

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH RASIO *RIBBED SMOKED SHEET/ETHYLENE*
PROPYLENE DIENE MONOMER* DAN *CARBON BLACK
TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPON PADA
PEMBUATAN *PNEUMATIC FENDER*



OLEH :

MOHAMAD IBNU REVIAN (1514030)

HUSNUL FADHILLAH (1514032)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA
2018

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH RASIO *RIBBED SMOKED SHEET/ETHYLENE*
PROPYLENE DIENE MONOMER* DAN *CARBON BLACK
TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPON PADA
PEMBUATAN *PNEUMATIC FENDER*

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



OLEH :

MOHAMAD IBNU REVIAN (1514030)

HUSNUL FADHILLAH (1514032)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA
2018

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL PENELITIAN :

**PENGARUH RASIO *RIBBED SMOKED SHEET/ETHYLENE
PROPYLENE DIENE MONOMER* DAN *CARBON BLACK*
TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPON PADA PEMBUATAN
*PNEUMATIC FENDER***

DISUSUN OLEH :

NAMA : MOHAMAD IBNU REVIAN

HUSNUL FADHILLAH

NIM : 1514030

1514032

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian
akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI
Jakarta.

Jakarta, Juli 2018

Menyetujui,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmaribarso, MBA
NIP. 19540523 198003 1 004

Dosen Pembimbing



Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng
NIP. 195609101984032002

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN



BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI
Pusat Teknologi Material
Gedung 224 Kawasan Puspitek, Tangerang Selatan, 15314 Banten
Telepon (021) 7579-1324, Faksimile (021) 7579-1327, Website <http://www.bppt.go.id>

Nomor : B-33/PTM/BPPT/DL03.01/02/2018 Tangerang Selatan, 08 Februari 2018
Lampiran : -
Hal : Penelitian

Yth. Ketua Prodi Teknik Kimia Polimer
Politeknik STMI Jakarta

Menindaklanjuti surat permohonan dari Ketua Prodi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta Nomor: 396/TKP-PSTMI/12/2017, tanggal 20 Desember 2017 Perihal Penelitian dengan ini Direktur Pusat Teknologi Material (PTM) - Badan Pengkajian Penerapan Teknologi (BPPT) memberikan ijin kepada mahasiswa sbb:

No	Nama	NIM	Riset	Pembimbing
1.	Husnul Fadhlilah	1514032	Rekayasa Nanomaterial	Dr. Ade Sholeh
2.	Mohamad Ibnu Revian	1514030	Polimer Alam	Hidayat, MT.

Untuk Melaksanakan Penelitian di Pusat Teknologi Material terhitung mulai Februari s/d Juni 2018, dengan mentaati semua peraturan di PTM yang berupa:

- Kehadiran pada jam 07.30 – 16.00
- Memberikan Laporan dan bentuk BHP per hari
- Memberikan rangkuman laporan kerja praktek pada hari terakhir pelaksanaan kerja praktek.
- Menandatangani Perjanjian Kerahasiaan.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



Direktur Pusat Teknologi Material

Dr. Asep Riswoko, B.Eng. M.Eng.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI
Jakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Mohamad Ibnu Revian

NIM : 1514030

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang kami buat
dengan judul:

**PENGARUH RASIO *RIBBED SMOKED SHEET/ETHYLENE*
PROPYLENE DIENE MONOMER DAN *CARBON BLACK* TERHADAP
SIFAT MEKANIK KOMPON PADA PEMBUATAN *PNEUMATIC*
*FENDER***

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya-jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dengan mencantumkan referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian kami.

Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini dibatalkan.

Jakarta, Juli 2018

Yang Membuat Pernyataan



Mohamad Ibnu Revian

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI
Jakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Husnul Fadhillah

NIM : 1514032

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir Penelitian yang kami buat
dengan judul:

**PENGARUH RASIO RSS/EPDM DAN CARBON BLACK TERHADAP
SIFAT MEKANIK KOMPON PADA PEMBUATAN PNEUMATIC
FENDER**

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya-jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dengan mencantumkan referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian kami.

Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya tulis Tugas Akhir Penelitian ini dibatalkan.

Jakarta, Juli 2018

Yang Membuat Pernyataan



Husnul Fadhillah

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

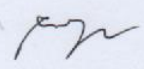
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Nama : Mohamad Ibnu Revian
 NIM : 1514030
 Judul TA Penelitian : Pengaruh Rasio *Ribbed Smoked Sheet/Ethylene Propylene Diene Monomer* dan *Carbon Black* Terhadap Sifat Mekanik Kompon Pada Pembuatan *Pneumatic Fender*
 Pembimbing : Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
24 Feb 2018	BAB I	Diskusi mengenai: - Latar belakang - Rumusan masalah - Tujuan Penelitian - Batasan masalah - Sistematika Penulisan	
5 Mar 2018	BAB I	- ACC BAB I	
19 Mar 2018	BAB II	- Tinjauan Pustaka - Tabel dan Gambar	
24 Mar 2018	BAB II	- Prosedur Penelitian - ACC BAB II	
	BAB III	- Diagram alir proses pembuatan kompon karet hingga karakterisasi sampel	
23 Apr 2018	BAB III	- ACC BAB III	
30 Apr 2018	BAB IV	- Pembahasan	
3 Mei 2018	BAB IV	- Pembahasan, Gambar	
16 Mei 2018	BAB IV, D	- Pembahasan, Kesimpulan	
10 Juli 2018		- Daftar pustaka, Daftar Isi	
12 Juli 2018		- Lampiran - Isi PPT - Isi PPT	

Mengetahui,
 Ketua Program Studi
 Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing


Ir. Roosmariharso, MBA
 NIP. 19540523 198003 1 004


Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng
 NIP. 195609101984032002

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

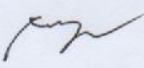
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Nama : Husnul Fadhillah
 NIM : 1514032
 Judul TA Penelitian : Pengaruh Rasio *Ribbed Smoked Sheet/Etylene Propylene Diene Monomer* dan *Carbon Black* Terhadap Sifat Mekanik Kompon Pada Pembuatan *Pneumatic Fender*
 Pembimbing : Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
24 Feb 2018	BAB I	Dikusi mengenai : - Latar Belakang - Rumusan Masalah - Tujuan Penelitian - Batasan Permasalahan - Sistematika Penulisan	
5 Mar 2018	BAB I BAB II	- Acc BAB I - Tinjauan Pustaka	
13 Mar 2018	BAB II BAB III	- Tabel dan Gambar - Prosedur Penelitian	
20 Mar 2018	BAB II BAB III	- Acc Bab II	
23 Apr 2018	BAB III BAB IV	- Diagram alir proses pembuatan kompon karet hingga karet rasio sampel.	
30 Apr 2018	BAB IV BAB V	- Acc BAB III - Pembahasan	
5 Mei 2018	BAB V BAB VI	- Gambar - Kesimpulan	
16 Mei 2018		- Daftar Pustaka, Daftar Isi, dan lampiran	
10 Juli 2018		- DPT	
13 Juli 2018		- PPT	

Mengetahui,
 Ketua Program Studi
 Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing


Ir. Roosmarharso, MBA
 NIP. 19540523 198003 1 004


Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng
 NIP. 195609101984032002

LEMBAR SURAT PENGAJUAN TA PENELITIAN

	POLITEKNIK STMI JAKARTA d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510 Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42886206 www.stmi.ac.id	
---	--	---



Nomor : 0/4 /SJ-IND.7.2/II/2018 Lampiran : Perihal : Permohonan Penelitian	Jakarta, 02 Februari 2018 Kepada Yth. Bapak/Ibu Pimpinan Direktur Pusat Teknologi Material BPPT Gedung 224 Jl. Kawasan Puspitak Muncul Tangerang Selatan Banten
---	--

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Mohamad Ibnu Revian	1514030	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.


Pembantu Direktur I,
Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:
1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

 **SAI GLOBAL** CERTIFICATION SERVICES Pty.Ltd Registration ISO 9001 : 2008 No. Reg QEC 264727

LEMBAR SURAT PENGAJUAN TA PENELITIAN



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : 013 /SJ-IND.7.2/II/2018
Lampiran :
Perihal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 02 Februari 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Direktur Pusat Teknologi Material BPPT
Gedung 224 Jl. Kawasan Puspitek Muncul
Tangerang Selatan Banten

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Husnul Fadhillah	1514032	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,



Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP.: 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peninggal



SAI GLOBAL CERTIFICATION SERVICES Pty.Ltd Registration ISO 9001 : 2008 No. Reg QEC 264727

LEMBAR SURAT KETERANGAN DITERIMA PENELITIAN



BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI
Pusat Teknologi Material
Gedung 224 Kawasan Pusptek, Tangerang Selatan, 15314 Banten
Telepon (021) 7579-1324, Faksimile (021) 7579-1327, Website <http://www.bppt.go.id>

Nomor : B-33/PTM/BPPT/DL03.01/02/2018 Tangerang Selatan, 08 Februari 2018
Lampiran : -
Hal : Penelitian

Yth. Ketua Prodi Teknik Kimia Polimer
Politeknik STMI Jakarta

Menindaklanjuti surat permohonan dari Ketua Prodi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta Nomor: 396/TKP-PSTMI/12/2017, tanggal 20 Desember 2017 Perihal Penelitian dengan ini Direktur Pusat Teknologi Material (PTM) - Badan Pengkajian Penerapan Teknologi (BPPT) memberikan ijin kepada mahasiswa sbb:

No	Nama	NIM	Riset	Pembimbing
1.	Husnul Fadhlilah	1514032	Rekayasa Nanomaterial	Dr. Ade Sholeh
2.	Mohamad Ibnu Revian	1514030	Polimer Alam	Hidayat, MT.

Untuk Melaksanakan Penelitian di Pusat Teknologi Material terhitung mulai Februari s/d Juni 2018, dengan mentaati semua peraturan di PTM yang berupa:

- Kehadiran pada jam 07.30 – 16.00
- Memberikan Laporan dan bentuk BHP per hari
- Memberikan rangkuman laporan kerja praktek pada hari terakhir pelaksanaan kerja praktek.
- Menandatangani Perjanjian Kerahasiaan.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



Direktur Pusat Teknologi Material

Dr. Aswanto Riswoko, B.Eng. M.Eng.

LEMBAR SURAT TUGAS BIMBINGAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

	POLITEKNIK STMI JAKARTA d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510 Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42886206 www.stmi.ac.id	
---	--	---



Nomor	: 025 /SJ-IND.7.2/V/2018	Jakarta, 23 Mei 2018
Lampiran	: 1 (satu)	
Perihal	: Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir Tahun Akademik 2017/2018	Kepada Yth. Ibu Ir Rochmi Widjajanti, M.Eng Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Mohamad Ibnu Revian
No. Induk : 1514030

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Rekayasa Material Karet Alam untuk Pembuatan Pneumatic Fender . "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.


Direktur,
Dr. Mustofa, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:
1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

 **SAI GLOBAL** CERTIFICATION SERVICES Pty.Ltd Registration ISO 9001 : 2008 No. Reg QEC 264727

LEMBAR SURAT TUGAS BIMBINGAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

 Kementerian Perindustrian REPUBLIK INDONESIA	POLITEKNIK STMI JAKARTA d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510 Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42886206 www.stmi.ac.id	
--	--	---



Nomor Lampiran Penhal	: 026 /SJ-IND.7.2/V/2018 : 1 (satu) : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir Tahun Akademik 2017/2018	Jakarta, 23 Mei 2018 Kepada Yth. Ibu Ir Rochmi Widjajanti, M.Eng Di Jakarta
-----------------------------	---	--

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Husnul Fadhillah
No. Induk : 1514032

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Rekayasa Material Karet Alam Untuk Pembuatan Pneumatic Fender . "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.


Direktur,
Dr. Mustofa, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:
1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

 **SAI GLOBAL** CERTIFICATION SERVICES Pty.Ltd Registration ISO 9001 : 2008 No. Reg QEC 264727

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH RASIO *RIBBED SMOKED SHEET /ETHYLENE PROPYLENE
DIENE MONOMER* DAN *CARBON BLACK* TERHADAP SIFAT MEKANIK
KOMPON PADA PEMBUATAN *PNEUMATIC FENDER*

DISUSUN OLEH:

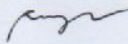
NAMA : MOHAMAD IBNU REVIAN
HUSNUL FADHILLAH
NIM : 1514030
1514032

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Selasa, 31 Juli 2018

Jakarta, Juli 2018

Penguji I



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Penguji II



Dr. Erfina Oktariani, ST, MT
NIP. 1982100120140220001

Pembimbing



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 195609101984032002

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

JUDUL PENELITIAN:

PENGARUH RASIO *RIBBED SMOKED SHEET/ETHYLENE PROPYLENE
DIENE MONOMER* DAN *CARBON BLACK* TERHADAP SIFAT MEKANIK
KOMPON PADA PEMBUATAN *PNEUMATIC FENDER*

DISUSUN OLEH:

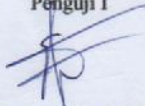
NAMA : MOHAMAD IBNU REVIAN
HUSNUL FADHILLAH
NIM : 1514030
1514032

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Kamis, 23 Agustus 2018.

