation*, 2009). Sehingga triptamin sebagai antioksidan tidak disarankan penggunaannya dalam konsentrasi tinggi.

Selain pengujian kestabilan *gasoline*, parameter lain yang dapat memberikan informasi kualitas bahan bakar ialah sifat fisiknya. Parameter sifat fisik yang diujikan meliputi uji densitas (ASTM D 4052-96), viskositas (ASTM D 445-15), dan warna (*Saybolt color*) yang dilakukan pada konsentrasi antioksidan optimal, yakni triptamin 500 ppm, PPD 27 ppm, dan AO R 30 ppm.

D. Hasil Pengujian Sifat Fisik *Gasoline*

Uji sifat fisik *gasoline* dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh dari penambahan aditif antioksidan yaitu *gasoline* sebelum dan sesudah diberi antioksidan. Hasil pengujian lalu dibandingkan dengan standar nilai bahan bakar. Sehingga dapat diketahui antioksidan yang paling efektif. Hasil pengujian sifat fisik *gasoline* disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Analisa Pengujian Sifat Fisika *Gasoline*

Sifat Fisika	Standar Nilai			Hasil uji			
	Satuan	Standar		<i>Gasoline</i> (kontrol)	<i>Gasoline</i> + Tripta min 500 ppm	<i>Gasoline</i> + PPD 27 ppm	<i>Gasoline</i> + AO R 30 ppm
		Min.	Maks.				
Berat jenis (T=15 °C),	g/mL	0.715 (Kement rian ESDM, 2013)	0.770 (Kement rian ESDM, 2013)	0.72807	0.72768	0.7268	0.72601
Viskositas kinematik (40 °C)	cSt	0.5 (Annex II of EC regulation, 2006)	0.75 (Annex II of EC regulation, 2006)	0.7376	0.6945	0.6888	0.6113
Warna	-16 s.d. +30			20.1	16.6	3.4	12.8

Keterangan: cSt (Centistoke); 1 cSt = 0, 01 St (Stoke) atau $0, 1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

Nilai viskositas yang diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$V_k = C \times t$$

Salah satu perhitungan yang nilai viskositas seperti pada sampel *gasoline*, yaitu:

$$\begin{aligned} V_k &= C \times t \\ &= 0.0025965 \times 284.76 = 0.73938 \text{ cSt} \end{aligned}$$

Perhitungan lengkap nilai viskositas dari *gasoline* yang ditambahkan antioksidan dapat dilihat pada lampiran 5, hlm. 64.

Berdasarkan pada tabel diatas menunjukkan bahwa penambahan triptamin, AO R, serta PPD memberikan pengaruh sifat fisik *gasoline*. Hasil densitas, viskositas dan warna *gasoline* menyebabkan terjadinya penurunan jika dibandingkan tanpa antioksidan.

1. Densitas dan Viskositas Kinematik Setelah Penambahan Antioksidan

Hasil nilai densitas dan viskositas kinematik *gasoline* yang ditunjukkan pada tabel 5, diperoleh nilai densitas maupun viskositas kinematik *gasoline* (kontrol) lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan antioksidan. Densitas dipengaruhi oleh massa, ukuran, dan susunan atom-atom atau molekul dengan kata lain kerapatannya (*American Chemical Society*, 2016). Sedangkan viskositas kinematik *gasoline* dipengaruhi oleh temperatur, gaya tarik antar molekul, ukuran molekul, serta jumlah molekul-molekul terlarut.

Hasil uji densitas maupun viskositas *gasoline* tinggi dikarenakan gaya tarik antar molekul yang berdekatan tanpa adanya tolak menolak karena hanya gaya kohesi yang mempengaruhi. Gaya kohesi ialah gaya tarik menarik antar molekul sejenis, yakni antara molekul hidrokarbon saja. Sedangkan nilai densitas dan viskositas kinematik *gasoline* menurun jika ditambahkan dengan antioksidan.

Penambahan antioksidan didalam *gasoline* menyebabkan adanya interaksi berupa tolak menolak antara antioksidan dengan komponen *gasoline* sehingga kerapatannya menjadi lebih renggang dibandingkan kerapatan *gasoline* tanpa antioksidan. Ditinjau berdasarkan struktur antioksidan yang diujikan baik triptamin dan PPD memiliki gugus polar yaitu $-NH_2$. Perbedaan kepolaran pada *gasoline* menyebabkan adanya jarak antar molekul yang besar, perubahan kerapatan tersebut menyebabkan volume menjadi semakin luas. Kerapatan tersebut menyebabkan gaya gesekan antar antioksidan dan *gasoline* juga renggang (berjauhan) sehingga molekul lebih mudah bergerak sehingga

lebih mudah mengalir yang ditunjukkan dengan nilai viskositas yang lebih rendah.

Dari ketiga antioksidan penambahan PPD dengan menunjukkan nilai densitas *gasoline* yang lebih kecil jika dibandingkan triptamin dan AO R. Perbedaan densitas tersebut dipengaruhi oleh massa antioksidan yang ditambahkan ke *gasoline*. PPD memiliki berat molekul sebesar 108.159 g/mol, sedangkan pada triptamin memiliki berat molekul sebesar 160.217 g/mol. Sehingga, sekalipun objek dengan volume yang sama jika memiliki massanya berbeda maka kerapatan molekulnya juga berbeda (*American Chemical Society*, 2016). Artinya, densitas yang diperoleh juga berbeda-beda jika massa penyusun molekulnya juga berbeda. Berat molekul besar menandakan ukuran molekul yang ditambahkan ke *gasoline* juga besar, begitu pula sebaliknya. Pada sampel yang memiliki ukuran besar akan berdampak pada pergerakan molekul didalam *gasoline* yang semakin sempit, sehingga nilai viskositasnya menjadi lebih tinggi akibat melambatnya laju alirnya.

Nilai viskositas mengindikasikan kemudahan untuk dipompa. Semakin tinggi nilai viskositas mengindikasikan kekentalan yang semakin tinggi yang beresiko pada pengabutan bahan bakar didalam karburator mesin kendaraan (Wiratmaja, 2010). Sedangkan, penggunaan antioksidan yang memberikan nilai viskositas rendah disarankan karena lebih mudah mengalir, sehingga kerja pompa menjadi ringan.

Berdasarkan hasil analisa diatas, diperoleh informasi bahwa nilai densitas yang diukur pada suhu 15⁰C serta uji viskositas kinematik pada suhu 40⁰C pada penambahan antioksidan menunjukkan adanya penurunan nilai densitas jika dibandingkan dengan *gasoline* tanpa antioksidan (kontrol) akibat adanya interaksi antara antioksidan dan *gasoline*. Data lengkap hasil uji densitas dapat dilihat di lampiran 4, hlm. 64 sedangkan hasil uji viskositas ada di lampiran 5, hlm. 64-66.

2. Warna Setelah Penambahan Antioksidan

Berdasarkan tabel 5, antioksidan yang memberikan nilai warna mendekati standar *gasoline* ialah triptamin dan AO R. Hasil uji warna pada antioksidan triptamin didalam *gasoline* menunjukkan bahwa warna yang dihasilkan lebih terang jika dibandingkan AO R dan PPD. Sedangkan AO R sedikit lebih gelap dibandingkan triptamin dikarenakan pengaruh warna dasar antioksidan AO R yang hitam. Namun, warna *gasoline* yang dihasilkan masih dalam rentang standar. Hal ini sesuai dimana antioksidan sebagai aditif tidak boleh memberikan dampak perubahan warna, melainkan harus jernih dan stabil sesuai warna asli *gasoline* (Kementerian ESDM, 2013 dan Wahyudi, 2014). Sedangkan penambahan PPD memberikan hasil warna yang gelap, yakni coklat terang.