Jakarta, September 2018

Penguji I



Dr. Erfina Oktariani, ST, MT.
NIP. 1982100120140220001

Penguji III



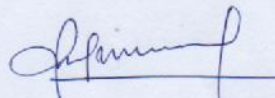
Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng.
NIP. 195609101984032002

Penguji II



Syaiful Ahsan, ST., M.T.
NIP. 198407162014021001

Penguji IV



Ir. Parulian Leonard M, MM.
NIP. 195702141985031002

KATA PENGANTAR

Puji syukur Allah SWT., karena atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir penelitian yang berjudul “Pengaruh Rasio *Ribbed Smoked Sheet /Ethylene Propylene Diene Monomer* dan *Carbon Black* terhadap Sifat Mekanik Kompon pada Pembuatan *Pneumatic Fender*”. Penulisan ini dilakukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Kami menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sulit bagi kami untuk menyelesaikann Laporan Tugas Akhir Penelitian ini. Oleh karena itu kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua serta keluarga kami, yang selalu mendoakan dan mendukung kami,
2. Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta,
3. Ir. Roosmariharso, MBA. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta,
4. Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng. selaku Dosen Pembimbing Penelitian di Politeknik STMI Jakarta,
5. Dr. Ade Sholeh Hidayat, M.Eng, selaku pembimbing penelitian di Pusat Teknologi Material-BPPT yang telah memberikan ilmu, arahan dan masukan dalam melaksanakan penelitian.
6. Mba Wiku, Mba Sefni, Mba Henny Purwati dan karyawan-karyawati di Pusat Teknologi Material-BPPT yang telah banyak membantu selama penelitian
7. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2014 selaku kawan seperjuangan,
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata kami berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Laporan Tugas Akhir Penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, Juli 2018

Penulis

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara penghasil karet alam terbesar kedua di dunia setelah Thailand. Walaupun demikian, pemanfaatan karet alam Indonesia di dalam negeri belum sepenuhnya maksimal, khususnya pemanfaatan pada produksi karet teknis. Sementara itu, karet alam mempunyai keunggulan sifat mekanik yang lebih baik dari karet sintetik. Disisi lain karet teknis *pneumatic fender* saat ini hanya memanfaatkan bahan baku karet sintetis EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*). Dalam penelitian ini karet alam RSS (*Ribbed Smoked Sheet*) diproses dengan karet sintetis EPDM. Dengan cara memvariasikan rasio massa RSS/EPDM dan jenis *filler carbon black*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio massa RSS/EPDM serta variasi jenis *filler carbon black* N220, N330, dan N660 terhadap kualitas sifat mekanik kompon karet. Kompon karet dibuat dari campuran karet alam RSS dan karet sintetis EPDM dengan perbandingan rasio massa RSS/EPDM (100:0), RSS/EPDM (90:10), RSS/EPDM (80:20), RSS/EPDM (70:30), RSS/EPDM (0:100). Kompon karet dibuat dengan mesin *kneader*, *open mill* dan *hotpress*. Setelah itu, diuji sifat mekaniknya sesuai dengan standar spesifikasi teknis yang ingin dicapai. Pengujian sampel dilakukan dalam kondisi normal, *aging* dan setelah uji SWR (*Sea Water Resistante*). Hasil pengujian setelah uji SWR menunjukkan bahwa rasio massa karet alam RSS dengan menggunakan campuran karet sintetis EPDM berpengaruh nyata terhadap sifat mekanik kompon karet yang dihasilkan. Formula kompon karet yang dianggap optimum untuk *pneumatic fender* adalah sampel dengan rasio massa RSS/EPDM (90:20) dan dengan jenis *filler carbon black* N220 yang memiliki keunggulan sifat mekanik *tensile strength*, *elongation at break*, *tear strength*, *compression set* dan *hardness*.

Kata kunci: *carbon black*, RSS, EPDM, *aging*, *sea water resistance*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	vi
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN..	vii
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN.	viii
LEMBAR SURAT PENGAJUAN TA PENELITIAN	ix
LEMBAR SURAT PENGAJUAN TA PENELITIAN	x
LEMBAR SURAT KETERANGAN DITERIMA PENELITIAN.....	xi
LEMBAR SURAT TUGAS BIMBINGAN TUGAS AKHIR PENELITIAN.	xii
LEMBAR SURAT TUGAS BIMBINGAN TUGAS AKHIR PENELITIAN	xiii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	xiv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	xv
KATA PENGANTAR.....	xv
ABSTRAK.....	xvii
DAFTAR ISI	xviii
DAFTAR SIMBOL	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Permasalahan.....	3
1.3 Batasan Permasalahan	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Karet.....	6
2.2. Jenis-jenis Karet.....	6
2.2.1. Karet Alam	6
2.2.2. Karet Sintetis	8

2.3. Kompon Karet	9
2.3.1. <i>Ribbed Smoked Sheet</i> (RSS)	11
2.3.2. Karet Sintetis EPDM	12
2.3.3. Bahan Pemvulkanisasi	14
2.3.4. Bahan Pencepat (Accelerator)	15
2.3.5. Bahan Penggiat (<i>Activator</i>)	16
2.3.6. Bahan Anti Degradasi (<i>Antioksidant</i>) dan Antiozonan	17
2.3.7. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	18
2.3.8. Bahan Bantu Olah/ Penolong (<i>Proccesing Aids</i>)	19
2.4. Proses Pembuatan Kompon Karet	19
2.4.1. Mastikasi	20
2.4.2. Mixing	20
2.4.3. Vulkanisasi	22
2.5 <i>Pneumatic Fender</i>	24
2.6 Karakterisasi Pemrosesan Kompon Karet	27
2.6.1 Uji Kematangan (<i>Rheometer Test</i>)	27
2.6.2 <i>Hotpress</i>	27
2.6.3 Tahap Pengusangan	27
2.7 Pengujian Sifat Mekanik Kompon Karet	28
2.7.1 Pengujian Tegangan Putus (<i>Tensile Strength Test</i>) dan Perpanjangan	28
2.7.2 Pengujian Ketahanan Sobek (<i>Tear Strength Test</i>)	29
2.7.3 Pengujian Kekerasan (<i>Hardness Test</i>)	29
2.7.4 Pengujian Pemampatan Tetap (<i>Compression Set Test</i>)	30
2.7.5 Pengujian <i>Carbon Dispersion</i>	30
2.7.6 Pengujian FTIR	30
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.2. Alat dan Bahan	33
3.2.1. Alat yang digunakan	33
3.2.2. Bahan yang digunakan	34
3.2.3 Variabel Bebas	35
3.2.4 Variabel Terikat	35
3.3. Prosedur Penelitian	37
3.3.1. Tahap Pembuatan Kompon Karet	38

3.3.2. Tahap Pembuatan Sampel	39
3.3.3. Tahap Pengusangan (<i>Aging Test</i>).....	40
3.3.4. Tahap proses pengujian air laut (<i>sea water resistance</i>).....	41
3.3.5. Karakterisasi Sampel Karet	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Standar Spesifikasi Teknis <i>pneumatic fender</i>	44
4.2 Hasil Karakterisasi Kompon Karet.....	44
4.2.1 Pengaruh Rasio Massa Karet Terhadap Waktu Matang Karet (<i>Curing Time</i>) Kompon Karet	45
4.2.2 Karakterisasi Mekanis Kompon Karet	46
4.2.3 Hasil Karakterisasi <i>Carbon Dispersion</i>	67
4.2.4 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	73
4.2.5 Perbandingan Hasil Pengujian Mekanis Dengan Standar Teknis	80
BAB V PENUTUP.....	83
5.1. Kesimpulan	83
5.2. Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN – LAMPIRAN	88
LAMPIRAN A BAHAN-BAHAN.....	88
LAMPIRAN B PERALATAN UTAMA.....	89
LAMPIRAN C GAMBAR HASIL PENGAMATAN.....	96
LAMPIRAN D HASIL DAN PENGOLAHAN DATA	98

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Karakteristik dan Sifat Mekanik Karet Alam.....	8
Tabel II.2 Standar Mutu <i>Ribbed Smoked Sheet</i>	12
Tabel II.3 Sifat Fisika Karet Alam dan EPDM.....	14
Tabel II.4 Penggolongan Accelerator Berdasarkan Golongan Senyawa dan Respon Terhadap Vulkanisasi	16
Tabel II.5. Jenis-jenis <i>Carbon Black</i>	18
Tabel II.6 Target Spesifikasi <i>Pneumatic Fender</i>	26
Tabel II.7 Target Spesifikasi <i>Pneumatic Fender</i>	26
Tabel III.1 Rasio Massa RSS dan EPDM.....	35
Tabel III.2 Komposisi Formulasi Karet.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Rumus Struktur Kimia Karet Alam (a) 2-metil-1,3-butadiena, (b) cis-1,4 <i>polyisoprene</i>	7
Gambar II.2 Rumus Struktur EPDM	13
Gambar II.3 Rumus Struktur Kimia CBS	16
Gambar II.4 Rumus Struktur Asam Stearat	17
Gambar II.5 Mekanisme Vulkanisasi dengan Sulfur.....	24
Gambar II.6 Struktur Ikatan Silang dan Ikatan Intermolekuler pada Vulkanisat Belerang.....	24
Gambar II.7 <i>Pneumatic Fender</i>	24
Gambar II.8 Skema FT-IR.....	31
Gambar II.9. Skema Instrumentasi ATR terintegrasi FT-IR.....	32
Gambar. III.1. Prosedur Penelitian.....	37
Gambar IV.1 Pengaruh Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Waktu Matang (<i>Curing Time</i>) Kompon Karet.....	45
Gambar IV.2 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Tensile Strength</i> dengan <i>Carbon Black</i> N220.....	47
Gambar IV.3 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Tensile Strength</i> dengan <i>Carbon Black</i> N330.....	49
Gambar IV.4 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Tensile Strength</i> dengan <i>Carbon Black</i> N660.....	50
Gambar IV.5 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Elongation at Break</i> dengan <i>Carbon Black</i> N220.....	52
Gambar IV.6 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Elongation At Break</i> dengan <i>Carbon Black</i> N330	53
Gambar IV.7 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Elongation At Break</i> dengan <i>Carbon Black</i> N660	54
Gambar IV.8 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Tear Strength</i> dengan <i>Carbon Black</i> N220.....	56
Gambar IV.9 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Tear Strength</i> dengan <i>Carbon Black</i> N330.....	57
Gambar IV.10 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Tear Strength</i> dengan <i>Carbon Black</i> N660.....	58

Gambar IV.11 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Hardness</i> dengan <i>Carbon Black</i> N220	60
Gambar IV.12 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Hardness</i> dengan <i>Carbon Black</i> N330	61
Gambar IV.13 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Hardness</i> dengan <i>Carbon Black</i> N660	62
Gambar IV.14 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Compression Set</i> dengan <i>Carbon Black</i> N220	64
Gambar IV.15 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Compression Set</i> dengan <i>Carbon Black</i> N330	65
Gambar IV.16 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Compression Set</i> Tetap dengan <i>Carbon Black</i> N660	66
Gambar IV.17 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Carbon Dispersion</i> dengan <i>Carbon Black</i> N220	68
Gambar IV.18 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Carbon Dispersion</i> dengan <i>Carbon Black</i> N330.....	69
Gambar IV.19 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji <i>Carbon Dispersion</i> dengan <i>Carbon Black</i> N660	70
Gambar IV.20 <i>Carbon Dispersion Analyses</i> ISO 11435:206	72
Gambar IV.21 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet.....	74
Gambar IV.22 Rumus Struktur Kimia Karet Alam.....	74
Gambar IV.23 Rumus Struktur Kimia Asam Stearat	75
Gambar IV.24 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet.....	76
Gambar IV.25 Rumus Struktur Kimia Karet EPDM.....	77
Gambar IV.26 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet.....	77
Gambar IV.27 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet.....	78
Gambar IV.28 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet.....	80
Gambar IV.29 Perbandingan antara Spesifikasi Teknis dengan Hasil Pengujian Mekanis	81