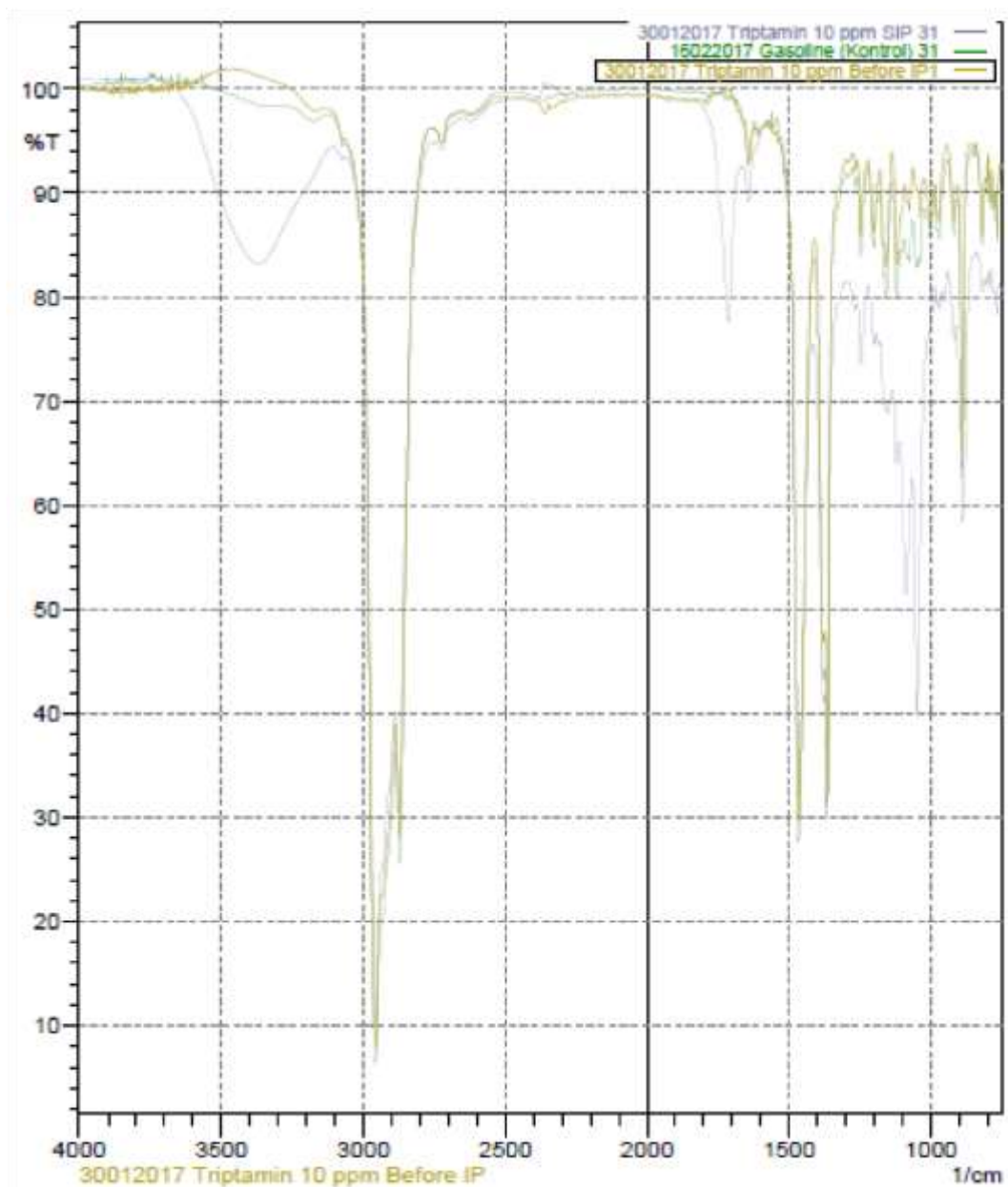
Larutan PPD memberikan hasil uji yang lebih gelap dibandingkan larutan triptamin dan AO R, hal ini dikarenakan PPD sudah teroksidasi oleh oksigen diudara. Namun, saat PPD teroksidasi bukan peroksida yang terbentuk melainkan PPD quinonediimina. Persamaan reaksinya dapat dilihat pada gambar 12 halaman 31. Perubahan warna yang terjadi pada *gasoline* setelah ditambahkan PPD menjadi coklat tidak sesuai dengan ketentuan kementerian ESDM tahun 2013 dimana *gasoline* harus berwarna terang. Oleh karena itu, pemanfaatan PPD untuk *gasoline* tidak dapat diaplikasikan (tidak efektif) walaupun PPD merupakan inhibitor oksidasi yang efektif (L. Ackermann, 1968).

Hasil uji warna menunjukkan bahwa penambahan triptamin dan AO R didalam *gasoline* sesuai standar yang ditetapkan oleh kementerian ESDM tahun 2013. Penambahan PPD tidak disarankan untuk *gasoline*, sedangkan triptamin disarankan karena tidak mengubah warna *gasoline* itu sendiri.

D. Perubahan Komponen Yang Dialami *Gasoline* Menggunakan Analisa FTIR

Perubahan komponen dianalisa pada sampel *gasoline* (kontrol, non AO), penambahan AO didalam *gasoline*, serta hasil oksidasi dari sampel antioksidan

didalam *gasoline*. Antioksidan yang digunakan didalam *gasoline* ialah triptamin. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui perubahan komponen yang terjadi selama proses oksidasi terhadap *gasoline* (Tamini dan Herdyastuti, 2013). Oleh karena itu, pengujian menggunakan sampel sebelum dan sesudah ditambahkan antioksidan, serta sampel yang sudah dioksidasi. Gambar 20 menunjukkan hasil analisa IR pada ketiga sampel tersebut.

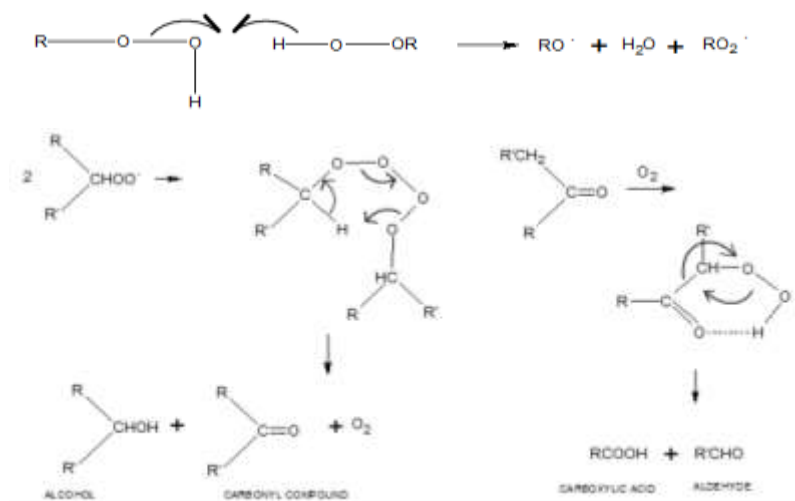


Gambar 20. Spektrum *Infra Red* dari *Gasoline* Sebelum Dan Sesudah Periode Induksi

Analisa FTIR pada komponen sampel yang belum dioksidasi yakni sampel *gasoline* (kontrol, non AO) dengan *gasoline* yang ditambahkan triptamin menunjukkan bahwa kedua sampel memiliki hasil spektrum yang hampir sama, namun berbeda nilai transmittannya. Perbedaan yang terjadi karena adanya perbedaan persentasi penyerapan (absorbansi) terhadap frekuensi ikatan-ikatan molekul yang terserap (Suseno dan Firdausi, 2008). Artinya kedua sampel tidak mengalami perubahan komponen berdasarkan analisa gugus fungsi.