DAFTAR SIMBOL

CBS	: <i>N-Cyclohexyl-2-benzothiazylsulfenamide</i>
C	: <i>Compression Set (%)</i>
cm ⁻¹	: Satuan panjang gelombang dalam analisa FTIR
EPDM	: <i>Ethylene Propylene Diene Monomer</i>
PF	: <i>Pneumatic Fender</i>
Phr	: <i>Part Hundred Rubber</i> merupakan satuan yang digunakan dalam formulasi kompon
Po	: Plastisitas awal
PRI	: <i>Plasticity Retention Index</i>
RSS	: <i>Ribbed Smoked Sheet</i>
S'min	: Torsi minimum
S'max	: Torsi maksimum
SWR	: <i>Sea water Resistante</i>
TMQ	: <i>2,2,4-Trimethyl-1,2-dihydroquinoline, polymerized</i>
t90	: Waktu vulkanisasi optimum
ts2	: Waktu pravulkanisasi
Ti	: Tebal akhir sampel (mm)
Tn	: Tebal <i>spacer</i> (mm)
To	: Tebal awal sampel (mm)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara penghasil karet terbesar di dunia. Pada saat ini, Indonesia menduduki posisi kedua dalam hal produksi dan ekspor karet alam setelah Thailand (United Nation Comtrade, 2010). Akan tetapi pemanfaatan karet alam tersebut masih sangat terbatas pada produk-produk umum yang memiliki sedikit nilai tambah, padahal dengan sentuhan teknologi, karet alam tersebut dapat dimanfaatkan untuk membuat produk teknik yang memiliki nilai tambah tinggi. Salah satu produk karet teknik tersebut adalah *pneumatic fender*. Selama ini seluruh kebutuhan *pneumatic fender* tersebut dipenuhi melalui impor dari Tiongkok dengan kualitas dan harga yang sangat beragam (Direktorat Inovasi Industri, 2012).

Pneumatic fender digunakan untuk “bumper” pada kapal antar kapal yang saling berdekatan baik di dermaga ataupun di tengah laut untuk memindahkan penumpang maupun barang. Kebanyakan masyarakat umum kurang memperhatikan bahwa kapal-kapal dan perahu-perahu besar baik yang ada di laut ataupun di danau-danau pasti terdapat atau terpasang *pneumatic fender* pada permukaan atau dinding-dinding luar dari kapal atau perahu tersebut. Tujuan utama dari pemasangan karet fender dermaga adalah untuk menyerap energi benturan atau untuk mengurangi resiko kerusakan pada kapal, perahu maupun dermaga itu sendiri yang akan terjadi akibat benturan dengan dinding dermaga selama proses berlabuh. *Pneumatic fender* dapat dibuat dari berbagai jenis kompon karet sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.

Dalam pembuatan kompon karet dibutuhkan bahan utama karet dan bahan pendukung lainnya yang diantaranya adalah bahan pemvulkanisasi, bahan pengisi (*filler*), bahan pecepat (*accelerator*), bahan penggiat (*activator*), bahan antidegradasi, bahan bantu olah (*processing aids*) (Arizal, 2007). Karet

merupakan polimer yang bersifat elastis sehingga sering disebut elastomer. Secara umum, karet dikelompokkan menjadi karet alam dan karet sintetis. Karet alam (*natural rubber*) adalah suatu senyawa hidrokarbon dan merupakan polimer alam yang dihasilkan dari pohon *Hevea brasiliensis*. Struktur dasar dari karet alam adalah *cis-1,4 poliisoprene* bersifat tidak tahan terhadap ozon, minyak serta suhu tinggi. Karet alam umumnya mempunyai syarat-syarat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan karet sintetis sedangkan karet sintetis mempunyai sifat-sifat yang baik terhadap kondisi lingkungan seperti panas, cuaca, minyak (Nuyah, 2012).

Oleh sebab itu dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengkombinasikan karet alam dan karet sintetis guna menggabungkan sifat dari masing-masing karet. Berdasarkan penempatan dan pemakaian dari *pneumatic fender*, maka dibutuhkan kompon karet yang mempunyai ketahanan terhadap perlakuan mekanis maupun tahan terhadap kondisi lingkungan di laut. Salah satu jenis karet sintetis adalah EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*). Karet EPDM adalah karet polimer dengan densitas rendah dan dalam jumlah yang terkontrol. Kelebihan dari karet EPDM, setelah divulkanisasi mempunyai sifat yang stabil pada suhu tinggi dan rendah. Sedangkan karet alam yang digunakan yaitu jenis RSS (*Rubber Smoked Sheet*) adalah jenis karet berupa lembaran sheet yang mendapat proses pengasapan dengan baik. Penggunaan karet jenis RSS juga dimaksudkan untuk memaksimalkan pemanfaatan karet alam indonesia untuk industri dalam negeri.

Namun demikian, pemakaian karet alam yang semakin banyak akan membuat kompon karet lunak dan tidak keras. *hardness* kompon karet terjadi karena adanya reaksi ikatan silang antara gugus aldehid pada rantai *poliisoprene* dengan gugus aldehid terkondensasi yang ada di dalam bahan bukan karet (Febrina, 2017). Salah satu bahan yang berperan pada sifat fisik produk terutama yang mempengaruhi *hardness* adalah bahan pengisi. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah *carbon black*. Penambahan *filler* dimaksudkan untuk meningkatkan *hardness* dan menambahkan *tensile strength*, misalnya *tensile strength*, *modulus*, *tear strength*, dan *abrasion*.

1.2. Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan permasalahan dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh rasio massa karet alam RSS (*Ribbed Smoked Sheet*) dan karet sintetis EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*) terhadap sifat mekanik kompon karet untuk optimasi *pneumatic fender*?
2. Bagaimana sifat mekanik kompon karet yang optimum untuk aplikasi *pneumatic fender* setelah uji *sea water resistance*?
3. Bagaimana pengaruh variasi *filler carbon black* N220, N330 dan N660 terhadap sifat mekanik kompon karet untuk optimasi *pneumatic fender*?

1.3 Batasan Permasalahan

Batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan baku utama berupa karet alam RSS (*Ribbed Smoked Sheet*) mutu 1 dan karet sintetis EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*), aktiplast 8, asam stearat, ZnO, Rubatan TMQ, *carbon black* N220, *carbon black* N330, *carbon black* N660, *coumarone resin*, *paraffinic oil*, wax, CBS dan sulfur disediakan oleh Pusat Teknologi Material BPPT.
2. Rasio Massa RSS dan EPDM yaitu 100:0 phr, 90:10 phr, 80:20 phr, 70:30 phr dan 0:100 phr.
3. Pengujian karakteristik pemrosesan kompon karet meliputi pengujian waktu matang menggunakan rheometer dan pengujian karakteristik kompon karet sebelum dan setelah uji *sea water resistance*.
4. Pengujian sifat mekanik kompon karet meliputi pengujian *tensile strength*, *tear strength*, *elongation at break*, *hardness*, *compression set* dan *carbon dispersion* baik sebelum maupun setelah uji *aging* dan uji *sea water resistance*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh rasio massa karet *alam* RSS (*Ribbed Smoked Sheet*) dan karet sintetis EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*) yang digunakan terhadap kualitas sifat mekanik kompon karet yang akan diuji untuk aplikasi produk *pneumatic fender*.
2. Mengetahui sifat mekanik kompon karet yang optimum untuk aplikasi *pneumatic fender* setelah uji *sea water resistance*.
3. Mengetahui pengaruh variasi *filler carbon black* N220, N330 dan N660 pada kompon karet terhadap sifat mekanik yang akan diuji untuk aplikasi produk *pneumatic fender*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada pembaca atau calon pengusaha *pneumatic fender* dalam menentukan bahan baku utama dan pendukung yang optimum pada pembuatan *pneumatic fender*.
2. Memberi informasi mengenai formulasi terbaik kompon karet untuk pembuatan *pneumatic fender*.

1.6 Sistematika Penelitian

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Di dalamnya terdapat lima bab yang saling berkaitan erat. Adapun susunan kelima bab tersebut diuraikan di bawah.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang diadakannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai karet, baik karet alam maupun karet sintetis, kompon karet, proses pembuatan kompon karet, bahan-bahan dalam membuat kompon karet, pengertian vulkanisasi serta tinjauan mengenai *pneumatic fender*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang persiapan penelitian, diagram alir penelitian, variabel penelitian, prosedur penelitian serta alat dan bahan yang nantinya akan digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat data hasil pengujian, pengolahan ataupun analisis data yang dapat berbentuk tabel serta memuat pembahasan mengenai jawaban atas rumusan masalah pada BAB I yaitu interpretasi atau penafsiran terhadap hasil pengujian atau analisis data.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran, kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan untuk membuktikan hipotesis atau menjawab permasalahan. Saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis yang ditunjukkan kepada para peneliti dalam bidang sejenis yang ingin melanjutkan, mengembangkan atau menerapkan penelitian yang sudah dihasilkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karet

Tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg) merupakan tanaman yang berasal dari negara Brazil. Tanaman karet adalah golongan tanaman getah-getahan. Disebut demikian karena tanaman ini banyak mengandung getah (Riyadi dkk, 2016). Getah tersebut dapat mengalir keluar apabila jaringan tanaman terlukai. Getah karet dapat dimanfaatkan menjadi berbagai jenis produk karet. Mengingat manfaat dan kegunaannya, tanaman ini digolongkan ke dalam tanaman industri (Syamsulbahri, 1996).

Karet (*rubber*) merupakan salah satu barang komoditi yang memiliki kegunaan penting dalam kehidupan manusia terutama terkait dengan mobilisasi. Peran penting karet dalam kehidupan sehari-hari telah nampak pada penggunaan karet pada bidang transportasi, *conveyor belt*, sabuk transmisi, *dock fender*, pelindung kabel, alat perekat, alat-alat rumah tangga dan bangunan, alat-alat kesehatan dan alas kaki. Oleh karena itu, karet alam diperjual belikan dalam kelompok komoditi hasil perkebunan (ITPC Lyon, 2012).

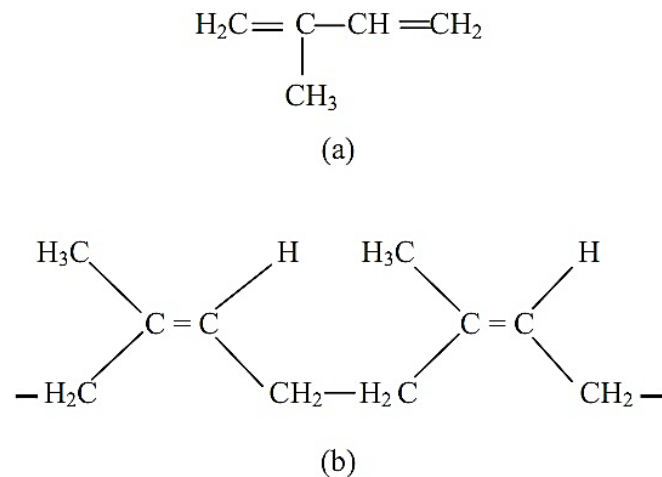
2.2. Jenis-jenis Karet

Secara umum, karet dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu karet alam dan karet sintetis. Karet alam umumnya mempunyai syarat-syarat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan karet sintetis, sedangkan karet sintetis mempunyai sifat-sifat yang baik terhadap kondisi lingkungan seperti panas, cuaca dan minyak (Nuyah dan Yulita, 2012).

2.2.1. Karet Alam

Karet alam (*Natural Rubber*) merupakan suatu senyawa hidrokarbon dan merupakan polimer yang dihasilkan dari pohon *Hevea brasiliensis*. Karet alam

mempunyai struktur dasar yaitu *cis-1,4 poliisoprena* yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap ozon, minyak serta suhu yang tinggi (Nuyah dan Yulita, 2012).



Gambar II.1 Rumus Struktur Kimia Karet Alam (a) 2-metil-1,3-butadiena, (b) *cis-1,4 polyisoprene*

Sumber : Hofmann 1989

Karet alam merupakan politerpena yang disintesis secara alami melalui polimerisasi enzimatis *isopentilpirofosfat*. Unit ulangnya adalah sama sebagaimana 1,4-poliisoprena. Dimana isoprena merupakan produk degradasi utama karet. Bentuk utama dari karet alam, yang terdiri dari 97% *cis-1,4 poliisoprena*, dikenal sebagai *hevea rubber*. Hampir semua karet alam diperoleh sebagai lateks yang terdiri dari 32 sampai dengan 35% karet dan sekitar 5% senyawa lain, termasuk asam lemak, gula, protein, sterol ester dan garam. Lateks biasa dapat dikonversikan ke karet busa dengan aerasi mekanik yang diikuti oleh proses vulkanisasi (Mukhamad Bayu Fikri, 2015).

Adapun kelebihan yang dimiliki karet alam adalah (Damanik dkk., 2010) :

- Memiliki daya lenting dan daya elastisitas yang tinggi.
- Memiliki plastisitas yang baik sehingga pengolahannya mudah.
- Tidak mudah panas (*low heat build up*)
- Memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan (*groove cracking resistance*).
- Mempunyai daya aus yang tinggi.

Kelemahan karet alam terletak pada keterbatasannya dalam memenuhi kebutuhan pasar. Saat pasar membutuhkan pasokan karet dalam jumlah tinggi para produsen karet tidak bisa menggenjot produksinya dalam waktu yang singkat sehingga harganya cenderung lebih tinggi. (Setiawan dan Andoko, 2008)

Tabel II.1 Karakteristik dan Sifat Mekanik Karet Alam

<i>Polymer</i>	<i>Polyisoprene (C₅H₈)_n</i>
<i>Modulus of elasticity</i>	2500 lb/in ² (18 MPa)
<i>Tensile Strength</i>	3500 lb/in ² (25MPa)
<i>Elongation</i>	700% at Failure
<i>Abrasion Resistance</i>	Good to Excellent
<i>Compression Set</i>	Excellent
<i>Rebound Resilence</i>	Excellent
<i>Hardness</i>	30-95 Shore A
<i>Spesific Gravity</i>	0.93
<i>High-temperature limit</i>	180°F (80°C)
<i>Low-temperature limit</i>	-60°F (-50°)

Sumber : SNI (Standar Nasional Indonesia) 0778-2009.

2.2.2. Karet Sintetis

Karet sintetis adalah karet buatan yang sebagian besar dibuat dengan mengandalkan bahan baku minyak bumi (Singarimbun, 2011). Karet sintetis memiliki sifat tersendiri yang khas dari tiap jenisnya. Ada jenis karet sintetis yang tahan terhadap panas atau suhu tinggi, minyak, pengaruh udara dan ozon. Umumnya karet sintetik diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama berdasarkan kegunaan, yaitu:

a. Kegunaan Umum

Karet jenis ini sebanyak 60% untuk keperluan pembuatan ban pneumatik. Contoh: karet SBR, polibutadiena, EPDM, IIR dan lain-lain.

b. Kegunaan Khusus

Karet jenis ini untuk keperluan pembuatan produk-produk karet yang tahan terhadap aksi bahan kimia. Contoh: karet *Akrilonitril Butadiena* (NBR), karet polikloroprena (CR), karet *urethane*, karet polisulfida dan lain-lain.

2.3. Kompon Karet

Menurut Nasruddin (2013), kompon karet adalah campuran antara karet alam dan karet sintetis dengan berbagai bahan kimia untuk memperoleh hasil akhir atau Kompon Karet setelah melalui proses tertentu. Abednego (1990) menyatakan penambahan kompon karet meliputi pemilihan jenis dan jumlah bahan kimia karet serta pencampuran karet mentah dan jenis bahan kimia tertentu sehingga dihasilkan barang jadi karet dengan sifat-sifat fisik yang diinginkan. Pada pembuatan kompon karet terdapat tiga faktor yang perlu diperhatikan, yaitu sifat kompon, karakteristik pengolahan dan biaya.

Kompon karet pada umumnya mengandung tiga atau lebih jenis bahan kimia karet. Setiap jenis bahan tersebut memiliki fungsi spesifik dan mempunyai pengaruh terhadap sifat, karakteristik pengolahan dan harga dari komponnya. Pada penyusunan formulasi kompon karet yang paling penting adalah menentukan jenis atau campuran karet mentah. Kemudian baru ditentukan bahan pengisi, sistem vulkanisasi, bahan pencepat dan aktivator. Terakhir adalah penentuan *processing aids* yang diperlukan sesuai dengan spesifikasi teknis barang jadi karet yang akan dibuat. Dalam menyusun formula kompon yang spesifikasinya ditentukan oleh konsumen, selain harus memperhatikan sifat-sifat komponnya yang harus memenuhi persyaratan juga perlu memperhatikan biaya kompon dan tahap-tahap pengolahan.

Untuk membuat bahan jadi karet yang bahan penyusunnya terdiri dari karet (elastomer) dan bahan-bahan kimia karet (bahan aditif), pertama yang harus ditentukan adalah penentuan jenis karet (elastomer) yang tepat dan bahan-bahan penyusun kompon yang diperlukan untuk memenuhi spesifikasi teknis harus benar-benar dipahami. Spesifikasi teknis karet (elastomer) dan bahan-bahan penyusun kompon, antara lain (ATK Yogyakarta, 2008) :

- a. Sifat-sifat karet yang dipilih.
- b. Vulkanisasi atau sistem *curing* untuk memperoleh sifat-sifat utama yang dikehendaki.

- c. Bahan-bahan lain yang mempunyai peran dalam mempengaruhi spesifikasi teknis dan ketahanan usang yang dikehendaki.
- d. Peralatan yang tepat untuk pengolahan kompon.
- e. Kompon yang mempunyai nilai komersial.
- f. Cara pengujian dan evaluasi bahan baku juga produk akhir.

Dalam merancang kompon tahap yang terpenting dan biasanya tahap pertama adalah memilih jenis karet (elastomer). Sifat umum yang dimiliki semua elastomer antara lain elastis, fleksibel, liat dan kedap terhadap air dan udara. Selain itu, setiap elastomer memiliki sifat-sifat khusus dan unik demikian juga dengan harganya. Maka, pemilihan jenis elastomer untuk mendapatkan spesifikasi teknis yang tertentu selain mempertimbangkan sifat dasarnya juga perlu mempertimbangkan harga dan cara pengolahannya.

Bahan kimia kompon dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu bahan kimia utama dan bahan kimia pembantu proses (*processing aids*). Bahan kimia utama adalah bahan kimia yang digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat fisis karet sehingga produk karet yang dihasilkan akan memiliki sifat fisis dan kimiawi yang lebih stabil. Bahan kimia utama terdiri dari *accelerator*, *activator*, *filler*, antioksidan dan bahan pemvulkanisasi (*curative*). Sedangkan bahan kimia pembantu proses adalah bahan kimia yang digunakan dengan tujuan untuk meningkatkan performansi/tampilan dari produk karet. Bahan-bahan ini ditambahkan pada kompon karet sesuai dengan kebutuhan atau tujuan. *Processing aids* terdiri dari *antidegradant*, *color and colors*, *inhibitor* (penghambat), *softener* (pelunak), bahan pewangi, *blowing agent* (bahan peniup atau penghembus), bahan pembantu lain seperti *homogenizer*, *peptizer*, senyawa pendispersi, *tackifier* dan lain-lain (ATK Yogyakarta, 2008). Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat kompon karet adalah sebagai berikut:

2.3.1. *Ribbed Smoked Sheet (RSS)*

Ribbed Smoke Sheet (RSS) merupakan salah satu jenis produk karet olahan dari getah tanaman karet *Hevea brasiliensis* yang diperoleh secara perkebunan maupun perorangan (Khimah dkk, 2013). Produk olahan tanaman karet ini memiliki banyak kegunaan dalam pasar industri sebagai bahan baku pembuatan industri otomotif dan ban. Di tingkat dunia, Thailand, Indonesia, dan Malaysia merupakan pengeksport karet terbesar di dunia. Indonesia memiliki kecenderungan pengeksportan karet ke negara Amerika Serikat.

Ribbed Smoked Sheet (RSS) diolah secara mekanis dan kimiawi dan diakhiri dengan proses pengeringan menggunakan rumah asap serta mutunya memenuhi standard *The Green Book* dan konsisten. Prinsip pengolahan jenis karet ini adalah mengubah lateks segar menjadi lembaran-lembaran melalui proses penyaringan, pengenceran, pembekuan, penggilingan, pengasapan dan sortasi.

Ribbed Smoked Sheet (RSS) diolah melalui beberapa proses pengolahan yaitu penerimaan lateks dari kebun, pengenceran, pembekuan, penggilingan, pengasapan dan sortasi. RSS masuk kedalam golongan karet konvensional. Mutu karet konvensional dinilai berdasarkan analisis visual permukaan lembaran karet. Mutu karet akan semakin tinggi bila permukaannya makin seragam, tidak ada gelembung, tidak mulur, dan tidak ada kotoran serta teksturnya makin kekar/kokoh. (Sipahutar, 2011).

Ada beberapa jenis standar mutu karet alam *Ribbed smoked sheet* (RSS), diantaranya adalah RSS mutu 1, RSS mutu 2 dan RSS mutu 3. RSS mutu 1 memiliki keunggulan sifat mekanik yang lebih baik dari karet alam RSS mutu 2 dan RSS mutu 3. Selain itu produk olahan RSS mutu 1 mudah untuk dipasarkan baik di dalam maupun di luar negeri. Konsumen paling banyak memakai produk karet olahan RSS mutu 1 sebagai bahan baku dalam industri ban kemudian industri karet elastis, karet penghapus, sol dan lain sebagainya. Untuk lebih jelasnya, perbedaan standar mutu RSS dapat dilihat pada tabel II.2.

Tabel II.2 Standar Mutu Ribbed Smoked Sheet

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan		
			Mutu 1	Mutu 2	Mutu 3
1	Organoleptis				
	Keadaan dan kenampakan karet lembaran	-	Tidak cacat dan rusak yang berupa sobek, lubang, retak gosekan, serta karet lembaran harus tercetak penuh.		
	Nomor karet lembaran kanan dan kiri	-	Harus sama		
2	Mekanik				
	Tegangan Putus	N/cm ²	Min 16	Min 11	Min 5,0
	Perpanjangan Putus %	-	Min 250	Min 200	Min 150
	Kekerasan	Shore A	55-80	55-80	55-80
	Ketahanan Sobek	N/mm ²	Min 6,0	Min 4,0	Min 3,5
	Perpanjangan Tetap 50%	-	Maks 3	Maks 4	Maks 6
	Bobot Jenis	g/cm ³	Maks 1,2	Maks 1,3	Maks 1,4
	Ketahanan Kikis	Mm ³	Maks 250	Maks 300	Maks 350
	Ketahanan retak lentur 150 KCS	-	Tidak retak	Tidak retak	Tidak retak

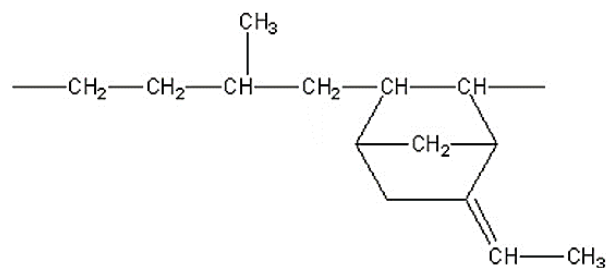
Sumber : SNI (Standar Nasional Indonesia) 0778-2009

2.3.2. Karet Sintetis EPDM

EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*) adalah karet nonpolar dan memiliki sedikit ikatan tidak jenuh sehingga karet tersebut memiliki sifat ketahanan yang baik terhadap bahan kimia, cuaca dan pengusangan. Rumus struktur EPDM dapat dilihat pada Gambar II.2. EPDM adalah salah satu karet sintetis yang banyak digunakan dalam bidang industri dan otomotif. EPDM mempunyai waktu pematangan yang lambat dan waktu induksi yang lama (Mayasari dan Yuniari, 2016).

Karet EPDM dapat divulkanisasi dengan cara tradisional karena pada jenis ini, di samping *ethylene* dan *propylene*, ditambahkan monomer yang ketiga sebagai gugus samping. Monomer ketiga ini mempunyai ikatan rangkap sehingga memungkinkan terjadinya ikatan silang dengan menggunakan belerang, bahan pencepat dan bahan penggiat. Monomer ini bisa dari 1,4 *hexadiene* (HD), *etiliden nobonen* (EN) dan *disiklopentadiene* (DCHP).