Sedangkan pada sampel hasil uji periode induksi (teroksidasi) saat dibandingkan dengan sampel sebelum teroksidasi menunjukkan spektrum yang sangat berbeda, yakni munculnya beberapa gelombang baru. Panjang gelombang tersebut tidak ada pada sampel yang belum teroksidasi. Hal ini menunjukkan bahwa sampel yang teroksidasi mengalami perubahan komponen (gugus fungsi), yang dapat menghasilkan produk baru.

Berdasarkan gambar 20, perubahan spektrum yang terlihat jelas terjadi pada bilangan gelombang 3371.57 cm^{-1} . Daerah $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus fungsi O-H alkohol. Spektrum lain yang muncul ialah pada panjang gelombang 1712.79 cm^{-1} yang diduga merupakan gugus aldehyd karena berada pada daerah $1720\text{--}1680\text{ cm}^{-1}$ (Stuart, 2004). Diperoleh informasi bahwa sampel yang teroksidasi mengandung gugus alkohol dan aldehyd.



Gambar 21. Dekomposisi Hidroperoksida
Sumber: ASM Handbook, 1992

Alkohol dan aldehid berasal dari dekomposisi senyawa hidroperoksida ditunjukkan pada gambar 21 [Maurice (1966), E.N. Frankel (1984), Handoko, dkk (2009)]. Aldehid terbentuk dari fragmentasi hidroperoksida. Sedangkan ikatan rangkap konjugasi terhadap gugus karbonil dengan mudah terurai menjadi senyawa aldehida (Belitz and Grosch 1999 dalam Handoko, dkk, 2009).

Berdasarkan analisa tersebut *gasoline* sebelum dioksidasi tidak mengalami perubahan komponen sedangkan pada *gasoline* yang sudah teroksidasi mengalami perubahan komponen dimana terbentuknya senyawa alkohol, aldehid.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, uji aktivitas antioksidan melalui uji periode induksi dan uji *gum*, serta uji sifat fisik dari *gasoline* yang ditambahkan antioksidan diperoleh informasi bahwa triptamin dapat berperan sebagai antioksidan pada *gasoline* dengan aktivitas yang diperoleh pada konsentrasi yang tinggi. Namun, triptamin tidak memenuhi standar pada uji *gum*.

B. Saran

Pada penelitian ini masih banyak kekurangan diantaranya belum diketahui batas penambahan maksimal dari penambahan triptamin karena masih mengalami peningkatan hingga 1000 ppm, serta belum diketahui konsentrasi yang tepat bagi triptamin tanpa memberikan dampak bagi kualitas *gasoline*. Diharapkan kekurangan-kekurangan dari penelitian ini dapat diterapkan dalam penelitian selanjutnya jika ingin mengetahui aktivitas antioksidannya didalam *gasoline*.

DAFTAR PUSTAKA

- A.Groysman. 2014. Corrosion in Systems for Storage and Transportation of Petroleum Products and Biofuels. *Journal of Fuel Additives*. Vol. XIX: hlm.23-32.
- Anggraini, Arum. 2007. PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI ANTIOKSIDAN TERHADAP KETAHANAN OKSIDASI BODIESEL DARI JARAK PAGAR (*Jatropha Curcas*, L.) [skripsi]. Bogor: IPB. FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN.
- Assufi, Hawari. 2014. Kajian Kinerja Surfaktan Alkil Poliglikosida dan Polimer Poliakrilamida untuk *Enhanced Oil Recovery*. Pertamina: Research & Development Pertamina.
- American Chemical Society. 2016. Chapter 3, Lesson 1: What is Density?. Middle School Chemistry-www.middleschoolchemistry.com. [26 juli 2017].
- Anam, Chairul; Sirojudin, Firdausi, K.Sofyan. 2007. ANALISIS GUGUS FUNGSI PADA SAMPEL UJI, BENSIN DAN SPIRITUS MENGGUNAKAN METODE SPEKTROKOPI FTIR. *Jurnal Fisika*. Vol. 10, No.1: hlm.79-85.
- Annex II of EC Regulation. 2006. SAFETY DATA SHEET Unleaded Gasoline 95 Octane (Premium). Turki: OMV PETROL OFİSİ A.Ş.
- ASTDR, 1995. Toxicological Profil For Gasoline. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- ASTM D381. 1999. Standard Test Method for Gum Content in Fuels by Jet Evaporation. American Society for Testing and Materials: *Department of Defense*
- ASTM D 445-04. 1990. Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and the Calculation of Dynamic Viscosity). American Society for Testing and Materials: *Department of Defense*.
- ASTM D 525-02. 1995. Standard Test Method for Oxidation Stability of gasoline (Induction Period Meethod). American Society for Testing and Materials: *Department of Defense*.
- ASTM D 4052-96. Standard Test Method for Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter. American Society for Testing and Materials: *Department of Defense*.
- ASTM D 156-02. Standard Test Method for Saybolt Color of Petroleum Products (Saybolt Chromometer Method). American Society for Testing and Materials: *Department of Defense*.