Suatu hal yang spesifik pada karet ini adalah bahwa karet jenis ini mampu mengabsorb bahan pengisi dan minyak dalam jumlah besar. Karet EPDM tidak bersifat mudah lengket yang menyebabkannya tidak disukai sebagai komponen dalam pembuatan ban, dimana daya lengket lebih dibutuhkan. Suatu hal yang menguntungkan ialah karena karet ini dapat divulkanisasi pada suhu tinggi. Dengan menggunakan jenis karet ini, akan didapat keuntungan yaitu karet EPDM memiliki sifat sangat tahan terhadap panas, ozon dan cahaya matahari, fleksibilitas pada temperatur rendah baik, tahan terhadap alkali dan asam baik, sangat tahan air dan uap panas. Namun, karet jenis ini memiliki kekurangan yaitu tidak tahan minyak dan daya lekat ke logam dan *fabric* buruk (Arizal, 1994).



Gambar II.2 Rumus Struktur EPDM

Sumber: Hesty Eka Mayasari dan Arum Yuniari, 2016

Aplikasi utama karet jenis EPDM ini antara lain (Honggokusumo, 1994):

1. Karet untuk ban kendaraan

Dengan berkembangnya penelitian karet sintetik, akhirnya setiap komponen karet untuk ban walaupun dapat dibuat dari karet alam, telah juga beralih kearah pemakaian karet-karet lain. Bagian pinggir (*side wall*) dari ban truk bisa dibuat menggunakan campuran EPDM.

2. “*Exposed rubber parts*”

Jenis karet yang sangat tahan terhadap ozon dan cahaya matahari yang umum digunakan untuk “*seals*” kaca ataupun barang karet lain untuk penggunaan luar, yang jelas akan berhadapan dengan ozon dan cahaya matahari adalah karet EPDM.

3. Pipa pendingin

Pipa radiator umumnya terbuat dari campuran EPDM walaupun untuk beberapa jenis kendaraan berat, pipa radiatornya terbuat dari karet silikon. Namun, sebegitu jauh EPDM dianggap dapat digunakan tanpa memberikan kesulitan yang berarti bagi banyak pemakai kendaraan.

4. Pipa pendingin AC

Air dapat meresap ke dalam pipa karet sehingga akan mengurangi kemampuan pendinginan. Karet yang biasa digunakan ialah dari jenis EPDM.

5. Isolasi kabel

Campuran dari karet EPDM sudah diketahui banyak memiliki kelebihan untuk barang jadi karet yang digunakan pada aplikasi luar, salah satunya yaitu untuk isolasi kabel.

Tabel II.3 Sifat Fisika Karet Alam dan EPDM

Sifat Fisika	<i>Polyisoprene</i> (C_5H_8) _n	EPDM
<i>Hardness (Shore A)</i>	30-95	30-90
<i>Tensile Strength (psi)</i>	500-3.500 (3.5-2.5 MPa)	500-2.500 (3.5-17 MPa)
<i>Elongation At Break (%)</i>	300-900	100-700
<i>Specific Gravity</i>	0.93	0.86
<i>Compression Set</i>	Sempurna	Buruk-Sempurna
<i>Tear Strength</i>	Baik-Sempurna	Cukup-Baik
<i>Rebound Resilence</i>	Sempurna	Cukup-Baik
<i>Abrasion</i>	Baik-Sempurna	Baik
<i>Max for continuous use (°F)</i>	180 (82°C)	300 (149°C)

Sumber: Ridha Arizal, 1994 dan Rubber Products Company, Inc

2.3.3. Bahan Pemvulkanisasi

Pada proses vulkanisasi, kompon karet menjadi matang dan produknya disebut kompon karet. Untuk proses vulkanisasi diperlukan bahan pemvulkanisasi, karena tanpa bahan tersebut kompon karet tidak akan matang. Bahan pemvulkanisasi dapat pula dihasilkan oleh suatu bahan yang pada saat vulkanisasi melepaskan belerang (*sulphur donor*). Selama proses vulkanisasi

rantai-rantai molekul karet yang semula terlepas dan dapat bergerak bebas menjadi terikat oleh bahan pemvulkanisasi membentuk jaringan tiga dimensi. Dengan demikian kompon karet yang semula lembek dan tidak elastis diubah menjadi barang karet yang kuat dan elastis (Arizal, 2007).

Bahan pemvulkanisasi yang paling banyak digunakan adalah belerang (*sulphur*), yaitu untuk memvulkanisasi *NR (Natural Rubber)*, *SBR (Styrene Butadiene Rubber)*, *BR (Butadiene Rubber)*, *IR (Isoprene Rubber)*, *NBR (Nitrile Butadiene Rubber)*, *IIR (Isobutene Isoprene Rubber)* dan *EPR (Ethylene Propylene Rubber)*. Bahan pemvulkanisasi yang umum digunakan untuk *CR (Chloroprene Rubber)* adalah oksida logam. Bahan pemvulkanisasi lainnya adalah peroksida organik, damar fenolik, bahan pemvulkanisasi uretan dan radiasi dengan sinar gama (Arizal, 2007).

Belerang yang digunakan sebagian besar adalah *soluble sulphur*. Pada pemakaian dosis tinggi dan selama penyimpanan belerang tersebut akan bermigrasi ke permukaan kompon yang disebut *blooming*. Gejala tersebut tidak dikehendaki karena akan mengurangi daya rekat antara lapisan kompon. Untuk mengatasi gejala tersebut dapat digunakan *insoluble sulphur* (Arizal, 2007).

Bahan pemvulkanisasi adalah sejenis bahan kimia karet yang dapat bereaksi dengan gugus aktif molekul karet pada proses vulkanisasi membentuk ikatan silang antar molekul karet sehingga terbentuk jaringan tiga dimensi. Bahan ini dapat berupa sulfur, sulfur donor atau oksida logam. Sulfur merupakan bahan kimia pertama yang digunakan sebagai bahan pemvulkanisasi (Alfa, 2005).

2.3.4. Bahan Pencepat (Accelerator)

Proses vulkanisasi kompon karet yang hanya mengandung belerang sangat lambat. Guna mempercepat vulkanisasi diperlukan satu atau kombinasi daripada dua atau lebih bahan pencepat (Arizal, 2007).

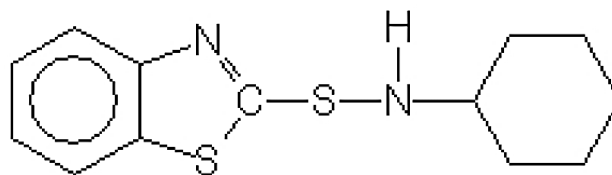
Bahan pencepat banyak jenisnya dan dapat dikelompokkan kedalam beberapa golongan antara lain :

Tabel II.4 Penggolongan Accelerator Berdasarkan Golongan Senyawa dan Respon Terhadap Vulkanisasi

No.	<i>Golongan Pencepat</i>	Contoh
1.	<i>Aldehida-amin</i>	HMT
2.	<i>Sulfenamida</i>	CBS, TBBS, MBS
3.	<i>Thiazol</i>	: MBTS, MBT
4.	<i>Guanidine</i>	: DPG, DOTG
5.	<i>Dithiokrabamat</i>	: ZDC, ZDMC

Sumber: Alfa dkk., (2003)

Pada penelitian ini digunakan bahan pencepat golongan sulfenaamida yaitu *N-Cyclohexyl-2-benzothiazylsulfenamide* (CBS). Adapun rumus struktur kimia CBS dapat dilihat pada gambar II.3

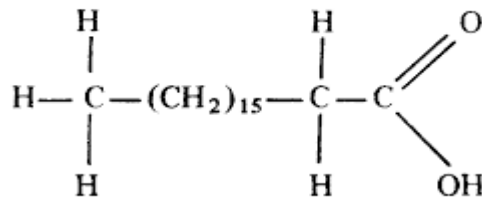


Gambar II.3 Rumus Struktur Kimia CBS

Sumber : Stevens, (2001)

2.3.5. Bahan Penggiat (*Activator*)

Bahan penggiat biasa disebut bahan pengaktif. Bahan ini digunakan untuk menggiatkan kerja dari bahan pencepat dimana pada umumnya zat pencepat organik tidak akan berfungsi secara efisien tanpa bahan penggiat. Penggiat yang paling umum digunakan adalah kombinasi *ZnO* (*Zinc Oxide*) dan asam stearat (Arizal, 2007).



Gambar II.4 Rumus Struktur Asam Stearat

Sumber : Stevens, (2001)

2.3.6. Bahan Anti Degradasi (*Antioksidant*) dan Antiozonan

Untuk melindungi barang karet dari kerusakan yang disebabkan karena oksigen dan ozon dari udara, maka dalam kompon karet perlu ditambahkan anti oksidan dan anti ozonan. Bahan tersebut ada juga yang melindungi karet dari ion tembaga, ion mangan, dan ion besi (*pro oksidan*), suhu tinggi sinar matahari, dan retak lentur (Arizal, 2007).

Anti oksidan juga banyak jenisnya dan dapat dikelompokkan kedalam golongan :

- a. *Fenil naftilamin*
- b. *Kondensat aldehid amina*
- c. *Kondensat keton amina*
- d. *Turunan difenil amina*
- e. *Fenil sulfide*
- f. *Turunan fenol*

Turunan oksidan golongan amina dan turunannya merupakan anti oksidan yang dapat melindungi karet dengan baik, tetapi untuk barang karet berwarna lebih cerah anti oksidan ini akan membuat barang karet berwarna lebih gelap dan terlihat bercak coklat. Sebaliknya anti oksidan golongan *fenol* dan turunannya mempunyai daya penangkal lebih rendah tetapi tidak menjadikan barang karetnya berwarna gelap. Anti oksidan umumnya digunakan dalam jumlah kecil yaitu antara 1-2 bagian per seratus bagian karet (Arizal, 2007).

Beberapa jenis lilin (*wax*) dapat melindungi karet dalam keadaan statis terhadap ozon yaitu dengan membentuk lapisan lilin tipis pada permukaan barang karet. Akan tetapi untuk barang yang mengalami beban dinamis system proteksi ini kurang efektif (Arizal, 2007).

2.3.7. Bahan Pengisi (Filler)

Dalam kompon karet bahan pengisi ditambahkan dalam jumlah yang besar. Bahan pengisi dibagi atas dua golongan yaitu golongan bahan pengisi tidak aktif dan golongan bahan pengisi aktif atau bahan pengisi penguat (*reinforcing filler*). Bahan pengisi penguat akan meningkatkan *hardness*, *tear strength*, *abrasion* dan *tensile strength* pada bahan karet. Penambahan bahan pengisi tidak aktif hanya akan menambah *hardness* dan kekakuan pada barang karet, sedangkan kekuatan dan sifat lainnya akan berkurang. Harga bahan pengisi aktif *relative* lebih murah dan terutama digunakan untuk menekan harga barang jadi karet. Golongan bahan pengisi tidak aktif antara lain : *kaolin*, *clay* (berbagai jenis tanah liat), *kalsium karbonat*, *magnesium karbonat*, *tarium sulfat* dan *barit*. Dalam golongan bahan penguat termasuk *carbon black*, *silica*, *aluminium silikat* dan *magnesium silikat*. Penguatan pada bahan pengisi ditentukan oleh ukuran partikel. Dalam penelitian ini bahan pengisi yang digunakan yaitu *carbon black*. Adapun jenis-jenis *carbon black* dapat dilihat pada tabel II.5.

Tabel II.5. Jenis-jenis Carbon Black

Jenis	Kode	Keterangan	Ukuran
SRF-HM	N-770	<i>Semi reinforcing</i>	83 nm
MFT	N-785	<i>Medium processing furnance</i>	83 nm
GPF	N-660	<i>General purpose furnance</i>	70 nm
HMF	N-601	<i>High modulus furnance</i>	61 nm
FEF	N-550	<i>Fast extrusion furnance</i>	47 nm
FF	N-440	<i>Fine furnance</i>	42 nm
HCF	N-472	<i>Extra conducting furnance</i>	-
HAF	N-330	<i>High abrasion furnance black</i>	30 nm
HAF-LS	N-326	<i>HAF- low structure</i>	32 nm
SCF	N-294	<i>Super conducting furnance</i>	-
CF	N-293	<i>Conducting furnance</i>	-
ISAF-HS	N-242	<i>Intermediate super abrasion</i>	28 nm
ISAF	N-220	<i>Intermediate super abrasion</i>	21 nm
ISAF-LS	N-219	<i>ISAF low structure</i>	28 nm
SAF	N-110	<i>Super abrasion furnance</i>	22 nm

Sumber: (Arizal, 2007)

Bahan pengisi pada penambahan yang optimum akan meningkatkan *tensile strength*, *modulus*, *tear strength*, *abrasion*. Untuk memperoleh kekuatan yang maksimum maka butir-butir bahan pengisi penguat tersebut harus tersebar baik dan merata dalam kompon karet (Arizal, 2007).

Meningkatkan penambahan *carbon black* dapat mempengaruhi sifat kompon sebagai berikut: viskositas dan kekuatan kompon (*green strength*) akan bertambah, permukaan kompon bertambah baik, tapi daya lekat kompon akan berkurang (Arizal, 2007).

2.3.8. Bahan Bantu Olah/ Penolong (*Processing Aids*)

Menurut Abednego (1996), penambahan bahan pelunak ke dalam kompon karet menghasilkan sifat-sifat berikut:

- a. Memudahkan pencampuran bahan pengisi yang merata dalam kompon karet. Penambahan banyak bahan pengisi harus diimbangi dengan penambahan bahan pelunak yang cukup karena penambahan bahan pengisi akan meningkatkan *hardness* sedangkan penambahan bahan pelunak akan mengurangi *hardness*. *Filler* dan bahan pelunak di tambahkan bersama-sama agar dihasilkan kompon dengan *hardness* konstan.
- b. Mempersingkat waktu dan menurunkan suhu pencampuran
- c. Menurunkan *hardness* kompon
- d. Memudahkan proses pemberian bentuk
- e. Menghambat “*scorch*” (penghangusan).

Menurut Arizal (2015), *processing aids* terdiri dari *antidegradant*, *colors*, *inhibitor* (penghambat), *softener* (pelunak), *deodor* (pewangi), *blowing agent* (bahan peniup atau penghembus), bahan pembantu lain seperti *homogenizer*, *peptizer*, senyawa pendispersi, *release agent*, *coupling agent* dan *tackifier*.

2.4. Proses Pembuatan Kompon Karet

Pembuatan kompon karet adalah suatu ilmu yang kompleks dan multidisiplin dalam cara memilih dan mencampurkan kombinasi dari elastomer yang tepat dan bahan lainnya untuk memenuhi kinerja, proses manufaktur, lingkungan dan biaya

yang dibutuhkan agar barang jadi karet dapat dibuat dan diperdagangkan. Ada berbagai jenis elastomer dan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam membuat barang jadi karet, seperti ban, ban dalam, ban vulkanisir, alas kaki, karet gulungan, selang, sabuk, *weather stripping*, *O-ring*, segel, diafragma, perpipaan, sarung tangan karet dan lateks, bola dalam, peralatan medis, *bumper* dan barang produk barang jadi karet lainnya (Sidabutar, 2014).

2.4.1. Mastikasi

Mastikasi adalah proses awal dalam pembuatan kompon karet. Mastikasi merupakan proses penurunan berat molekul karet yang ditunjukkan dengan penurunan viskositas karet sehingga pencampuran bahan kompon yang sebagian besarnya berupa serbuk padat, dapat bercampur dengan mudah dan merata dengan karet. Karet mengalami penurunan berat molekul akibat rantai-rantai utama atau *backbone* dari karet diputus-putus yang berakibat viskositasnya menurun. Proses mastikasi terbagi menjadi dua jenis berdasarkan temperatur yang digunakan, yaitu mastikasi dingin dan panas. Mastikasi dingin merupakan proses pelunakan yang dilakukan pada suhu di bawah 100°C pada mastikasi panas. Mastikasi ini lebih dominan berasal dari proses oksidasi yang dialami oleh rantai molekul karet. Istilah vulkanisasi ialah proses pemanasan keret setelah dicampur dengan belerang. Namun secara kimiawi, vulkanisasi adalah proses pembentukan polimer karet untuk saling bertautan satu sama lain (*cross-linking*). Sejak ditemukan oleh Charles Goodyear tahun 1839, proses vulkanisasi ini sering memakai senyawa belerang (sulfur) sebagai pengikat polimer karet tersebut. Tujuan proses vulkanisasi karet adalah agar barang jadi yang akan dihasilkan menjadi kuat (Ompusunggu, 1987).

2.4.2. Mixing

Pencampuran atau *mixing* adalah suatu tahapan utama dalam pembuatan kompon yang bertujuan untuk memasukkan bahan-bahan kimia ke dalam karet secara merata (homogen). Pencampuran tersebut dapat dilakukan dalam mesin pencampur terbuka (*open-mill mixer*) atau pencampuran tertutup (*internal mixer*).

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap mutu campuran, antara lain suhu mesin, waktu pencampuran dan urutan pemasukan bahan. Hal yang perlu mendapat perhatian adalah dalam pemasukan bahan pengisi, terutama *carbon black*. Seperti diketahui, *carbon black* dalam kompon karet akan meningkatkan beberapa sifat fisik, antara lain sifat tarik (*tensile properties*), kikis (*abrasion*) dan sobek (*tearing*), selain kekerasan (*hardness*) dan modulus. Pada proses pencampuran bahan kimia kompon karet, termasuk bahan pengisi, terdapat beberapa tahapan, yaitu:

1. Penurunan viskositas karet

Penurunan viskositas karet dilakukan pada tahap mastikasi, dimana rantai polimer karet mengalami pemutusan.

2. Inkorporasi

Tahap ini disebut pula sebagai “*wetting stage*”, yaitu karet yang telah mengalami penurunan viskositas siap untuk menerima bahan pengisi dan bahan serbuk lainnya. Bahan-bahan yang digunakan ke dalam matriks karet akan diselimuti oleh lapisan- lapisan karet yang sudah bersifat plastis.

3. Distribusi/Dispersi

Tenaga mekanis gilingan atau rotor yang dihasilkan dari geseran antara dua *roll* (gilingan terbuka) atau antar rotor serta rotor dan dinding ruang pencampur (gilingan tertutup) mampu memutuskan gaya Van der Waals sehingga *agglomerate carbon black* akan hancur menjadi struktur *carbon black* yang lebih kecil. Struktur lebih kecil tersebut selanjutnya harus terdistribusi secara merata dalam matriks karet. Distribusi *carbon black* akan lebih mudah dan akan menghasilkan campuran lebih homogen apabila dicampurkan pula bahan pelunak, seperti *oil*.

4. Plastisasi

Karet yang telah bercampur dengan bahan kimia termasuk bahan pengisi akan mengalami plastisasi lebih lanjut sehingga akan lebih memudahkan proses lebih lanjut.

Pada proses pencampuran, suhu yang timbul pada kompon akibat tenaga mekanis geseran antara permukaan kompon dengan gilingan atau rotor serta

dinding ruang pencampur akan tinggi sehingga mencapai pada suhu vulkanisasi. Oleh sebab itu, selain harus mengawasi suhu pada gilingan rotor, urutan pencampuran, terutama bahan vulkanisasi dan pencepat harus diperhatikan sehingga resiko timbulnya vulkanisasi dini (*scorch*) dapat dihindarkan (Bhuana, 1994).

Secara garis besar, proses *mixing* dimulai dengan pencampuran bahan karet di dalam *kneader* yaitu alat gilingan tertutup. Karet dan *peptizer* dimastikasi selama beberapa menit, kemudian bahan tambahan lain seperti *filler*, *activator* dan *antidegradant* dimasukkan dan dicampur, selanjutnya minyak dimasukkan dan dicampur hingga homogen. Kompon kemudian diistirahatkan selama 24 jam, untuk selanjutnya dilakukan penambahan *accelerator* dan sulfur. Kompon yang sudah jadi dibuat lembaran menggunakan *open mill* pada suhu optimum kompon yaitu 70°C

2.4.3. Vulkanisasi

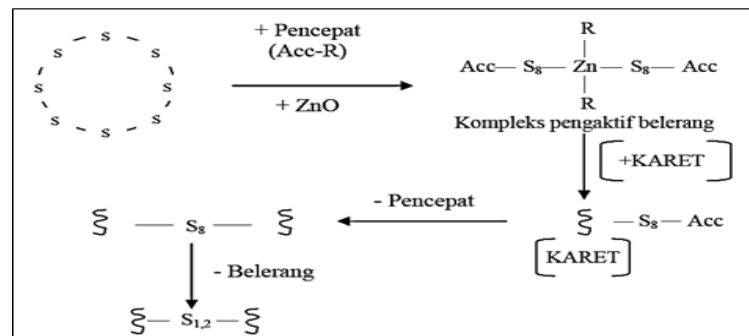
Pengolahan tahap terakhir pada pembuatan barang jadi karet yaitu vulkanisasi. Vulkanisasi adalah suatu proses yang tidak dapat balik, dimana selama proses terjadi perubahan sifat kompon karet yang plastis menjadi elastis dengan cara pembentukan ikatan silang di dalam struktur molekulnya. Dalam reaksi pembentukan ikatan silang tersebut diperlukan energi panas dari luar. Energi ini disuplai oleh mesin vulkanisasi ke dalam kompon selama vulkanisasi, antara lain dengan cara radiasi, konveksi, maupun konduksi. Makin besar jumlah panas yang disuplai mesin ke dalam kompon, makin cepat terjadi reaksi vulkanisasi. Dengan perkataan lain, makin tinggi suhu vulkanisasi, makin cepat berakhir proses vulkanisasi. Media pemanas yang digunakan dalam vulkanisasi yaitu uap jenuh, udara panas, panas listrik, *fluid bed*, *salt-bath* dan gelombang elektromagnetik.

Pembuatan bahan karet alam vulkanisat (*thermoset rubber*) dari bahan karet alam adalah salah satu potensi produk Indonesia yang sangat menjanjikan pada masa sekarang dan akan datang. Karet alam vulkanisat (*thermoset rubber*) memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap temperatur yang ekstrim, memiliki

ketahanan terhadap bahan-bahan kimia, bersifat tahan air, memiliki ketahanan terhadap sinar UV, tidak mudah terdegradasi sehingga sangat cocok sebagai bahan dalam pembuatan ban (Sinurat, 1994).

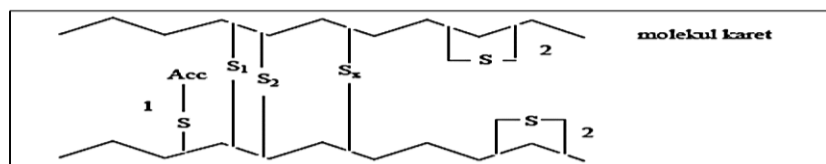
Laju vulkanisasi dapat ditingkatkan melalui penambahan bahan pencepat dan penggiat. Kombinasi antara bahan pemvulkanisasi, bahan pencepat dan bahan penggiat disebut sistem vulkanisasi. Sistem vulkanisasi dapat didefinisikan sebagai jumlah aditif yang diperlukan untuk memvulkanisasi elastomer atau karet yang semula bersifat plastis, liat dan tidak mantap terhadap suhu (*thermoplastic*) berubah menjadi elastis, kuat dan mantap bentuknya terhadap perubahan suhu (*thermoset*) (Long, 1985). Sistem vulkanisasi yang digunakan akan menentukan jenis ikatan silang yang terbentuk. Sistem vulkanisasi karet dapat dibedakan atas tiga jenis, yaitu sistem konvensional, sistem EV dan sistem semi EV (Lee dan Whelan, 1997).

Menurut Honggokusumo (1994), mekanisme vulkanisasi belerang ditunjukkan pada Gambar II.6. Pada awal reaksi terjadi pemutusan lingkaran molekul sulfur (S_8) yang kemudian membentuk kompleks pengaktifan belerang dengan melibatkan bahan pencepat dan ZnO . Bahan pengaktif perantara ini melepaskan rantai belerang oligomer yang reaktif dan menyerang posisi atom C alilik dari molekul karet dan membentuk ikatan silang. Ikatan silang yang terbentuk merupakan ikatan polisulfida yang mengandung banyak atom belerang dan mempunyai ikatan energi rendah. Selama pemanasan yang relatif lama pada proses pemasakan, ikatan polisulfida yang memiliki energi rendah akan putus membentuk ikatan silang yang lebih pendek. Sebagai akibatnya monomolekuler belerang yang putus membentuk ikatan silang yang baru atau ikatan belerang intermolekular sepanjang molekul karet dan terbentuknya ikatan rangkap terkonjugasi seperti ditunjukkan pada gambar II.7 (Honggokusumo, 1994).