- B. Cao, Y. Liang, C. Xu, and J. Gao. 2008. Effects of Chemical Components on Stability of FCC Gasoline. *Journal of Petroleum Science and Technology*. Vol. 26: hlm. 245–255.
- Birben, Esra; Sahiner, Umit Murat; Sackesen, Cansin; Erzurum, Serpil dan Kalayci, Omer. 2012. Oxidative Stress and Antioxidant Defense. *World Allergy Organization Journal*.
- C.J. Pedersen.1956. Mechanism of Antioxidant Action in Gasoline. *Journal of INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY*. Vol. 48: hlm.1881-1884.
- C. M. BARRINGER. 1955. Antioxidant Sweetening of Gasolines: *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Vol. 47, No.5: hlm.1022-1027.
- Chemicalbook. 2016. 3,5-DIETHYLTOLUENE-2,4-DIAMINE dalam http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB7347456_EN.htm [13 Juli 2017].
- ChemSpider. 2015. 2,3,4-Trimethyl-2-pentene dalam <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.10796.html> [19 Juli 2017].
- Coulter, Eve M.; Farrell, John; Mathews, Karen L.; Maggs, James L.; Pease, Camilla K.; Lockley, David J.; Basketter, David A.; Park, B. Kevin and Dean J. Naisbitt. 2007. Activation of Human Dendritic Cells by *p*-Phenylenediamine. *JOURNAL OF PHARMACOLOGY AND EXPERIMENTAL THERAPEUTICS*. Vol. 320, No. 2: hlm. 885-891.
- Dantas, T.N. Castro; M.S.G. Dantas; A.A. Dantas Neto; C.V. D'Ornellas; L.R. Queiroz. 2003. Novel antioxidants from cashew nut shell liquid applied to gasoline stabilization. *Journal of Fuel*. Vol.82: hlm. 1465–1469.
- Delaware Health and Social Services. 2013. Gasoline. Division of Public Health: Delaware Health and Social Services.
- Domingos, Anderson K.; Saad, Emir B.; Vechiatto, Wellington W. D.; Wilhelm, Helena M. and Luiz P. Ramos. 2007. The Influence of BHA, BHT and TBHQ on the Oxidation Stability of Soybean Oil Ethyl Esters (Biodiesel). *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 18, No. 2: hlm. 416-423.
- E.N. Frankel. 1984. Lipid Oxidation: Mechanisms, Products and Biological Significance. *Journal of The American Oil Chemists Society*. Vol. 61, No. 12: hlm. 1908-1917.
- Freedonia Group. 2012. Specialty Fuel Additives US Industry Study with Forecasts for 2016 & 2021. Freedonia Group: Freedonia.
- G.Moretti, F. Guidi, G. Grion. 2004. Tryptamine as a green iron corrosion inhibitor in 0.5 M deaerated sulphuric acid. *Journal of Corrosion Science*. Vol. 46: hlm. 387-403.

- Gupta, Anurag Ateet; Puri, Suresh Kumar; Chand, Subhash; Sharma, Kumar; Manoharan, Rajagopal; Prashad, Rameshwar; Raje, Niranjana Raghunath; dan Bhatnagar, Akhilesh Kumar. 2008. Antioxidant Composition for Motor Gasoline. United States Patent No. 7.470.292 B2.
- H. M. Hassan. 2011. Utility of Bacterial Biomass as Antioxidant, Anticorrosive, and Antifriction Additives for Lubricating Oils. Taylor & Francis: Petroleum Science and Technology.
- Handoko, Donatus Setyawan P.; Triyono; Narsito; Dwi, Tutik. 2009. Peningkatan Kualitas Minyak *Jelantah* Menggunakan Adsorben H5-NZA dalam Reaktor Sistem *Fluid fixed bed*. *Jurnal ILMU DASAR*, Vol. 10 No. 2: hlm. 121-132.
- ICCT. 2011. AN INTRODUCTION TO PETROLEUM REFINING AND THE PRODUCTION OF ULTRA LOW SULFUR GASOLINE AND DIESEL FUEL. MathPro: PETROLEUM REFINING AND THE PRODUCTION OF ULSD AND ULSD.
- Indrayana, Rony. 2008. Efek Antioksidan Ekstrak Etanol 70% Daun Salam (*Syzygium polyanthum* [Wight.] Walp.) Pada Serum Darah Tikus Putih Jantan Galur Wistar Yang Diinduksi Karbon Tetraklorida (CCl₄) [skripsi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta. Fakultas Farmasi.
- J. Bennett, 2014. Advanced Fuel Additives For Modern Internal Combustion Engines. UK: Afton Chemical Limited.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2013. *Supply Demand Energy*. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral: Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kesuma, Sayuti dan Rina Yenrina. 2015. Antioksidan Alami dan Sintetik. Padang: Andalas University Press.
- Khotimah, Khusnul; Darius dan Sasmito, Bambang Budi. 2013. Uji Aktivitas Senyawa Aktif Alga Coklat (*Sargassum fillipendulla*) Sebagai Antioksidan Pada Minyak Ikan Lemuru (*Sardinella longiceps*). *THPi STUDENT JOURNAL*: Vol.I, No.1: hlm. 10-20.
- L. Ackermann. 1968. Gum Formation in Cracked Gasoline Polymerization of Cyclopentadiene. Budapest: Department of Chemical Technology.
- L.M. Pot, S.M. Scheitza, P.-J. Coenraads, B. Blomeke. 2013. Penetration and haptentation of p-phenylenediamine. APA: University of Groningen.
- Lestari, Hera. 2008. Analisis Dekomposisi Termal Batubara Sub-Bituminus Muara Bungo Jambi dengan *Differential Thermal Gravimetry* [skripsi]. Depok: UI. FMIPA.

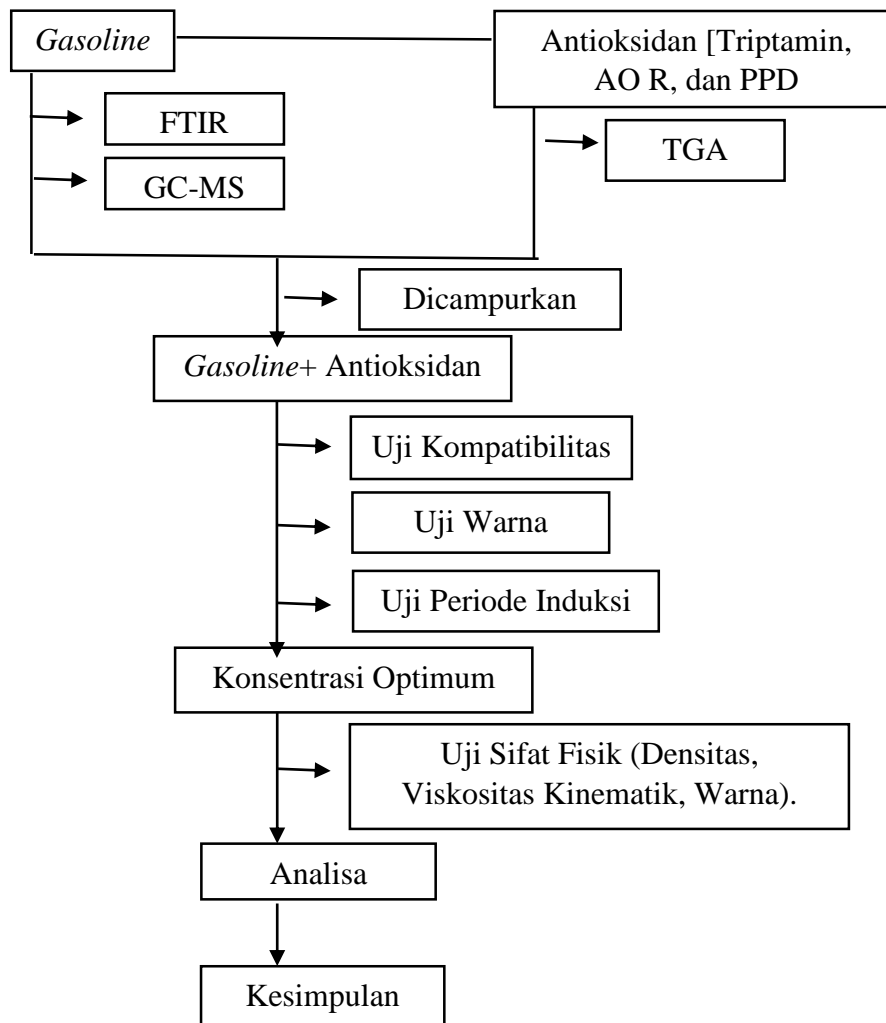
- Lontoh, Lucky; Clarke, Kieran dan Christopher Beaton. 2014. Tinjauan Subsidi Energi di Indonesia. International Institute for Sustainable Development: Global Subsidies Initiative.
- M.S. Brewer. 2011. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. *Journal Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol. 10: hlm. 221-247.
- Marcos A. Carvalho, Eduardo G.R. Arruda, Daniel M. Profirio, Alexandre F. Gomes, Fabio C. Gozzo, Andre L.B. Formiga, Pedro P. Corbi. 2015. Chemical and spectroscopic characterizations, ESI-QTOF mass spectrometric measurements and DFT studies of new complexes of palladium(II) with tryptamine and mefenamic acid. *Journal of Molecular Structure*. Vol. 1100: hlm. 6-13.
- MAURICE E. LE PERA. 1966. Investigation of The Autoxidation of Petroleum Fuels. Virginia: U.S. ARMY COATING AND CHEMICAL LABORATORY.
- Merck. 2017. 102952 Dimetil sulfoksida dalam http://www.merckmillipore.com/ID/id/product/Dimethyl-sulfoxide,MDA_CHEM-102952?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.co.id%2F [13 juli 2017].
- Meyer, Axel and Fischer, Klaus. 2015. Oxidative transformation processes and products of para-phenylenediamine (PPD) and para-toluenediamine (PTD)—a review. *Journal of Environmental Science Europe*. Vol. 27, No.11: hlm. 1-16.
- Mónica S. Estevão, Luísa C. Carvalho, Daniela Ribeiro, Diana Couto, Marisa Freitas, Ana Gomes, L.M. Ferreira, Eduarda Fernandes, M. Manuel B. Marques. 2010. Antioxidant activity of unexplored indole derivatives: Synthesis and screening. *Journal of Medicinal Chemistry*. Vol.45: hlm.4869-4878.
- Mufidah, Syarifatul. 2014. Modifikasi Struktur Senyawa Etil p-metoksisinamat yang Diisolasi dari Kencul (*Kaempferia galangal* Linn.) Melalui Transformasi Gugus Fungsi Serta Uji Aktivitas Sebagai Antiinflamasi [skripsi]. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Naibaho, Antoni Bona Foncus. 2008. Pengaruh Viskositas dan Tekanan terhadap Jumlah Porsen Volum Fraksi Bensin. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- NCBI. 4-(Butylamino) phenol dalam <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7665#section=Top> [13 juli 2017].

- [NJDHSS] New Jersey Department of Health and Senior Service. 1999. Hazardous Substance Fact Sheet: p-Phenylendiamine. New Jersey: New Jersey Department of Health and Senior Service.
- NIXON, A.C., MINOR, H. B. and G. M. CALHOUN. 1956. Effect of Alkyl Phenols on Storage and Manifold Stability of Gasolines. California: Shell Development Co.
- O.D. Adeniyi; M.I. Adeniyi; A.S. Kovo; U.G. Akpan; M.U. Garba and J.O. Nafiu. 2015. Cashew nutshell liquid extract as antioxidant for gasoline stabilization. *Journal of Biofuels*. Vol.5-6: hlm. 291-294.
- Pereira, Rita C.C.dan Vanya M.D. Pasa. 2006. Effect of mono-olefins and diolefins on the stability of automotive gasoline. *Journal of Fuel*. Vol. 85: hlm. 1860-1865.
- Pradelle, Florian; Braga, Sergio L.; Martins, Ana Rosa F. A.; Turkovics, Franck and Renata N. C. Pradelle. 2015. Gum Formation in Gasoline and Its Blends: A Review. *Journal of Energy Fuels*. Vol. 29: hlm. 7753–7770.
- Ratnagiri-chemicals.com. Gasoline Antioxidant dalam <http://www.ratnagirichemicals.com/downloads/gasoantioxidant.pdf> [27 Juli 2017].
- Renewable Fuels Foundation. 2009. Changes in Gasoline IV: The Auto Technician's Guide to Spark Ignition Engine Fuel Quality: Renewable Fuels Foundation.
- Santa Cru Biotechnology, Inc. 2011. Tryptamine. Canada: Santa Cruz Biotechnology, Inc.
- Setiaji, Guntur. 2014. Karakterisasi dan Uji Aktivitas Antioksidan Minyak Hasil Ekstraksi Biji Honje (*Etilingera elatior*)[skripsi]. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Shell.1999. *Gasoline*. Canada: Shell.
- Sigma Aldrich. 2017. 2,6-Di-*tert*-butylphenol. Merck: Sigma Aldrich dalam <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/d48400?lang=en®ion=ID> [13 juli 2017].
- Silviah, Siti, Chomsin S. Widodo, Masrurroh. 2015. PENGGUNAAN METODE FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) UNTUK MENGIDENTIFIKASI GUGUS FUNGSI PADA PROSES PEMBALURAN PENDERITA MIOMA. Universitas Brawijaya: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya
- Stashenko, Elena dan Martinez, Jairo Rene. 2014. Gas Chromatography-Mass Spectrometry. Colombia: INTECH.

- Stavinoha, Leo L.v, dan Bowden, John N. 1990. Evaluation of Motor Gasoline Stability. Virginia: Defense Technical Information Center, Cameron Station.
- Stuart, Barbara. 2004. Infrared Spectriscopy: Fundamental and Applications. Wiley: ANTS.
- Suseno, Jatmiko Endro; Firdausi, K.Sofjan. 2008. Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Jurnal Fisika*. Vol.11, No.1: hlm.23-28.
- T.R.U.E. TEST. 2014. p-Phenylendiamine dalam truetest.com. p-Phenylendiamine-Patient-Info
- T.N. Castro Dantas, M.S.G. Dantas, A.A. Dantas Neto, C.V. D'Ornellas, L.R. Queiroz. 2003. Novel antioxidants from cashew nut shell liquid applied to gasoline stabilization. *Journal of Fuel*. Vol.82: hlm. 1465–1469.
- Taghvaei, Mostafa and Jafari, Seid Mahdi. 2013. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. *Journal of Food Scientists & Technologists: Association of Food Scientists & Technologists*
- Tamini, Mizan; Herdyastuti. 2013. Analisis Gugus Fungsi Dengan Menggunakan Spektroskopi FT-IR dari Variasi Kitin Sebagai Substrat Kitinase Bakteri *Pseudomonas sp.* TNH-54. *UNESA Journal of Chemistry*. Vol. 2, No. 2: hlm. 47-51.
- Tempo.co.. 2015. Ini Beda Premium, Peralite, Pertamina, dan Pertamina Plus dalam <https://m.tempo.co/read/news/2015/06/25/092678224/ini-beda-premium-pertalite-pertamax-dan-pertamax-plus> [23 Juli 2017].
- Venkatadri, Ramray A.; R. G. Presenti, both of Houston, Tex. 1996. Stabilization of Gasoline and Gasoline Mixtures. US Patent No. 5,509,944.
- Wahyudi, Wanda. 2014. Pengaruh Penambahan Bahan Aditif Ekstrak Daun Kapuk Terhadap Pengolahan Oli bekas Menjadi Oli Standar Layak Pakai. Politeknik Negeri Sriwijaya: Jurusan Teknik Kimia.
- Tahir, Iqmal. 2013. Kimia Zat Padat: Teknik Analisis Termal pada Padatan. UGM: Jurusan Kimia. Iqmal-kimia-zat-padat
- Wiratmaja, I Gede. 2010. Bensin Murni. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*. Vol. 4, No.2: hlm. 145-154.
- Y. Demirel. 2012. Energy Production, Conversion, Storage, Conservation and Coupling. ISBN: 978-1-4471-2371-2.
- Zuleta, Ernesto C.; Baena, Libia; Rios, Luis A. and Calderón, Jorge A. 2012. The Oxidative Stability of Biodiesel and its Impact on the Deterioration of Metallic and Polymeric Materials: a Review. *J. Braz. Chem. Soc*. Vol. 23, No. 12: hlm. 2159-2175.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Penelitian