Gambar II.5 Mekanisme Vulkanisasi dengan Sulfur

Sumber: Cifriadi dan Falah, (2013)



Keterangan: S₁: monosulfida
S₂: disulfida
S_x: polisulfida (x ≥ 3)
1: gugus pencepat
2: ikatan belerang intermolekuler

Gambar II.6 Struktur Ikatan Silang dan Ikatan Intermolekuler pada Vulkanisat Belerang

Sumber: Honggokusumo, (1994)

2.5 *Pneumatic Fender*

Perkembangan teknologi dalam dunia perkapalan akhir-akhir ini cepat berkembang, salah satunya yaitu dengan digunakannya *pneumatic fender* sebagai sarana pelengkap di dermaga angkatan laut. *Pneumatic fender* juga digunakan untuk “bumper” pada kapal antar kapal yang saling berdekatan baik didermaga ataupun di tengah laut untuk memindahkan sesuatu barang.



Gambar II.7 *Pneumatic Fender*

Sumber : IRM Offshore and Marine Engineers

Pneumatic fender dapat menggunakan bahan baku yang sama dengan *marine airbag*, namun dengan sentuhan teknologi menghasilkan produk yang memiliki kinerja dan fungsi yang berbeda. Saat ini, karet yang diduga paling cocok untuk aplikasi *pneumatic fender* yaitu karet sintesis jenis EPDM dikarenakan karet jenis ini memiliki sifat sangat tahan terhadap panas, ozon dan cahaya matahari, selain itu juga tahan terhadap air dan uap panas sehingga sangat cocok untuk aplikasi *pneumatic fender* yang bekerja di lingkungan air laut.

Potensi karet alam yang dimiliki Indonesia sangatlah besar, namun penggunaan karet alam untuk produksi barang jadi karet masih kurang sehingga dibutuhkan suatu teknologi dan inovasi untuk meningkatkan nilai guna dari karet alam tersebut dan juga dapat meningkatkan devisa negara melalui produk barang jadi karet yang diproduksi di dalam negeri. Kegiatan ini dimaksudkan untuk memanfaatkan potensi karet alam dalam negeri dengan cara memadukan antara karet alam tersebut dengan beberapa formulasi yang menggunakan campuran karet EPDM dan sistem vulkanisasi yang cocok guna memenuhi target spesifikasi *pneumatic fender* berdasarkan *international standard ISO 17357-1:2014 Ships and Marine Technology-High-pressure Floating Pneumatic Rubber Fenders* dan *standard YOKOHAMA pneumatic fender*. Pada penelitian ini digunakan 2 tagret spesifikasi *pneumatic fender* yang dimana adanya perbedaan yaitu pada standar YOKOHAMA *pneumatic fender* terdapat spesifikasi target setelah aging. Dapat dilihat pada tabel II.6 dan 7

Tabel II.6 Target Spesifikasi Pneumatic Fender

No.	Pengujian	Nilai	Metode Uji
1	<i>Tensile strength</i> , MPa	≥ 18	ISO 37/ASTM D412
2	<i>Elongation at break</i> , %	≥ 400	ISO 37/ASTM D412
3	<i>Hardness</i> , * (Shore A)	60 ± 10	ISO 7619-1/ASTM
4	<i>Tear strength</i> , N/cm	≥ 400	ISO 34-1/ASTM D624
5	<i>Compression set</i> , % (70°C /- 1°C, 22 h)	≤ 30	ISO 815-1/ASTM D395
6.	<i>Sea Water Resistance</i>	<i>Change in hardness : max. ± 10 shore A</i> <i>Change in volume : max. +10%/-5%</i>	ISO 1817/ASTM D471

Sumber: ISO 17357-1:2014 *Ships and Marine Technology- High-pressure Floating Pneumatic Rubber Fenders*

Tabel II.7 Target Spesifikasi Pneumatic Fender

Test Item		Inspection Methods	Outer Rubber	Inner Rubber
<i>Before Aging</i>	<i>Tensile Strength</i>	ISO 37 : 2011	18 MPa or more	10 MPa or more
	<i>Elongation</i>	ISO 37 : 2011	400% or more	400% or more
	<i>Hardness</i>	ISO 7619-1 : 2010	60 ± 10 (Durometer Hardness Type A)	50 ± 10 (Durometer Hardness Type A)
<i>After Aging Test method ISO 188 : 1998 70 $\pm$ 1°C X 96 hrs</i>	<i>Tensile Strength</i>	ISO 37 : 2011	Not less than 80% of The original property	Not less than 80% of The original property
	<i>Elongation</i>	ISO 37 : 2011	Not less than 80% of The original property	Not less than 80% of The original property
	<i>Hardness</i>	ISO 7619-1 : 2010	Not to exceed the original property by more than 8	Not to exceed the original property by more than 8
<i>Tear Resistance</i>		ISO 34-1 : 2008	400 N/cm or more	No requirement
<i>Compression test</i>		ISO 815-1 : 2008	30% (70 $\pm$ 1°C for 22 hrs) or less	No requirement
<i>Static ozone aging test</i>		ISO 1431-1 : 2012	No cracks after elongation by 20% and exposure to 50 pphm at 40°C for 96 hrs	No requirement

Sumber : YOKOHAMA *Pneumatic Fender*

2.6 Karakterisasi Pemrosesan Kompon Karet

2.6.1 Uji Kematangan (*Rheometer Test*)

Rheometer adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian karakteristik vulkanisasi secara lengkap dan teliti pada kompon karet. Hasil dari uji kematangan dihasilkan *curing time* yaitu waktu optimum yang dibutuhkan untuk kompon karet berikatan silang membentuk kompon karet pada proses vulkanisasi di alat *hotpress*.

Pada pengujian dengan alat *rheometer*, contoh uji karet yang sudah berbentuk kompon akan mengalami vulkanisasi. Selama berlangsungnya proses vulkanisasi tersebut akan ditandai dengan meningkatnya nilai viskositas. Rotor akan bergerak secara osilasi di tengah-tengah contoh uji bahan/kompon karet pada temperatur yang dipilih. Peralatan *rheometer* akan mencatat tahanan yang disebabkan oleh contoh uji terhadap gerak osilasi rotor. Pengujian waktu kematangan karet menggunakan standar internasional ASTM D5289-12, dimana peralatan *rheometer* yang digunakan yaitu *Moving Die Rheometer 3000 MonTech* pada suhu 140°C selama 40 menit.

2.6.2 *Hotpress*

Hotpress merupakan alat yang digunakan untuk proses vulkanisasi kompon karet yang akan dibuat sampel. Proses vulkanisasi yang dilakukan sesuai data yang telah diperoleh dari hasil proses pematangan pada *Rheometer*. Suhu, waktu dan tekanan sangat penting terhadap pematangan karet.

2.6.3 Tahap Pengusangan

Tahap pengusangan merupakan suatu cara pengujian untuk mengetahui keusangan dari suatu material yang disebabkan karena adanya perlakuan yang menyebabkan perubahan sifat fisika dan struktur kimia pada material. Tahap pengusangan ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat dari kompon karet dengan mengibaratkan kompon yang telah diulakukan uji pengusangan ini sebagai suatu produk yang telah dipakai atau diaplikasikan sebagaimana penggunaannya. Pada penelitian ini tahap pengusangan dibagi menjadi 2 yaitu pengujian pengusangan

dengan cara pemanasan di oven (*aging oven*) dan pengujian uji ketahanan air laut (*sea water resistance*).

2.6.3.1 Aging Oven

Aging oven merupakan suatu cara pengujian untuk mengetahui keusangan dari kompon yang disebabkan karena adanya perlakuan panas. Metode pada pengujian ini yaitu dengan cara memasukkan sampel yang akan diuji kedalam oven dalam keadaan dijepit *holder* dan digantung atau dikaitkan pada bagian dalam oven kemudian dipanaskan selama 72 jam dengan suhu 70 °C.

2.6.3.2 Pengujian Sea Water Resistance

Sea water resistance adalah pengujian keusangan dengan menggunakan bahan utama air laut. Pengujian keusangan dengan bahan utama menggunakan air laut belum dilakukan di Indonesia, maka pengujian air laut ini merupakan pengujian pertama yang dilakukan di Indonesia. Untuk itu, rangkaian alat yang digunakan untuk melakukan pengujian air laut ini dirakit sendiri sesuai dengan *testing standard sea water resistance* yaitu ASTM D471. Media tempat uji ketahanan air laut yang digunakan pada penelitian ini yaitu *erlenmeyer* 2000ml yang disesuaikan dengan jumlah sampel yang akan diuji dan rangkaian alat penunjang lainnya. Sampel yang akan diuji ketahanan air laut dimasukkan kedalam erlenmeyer yang telah tersisi air laut didalamnya kemudian dilakukan pemanasan dalam waktu 28 hari pada suhu dijaga $\pm 95^{\circ}\text{C}$.

2.7 Pengujian Sifat Mekanik Kompon Karet

2.7.1 Pengujian Tegangan Putus (*Tensile Strength Test*) dan Perpanjangan Putus (*Elongation at Break*)

Pengujian *tensile strength* dilakukan untuk mengukur tegangan maksimal atau dinyatakan sebagai tegangan putus (*tensile test*) pada saat dimana terjadi pemutusan dari kompon karet, perpanjangan pada saat putus (*elongation at break*) dan tegangan yang terjadi pada saat dicapai perpanjangan tertentu (*tensile stress*).

Bahan kompon karet apabila diberi tekanan/tarikan akan mengalami perubahan bentuk. Tarikan yang diberikan akan menyebabkan bahan karet mengalami perpanjangan (*elongation*) sampai batas tertentu pada kekuatan tegangan (beban) tertentu selanjutnya akan terjadi pemutusan.

Karakteristik *tensile* sangat penting artinya pada pengukuran kerusakan bahan karet yang disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kerusakan setelah perendaman dengan suatu bahan kimia tertentu atau kerusakan karena penuaan, sebagai standar atau pembanding nilai *tensile strength*nya maupun elongasinya dengan keadaan bahan karet pada kondisi normal. Pengujian *tensile strength* dan *elongation at break* ini menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) berdasarkan ASTM D412.

2.7.2 Pengujian Ketahanan Sobek (*Tear Strength Test*)

Pengujian *tear strength* merupakan pengujian terhadap sampel karet yang bertujuan untuk mengukur *tear strength* dari suatu kompon karet. Uji ini adalah untuk mengukur tenaga yang dibutuhkan untuk menyobek contoh uji. Pengujian *tear strength* ini mengacu pada standar internasional ASTM D624 dengan menggunakan alat yang sama pada pengujian *tensile strength* yaitu *Universal Testing Machine* (UTM).

2.7.3 Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

Pengujian *hardness* dilakukan untuk mengukur *hardness* dari kompon karet. *hardness* dari kompon berbeda-beda, bergantung pada jumlah bahan pengisi dan jumlah bahan pelunak yang digunakan. Prinsip pengujiannya adalah dengan mengukur *hardness* dari sampel dengan cara mengukur ke dalam penetrasi suatu jarum (*indentor*) yang masuk ke dalam permukaan sampel yang disebabkan oleh suatu benda yang diberikan pada jarum tersebut. Pengujian *hardness* menggunakan alat *Durometer Hardness* ASTM D2240 tipe shore A.

2.7.4 Pengujian Pemampatan Tetap (*Compression Set Test*)

Pengujian pemampatan ini dilakukan untuk mengukur perubahan bentuk karena kompresi yang disebabkan karena pemanasan dari kompon karet yang dikenakan pampatan tetap. Uji pampatan tetap dilakukan untuk mengetahui sifat elastis dari kompon karet setelah ditekan pada waktu dan kondisi tertentu. Uji ini dilakukan terutama untuk barang-barang karet yang dalam pemakaiannya mengalami tekanan, seperti *pneumatic fender* ini yang harus mampu menahan beban kapal yang akan dinaikkan/diturunkan dari galangan. Pengujian pemampatan ini mengacu pada metode standar internasional ASTM D395, dimana menggunakan alat uji pemampat (*Compression Device*) dan membutuhkan tiga buah sampel untuk tiap-tiap formula.

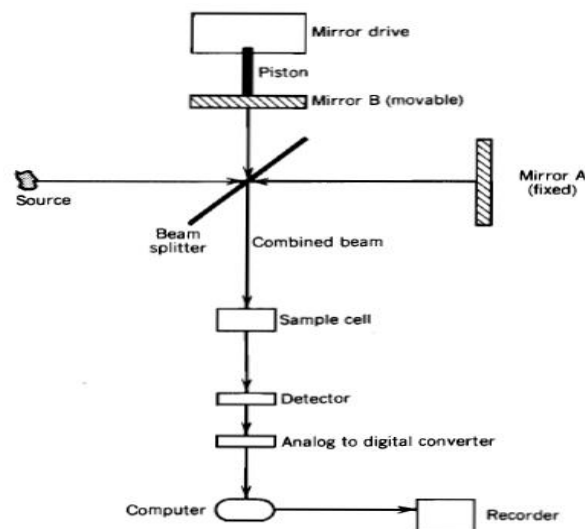
2.7.5 Pengujian *Carbon Dispersion*

Prinsip pengukuran *carbon dispersion* yaitu untuk menentukan tingkat persebaran *filler carbon black* pada matriks karet. Pengujian dilakukan berdasarkan ISO 11345:2006. Sampel dialiri sinar yang kemudian dapat membaca tingkat persebaran *filler carbon black* yang akan di bandingkan hasil pembacaannya dengan standar yang terdapat pada alat. Sehingga didapatkan persen persebaran *filler carbon black* pada matriks karet.