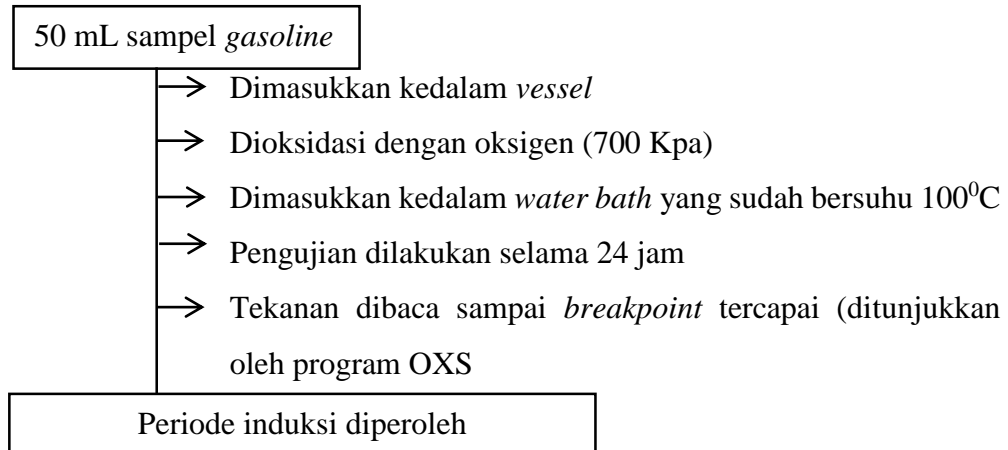


Gambar 22. Desain Penelitian

Lampiran 2. Diagram Alir Prosedur Penelitian

a. Uji Stabilitas Oksidasi

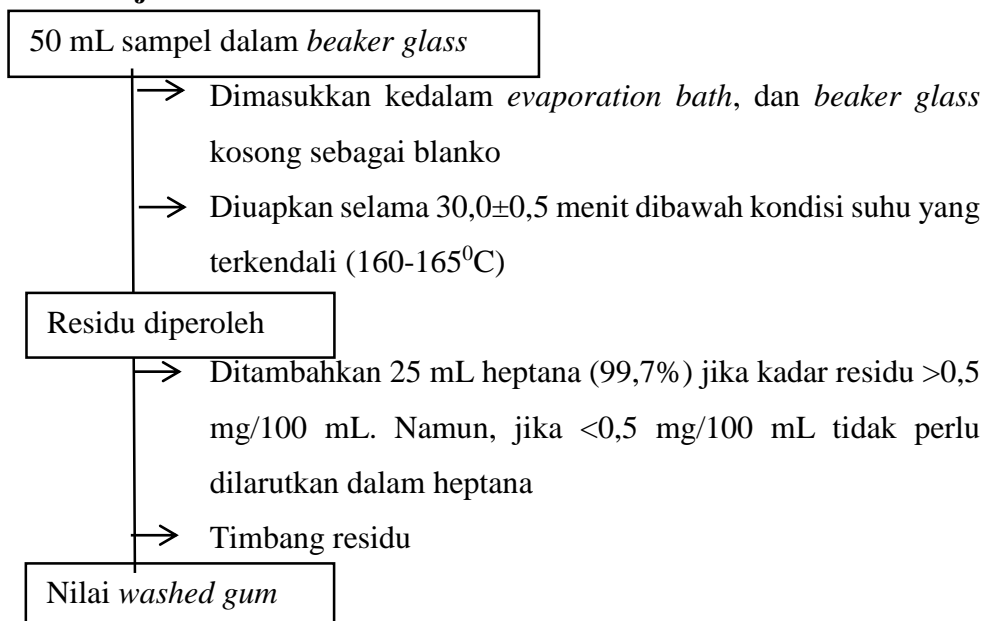
i. Uji Periode Induksi



Gambar 23. Diagram Alir Uji Periode Induksi

Ket: Melakukan tahapan yang sama, dengan mengganti sampel *gasoline* yang ditambahkan triptamin serta AO R dengan konsentrasi 0, 10, 15, 20, 30, 50 ppm. Sedangkan PPD pada 27 ppm.

ii. Uji Gum

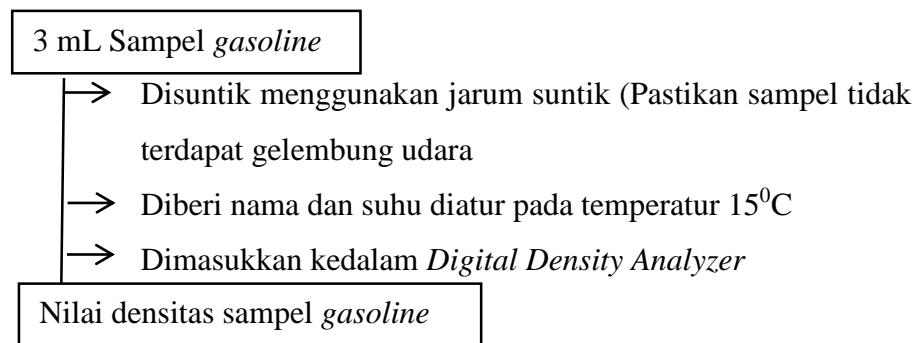


Gambar 24. Diagram Alir Uji Gum

Ket: Melakukan tahapan yang sama, dengan mengganti sampel yaitu *gasoline* yang ditambahkan triptamin, AO R dan PPD pada konsentrasi optimum sesuai hasil periode induksi (secara bergantian)

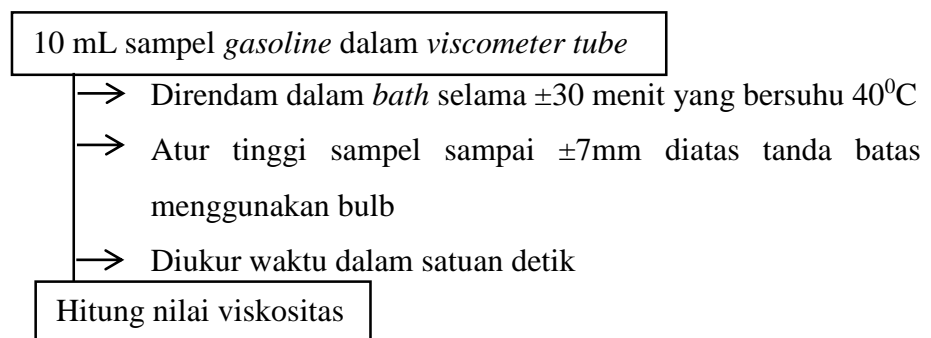
b. Uji Sifat Fisik *Gasoline*

i. Densitas Setelah Penambahan Antioksidan



Gambar 25. Diagram Alir Uji Densitas

ii. Viskositas Kinematik Setelah Penambahan Antioksidan



Gambar 26. Diagram alir uji viskositas kinematik

- Ket:**
- Jika waktu alir kurang 200 detik, pilih viskometer dengan diameter kapiler yang lebih kecil
 - Ulangi langkah percobaan tersebut, namun dengan memberikan penambahan antioksidan triptamin, AO R, dan PPD dengan konsentrasi optimum secara bergantian kedalam *gasoline*.

Lampiran 3. Perhitungan Uji Gum Setelah Penambahan Antioksidan

a. Kadar *Gum Gasoline* (Kontrol)

i. Pengulangan I

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.8052-55.7946+56.25-56.2499) \\ &= 21.4 \end{aligned}$$

ii. Pengulangan II

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.7662-55.7555+55.5606-55.5605) \\ &= 21.6 \end{aligned}$$

iii. Pengulangan III

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (56.2609-56.2503+55.5606-55.5605) \\ &= 21.4 \end{aligned}$$

$\text{Nilai } S \text{ (washed gum)} = \frac{21.4+21.6+21.4}{3} = \mathbf{21.47}$
--

b. Kadar *Gum Gasoline* Yang Ditambahkan Triptamin 500 ppm

i. Pengulangan I

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.6855-55.6547+56.25-56.2499) \\ &= 61.8 \end{aligned}$$

ii. Pengulangan II

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (56.0198-55.9935+55.5606-55.5605) \\ &= 52.8 \end{aligned}$$

iii. Pengulangan III

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.8212-55.7942+55.5606-55.5605) \\ &= 54.2 \end{aligned}$$

$\text{Nilai } S \text{ (washed gum)} = \frac{61.8+52.8+54.2}{3} = \mathbf{56.27}$
--

c. Kadar *Gum Gasoline* Yang Ditambahkan PPD 27 ppm

i. Pengulangan I

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.7583-55.7455+56.2500-56.2499) \\ &= 25.8 \end{aligned}$$

ii. Pengulangan II

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.7573-55.7450+55.5606-55.5605) \\ &= 24.8 \end{aligned}$$

iii. Pengulangan III

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.6656-55.6534+55.5606-55.5605) \\ &= 24.6 \end{aligned}$$

$\text{Nilai } S \text{ (washed gum)} = \frac{25.8+24.8+24.6}{3} = \mathbf{25.07}$
--

d. Kadar *Gum Gasoline* Yang Ditambahkan AO R 30 ppm

i. Pengulangan I

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.7662-55.7550+56.25.56.2499) \\ &= 22.6 \end{aligned}$$

ii. Pengulangan II

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.7461-55.7340+55.5606-55.5605) \\ &= 25.6 \end{aligned}$$

iii. Pengulangan III

$$\begin{aligned} S &= 2000 (C-D+X-Z) \\ &= 2000 (55.5269-55.5141+55.5606-55.5605) \\ &= 25.8 \end{aligned}$$

$\text{Nilai } S \text{ (washed gum)} = \frac{21.4+21.6+21.4}{3} = \mathbf{24.67}$
--

Lampiran 4. Hasil Uji Densitas (@15⁰C Setelah Penambahan Antioksidan

Tabel 6. Nilai Densitas Setelah Penambahan Antioksidan

No.	Perlakuan	Hasil Pengujian (g/mL)			
		I	II	III	Hasil
1	<i>Gasoline</i>	0.72384	0.72541	0.73497	0.72807
2	<i>Gasoline</i> + Triptamin 500 ppm	0.72885	0.72702	0.72717	0.72768
3	<i>Gasoline</i> + AO RU III 30 ppm	0.72475	0.72682	0.72647	0.72601
4	<i>Gasoline</i> + p-Fenilendiamin 27 ppm	0.7253	0.72724	0.72787	0.7268

Lampiran 5. Perhitungan Nilai Viskositas Kinematik (@ 40⁰C, C= 0.0025965) Setelah Penambahan Antioksidan

a. Nilai Viskositas Kinematik *Gasoline* (non AO)

i. Pengulangan I (t = 4.44.76)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 284.76 = 0.73938 \text{ cSt}$$

ii. Pengulangan II (t = 4.44.84)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 284.84 = 0.73959 \text{ cSt}$$

iii. Pengulangan III (t = 4.51.85)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 291.85 = 0.75779 \text{ cSt}$$

Nilai $V_k = \frac{(0.73938 + 0.73959 + 0.75779) \text{ cSt}}{3} = \mathbf{0.74559 \text{ cSt}}$
--

b. Nilai Viskositas Kinematik *Gasoline* Yang Ditambahkan Triptamin 500 ppm

i. Pengulangan I (t = 4. 35.94)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 275.94 = 0.71648 \text{ cSt}$$

ii. Pengulangan II (t = 4.21.90)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 261.61 = 0.67927 \text{ cSt}$$

iii. Pengulangan III (t = 4. 26.90)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 266.90 = 0.69301 \text{ cSt}$$

$\text{Nilai } V_k = \frac{(0.71648 + 0.67927 + 0.69301) \text{ cSt}}{3} = \mathbf{0.69625 \text{ cSt}}$
--

c. Nilai Viskositas Kinematik Gasoline Yang Ditambahkan PPD 27 ppm**i. Pengulangan I (t = 4.26.66)**

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 266.66 = 0.69238 \text{ cSt}$$

ii. Pengulangan II (t = 4.30.99)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 270.99 = 0.70363 \text{ cSt}$$

iii. Pengulangan III (t = 4.20.24)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 260.24 = 0.67571 \text{ cSt}$$

$\text{Nilai } V_k = \frac{(0.69238 + 0.70363 + 0.67571) \text{ cSt}}{3} = \mathbf{0.69057 \text{ cSt}}$
--

d. Nilai Viskositas Kinematik Gasoline Yang Ditambahkan AO R 30 Ppm**i. Pengulangan I (t = 3.57.49)**

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 237.49 = 0.61664 \text{ cSt}$$

ii. Pengulangan II (t = 3.55.67)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 235.67 = 0.61192 \text{ cSt}$$

iii. Pengulangan III ($t = 3.54.88$)

$$V_k = C \times t$$

$$= 0.0025965 \times 234.88 = 0.60987 \text{ cSt}$$

$\text{Nilai } V_k = \frac{(0.61664 + 0.61192 + 0.60987) \text{ cSt}}{3} = \mathbf{0.61281 \text{ cSt}}$
--

Lampiran 6. Hasil Uji Warna Gasoline Setelah Penambahan Antioksidan

Tabel 7. Nilai Warna Gasoline Setelah Penambahan Antioksidan

No.	Perlakuan	Hasil Pengujian			
		I	II	III	Hasil
1	Gasoline	20.3	20	19.9	20.1
2	Gasoline + Triptamin 500 ppm	18.7	14.5	14.6	16.6
3	Gasoline + AO RU III 30 ppm	15.7	11.7	10.9	12.8
4	Gasoline + p-Fenilendiamin 27 ppm	10.7	2.4	-2.9	3.4

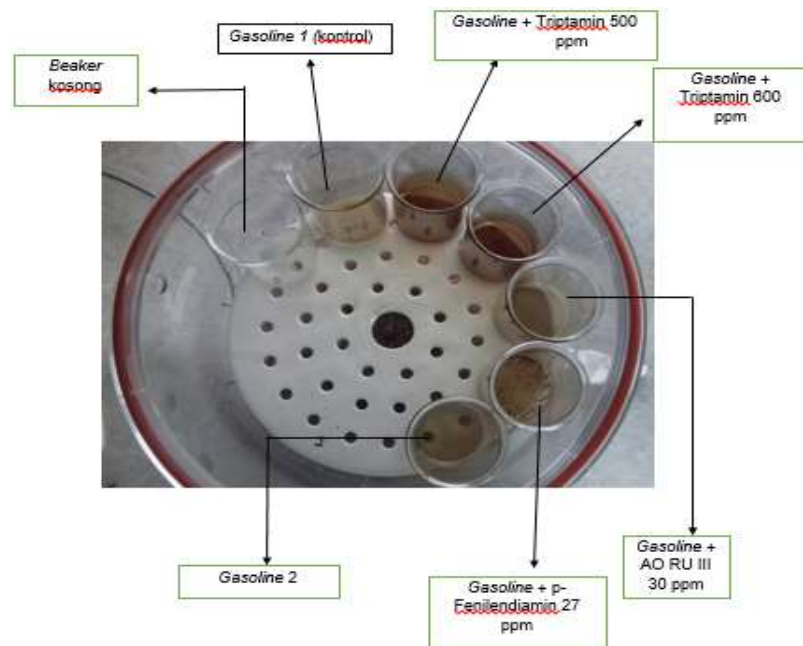
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian



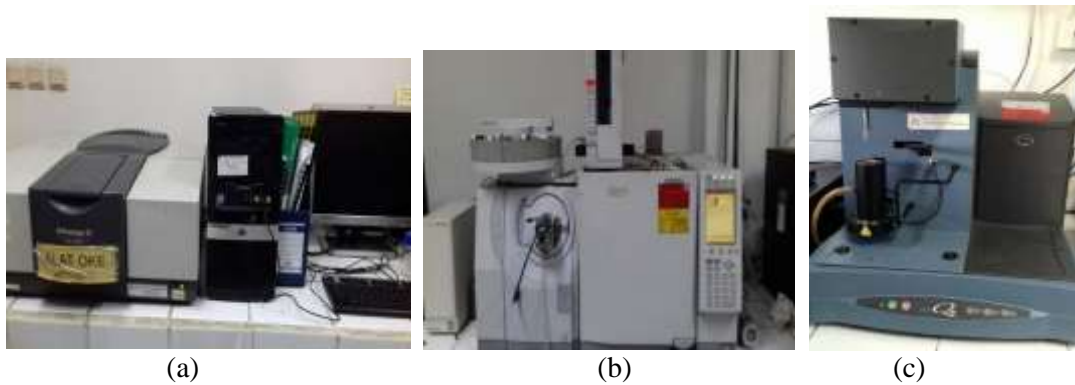
Gambar 27. Gasoline Yang Ditambahkan Berbagai Antioksidan



Gambar 28. Hasil Uji Periode Induksi Gasoline Setelah Penambahan Antioksidan



Gambar 29. Hasil Uji *Gum Gasoline* Setelah Penambahan Antioksidan



(a) (b) (c)
Gambar 30. Rangkaian alat instrumen (a) FTIR; (b) GC-MS; (c) TGA



Gambar 31. Rangkaian Alat Uji Periode Induksi



Gambar 32. Rangkaian Alat Uji Gum (*Air-Jet Evaporation*)



(a)

(b)

Gambar 33. (a) Rangkaian Alat *Density Meter*; (b) Neraca Analitik



(a)

(b)

Gambar 34. (a) Viskometer; (b) *Saybolt Chromometer*

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



NUR MEI ALFI FAJRIN. Dilahirkan di Jakarta pada tanggal 17 Mei 1995 dari ayah Alm. Bapak Abdul Hakim dan Ibu Danisah. Bertempat tinggal di Ujung Menteng Rt 011/002 No.3 Gg.I, Kelurahan Ujung Menteng, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur.

Penulis menyelesaikan Pendidikan formal di Taman kanak-kanak Al-Hikmah pada tahun 2003-2004, SDN 05 Ujung Menteng pada tahun 2004-2010, SMPN 193 Jakarta tahun 2010-2013. Pada tahun 2013 penulis lulus dari SMA Negeri 89 Jakarta dan pada tahun yang sama lulus Seleksi Nasional Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) sehingga penulis diterima menjadi mahasiswa di Jurusan dan Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis pernah melakukan Kunjungan Industri dan Kuliah Kerja Lapangan ke beberapa industri, seperti PT Krakatau Steel, PT Indonesia Power, BATAN, PT Semen Indonesia, PT Nippon Indosari Corpindo, dan Balai Benih Ikan Sukorejo. Selain itu, penulis juga pernah melakukan Kuliah Kerja Nyata di Desa Cikumpay, Purwakarta, Jawa Barat tahun 2016.

Aktivitas penulis hingga penulisan skripsi ini berlangsung, penulis pernah menjadi pembicara dalam acara Kajian Ilmiah Rutin BEM KIMIA UNJ dengan materi “Pengembangan *Entrepreneur* sebagai Investasi Pengembangan Berkelanjutan dalam Pemanfaatan SDA”, *Training of Trainee* KPM UNJ dalam kajian “Tempe” tahun 2016, serta pembicara “Metode Kuantitatif” dalam OAB KPM UNJ 2016. Selama masa kuliah, penulis pernah menjadi asisten Asisten Dosen untuk mata kuliah Praktikum Kinetika Kimia dan Praktikum Kimia Dasar. Pada tahun 2013/2014 dan 2016/2017. Selain itu sebagai penanggung jawab mata kuliah Komputer I, Statistika, Kimia Analitik, Kimia Lingkungan, Praktikum Kimia Anorganik. Organisasi yang pernah diikuti selama masa kuliah yaitu

Kelompok Peneliti Muda UNJ (KPM) sebagai staff P2P (Perencanaan dan Pengembangan Penelitian) dan Kepala Divisi P2P 2015-2016, serta Forum Bidik Misi sebagai staff SOSDIKLAT (Sosial, Pendidikan dan Pelatihan) tahun 2014-2015. Selanjutnya pada tahun 2016 s.d. awal tahun 2017 penulis diberikan kepercayaan sebagai jurnalis untuk WEB Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Prestasi yang pernah penulis dapatkan selama kuliah yaitu, Juara III LKTIN MARSS UNY tahun 2015, Finalis 10 Besar Lomba Program Kreativitas Mahasiswa yang diadakan oleh WR III tahun 2013, Juara I Lomba Program Kreativitas Mahasiswa bidang Penelitian yang diadakan oleh WR III tahun 2016, Hibah Program Kreativitas Mahasiswa bidang Penelitian yang diadakan oleh DIKTI tahun 2013/2014 dan 2016/2017, Juara III Mahasiswa berprestasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam tahun 2016. Penulis menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Triptamin Sebagai Antioksidan Untuk *Gasoline*” yang merupakan proyek kerjasama dengan Pertamina.