2.7.6 Pengujian FTIR

Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform-InfraRed (ATR-FT-IR) Salah satu analisa kimia barang jadi karet adalah menggunakan instrumentasi karet adalah dengan menggunakan Infra merah/*FT-IR/ATR-FT-IR*. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM E1252-98. Prinsip dari Infra-merah sendiri mengukur vibrasi molekul yang terjadi pada suatu ikatan karena adanya perbedaan momen dipol tersebut. Sedangkan untuk inframerah pada prinsipnya adalah pengukuran untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Energi yang diserap sampel pada berbagai frekuensi sinar inframerah direkam, kemudian diteruskan ke interferometer. Sinar pengukuran sampel diubah menjadi interferogram.

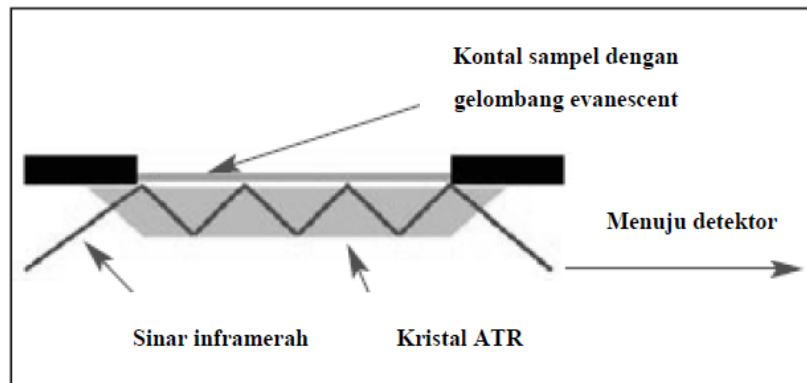
Mekanisme yang terjadi pada alat FT-IR yaitu dimana sinar yang datang dari sumber sinar, diteruskan dan kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber.



Gambar II.8 Skema FT-IR

Sumber: Silverstein, dkk (2005)

Sedangkan Prinsip dari instrumentasi ATR-FT-IR yaitu mengukur perubahan yang terjadi dalam proses pemantulan sinar inframerah datang melewati suatu sampel. Adanya proses refleksi pada sampel mengakibatkan terbentuknya gelombang tipis yang terdapat dipermukaan sampel, disebut gelombang *evanescent*. Pada bagian di mana sampel menyerap spektrum inframerah, gelombang *evanescent* akan dilemahkan atau diubah. Energi yang diubah dari gelombang ini akan dikembalikan pada sinar inframerah yang keluar dari kristal dan kemudian diteruskan menuju detektor. Setelah itu, energi akan diubah menjadi spektra inframerah.



Gambar II.9. Skema Instrumentasi ATR terintegrasi FT-IR

Sumber: Anonim 7 (2015)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Karet, Gedung 224, Pusat Teknologi Material-Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (PTM-BPPT), Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan pada bulan Februari s.d Juni 2018

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

a. Alat Proses:

1. *Rubber Cutter Machine*
2. *Kneader*
3. *Open mill*
4. *Hotpress*
5. *Vulcanizing mold*

b. Alat Penguji:

1. *Moving Die Rheometer 3000 Montech Rheometer*
2. *Dispersion Tester 3000*
3. *Universal Testing Machine (UTM)*
4. *Durometer Hardness Shore A*
5. *Compression Set*
6. *FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)*
7. *Sea Water Resistance*

c. Alat Penunjang:

- | | |
|---|---------------------|
| 1. Timbangan Digital | 12. Neraca Analitik |
| 2. Gelas Plastik | 13. <i>Oven</i> |
| 3. Gunting | 14. Wadah Aluminium |
| 4. <i>Caliper</i> | 15. Penjepit sampel |
| 5. Termometer | 16. Statif |
| 6. Penjepit statif | 17. Gelas ukur |
| 7. <i>Erlenmeyer</i> 2000ml | 18. Selang |
| 8. Kondensor | 19. Corong |
| 9. <i>Electric Heater</i> | 20. Spatula |
| 10. <i>Volume Sample Cutter</i> R-VS 3000 | 21. Pompa |
| 11. <i>Volume Sample Cutter</i> VS 3000 | |

3.2.2. Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. <i>Ribbed Smoked Sheet</i> | 9. <i>Carbon Black</i> (N660) |
| 2. <i>Ethylene Propylene Diene Monomer</i> | 10. <i>Coumarone Resin</i> |
| 3. <i>Aktioplast</i> 8 | 11. <i>Paraffinic Oil</i> |
| 4. Asam Stearat | 12. <i>Wax</i> |
| 5. ZnO | 13. CBS |
| 6. Rubatan TMQ | 14. Sulfur |
| 7. <i>Carbon Black</i> (N330) | 15. <i>Aquadest</i> |
| 8. <i>Carbon Black</i> (N220) | 16. Air laut |

3.2.3 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dapat mempengaruhi atau menjadi penyebab perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Variabel bebas yang ditetapkan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Tabel III.1 Rasio Massa RSS dan EPDM

No.	<i>Rubber</i>	Komposisi (phr)	
		Karet Alam RSS	Karet Sintetis EPDM
1	Sampel PF 1,6,11	100	0
2	Sampel PF 2, 7, 12	90	10
2	Sampel PF 3, 8, 13	80	20
3	Sampel PF 4, 9, 14	70	30
4	Sampel PF 5, 10, 15	0	100

3.2.4 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat berfungsi untuk mengetahui pengaruh dari variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikat yang ditetapkan sebagai berikut:

- | | | | |
|-----------------|---------|--------------------------------|----------|
| 1. Aktiplast 8 | : 3 phr | 7. Rubatan TMQ | : 2 phr |
| 2. Asam Stearat | : 3 phr | 8. <i>Coumarone Resin</i> | : 8 phr |
| 3. ZnO | : 6 phr | 9. <i>Paraffinic Oil</i> | : 6 phr |
| 4. Wax | : 1 phr | 10. <i>Carbon Black</i> (N220) | : 35 phr |
| 5. CBS | : 1 phr | 11. <i>Carbon Black</i> (N330) | : 35 phr |
| 6. Sulfur | : 2 phr | 12. <i>Carbon Black</i> (N660) | : 35 phr |

Setelah menentukan variabel bebas dan variabel terikat maka dapat dibuat formulasi yang akan digunakan untuk pembuatan kompon karet pada penelitian ini. Formulasi untuk pembuatan kompon karet dapat dilihat pada Tabel III.2

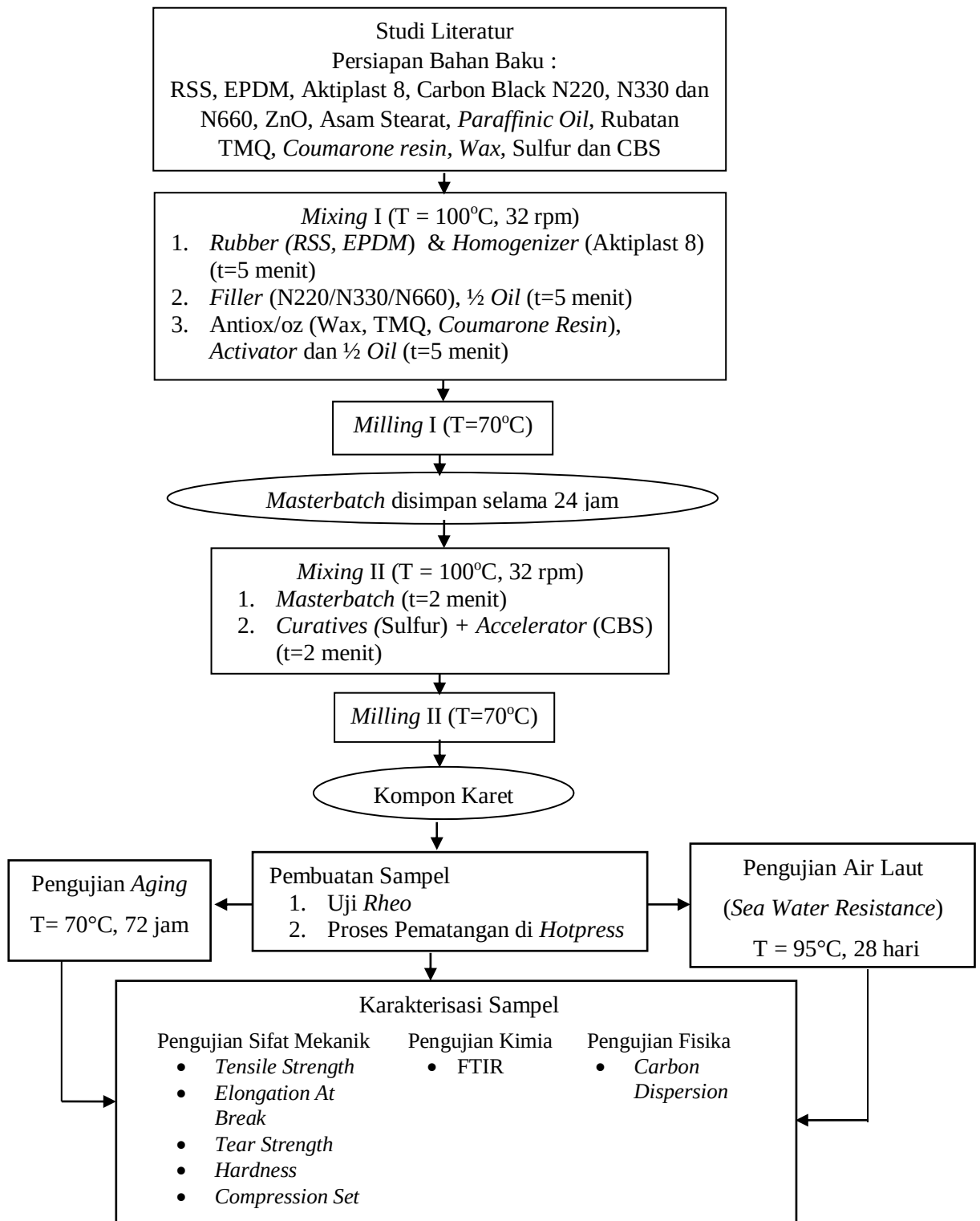
Tabel III.2 Komposisi Formulasi Karet

Komponen	Density Literatur (gram/ml)	Formula (Phr)				
		PF 1; PF 6; PF11	PF 2; PF 7; PF 12	PF 3; PF 8; PF 13	PF 4; PF 9; PF 14	PF 5; PF 10; PF 15
RSS	0.93	100	90	80	70	0
EPDM	1.10	0	10	20	30	100
Aktioplast 8	1.10	3				
ZnO	5.61	6				
Asam Stearat	0.94	3				
<i>Carbon Black</i> (N220)	1.80	35				
<i>Carbon Black</i> (N330)	1.80	35				
<i>Carbon Black</i> (N660)	1.80	35				
Rubatan TMQ	1.05	2				
Wax	0.91	1				
<i>Coumarone resin</i>	0.99	8				
<i>Paraffinic oil</i>	0.87	6				
Sulfur	1.96	2				
CBS	1.28	1				

Keterangan :

- Carbon black* N220 hanya digunakan untuk formula PF 1, PF2, PF3, PF4, PF5.
- Carbon black* N330 hanya digunakan untuk formula PF 6, PF7, PF8, PF9, PF10.
- Carbon black* N660 hanya digunakan untuk formula PF 11, PF12, PF13, PF14, PF15.

3.3. Prosedur Penelitian



Gambar. III.1. Prosedur Penelitian

3.3.1. Tahap Pembuatan Kompon Karet

3.3.1.1. Persiapan Bahan Baku

Karet alam jenis RSS (*Ribbed Smoked Sheet*) dan karet sintetis jenis EPDM (*Ethylene Propylene Diene Monomer*) dipotong menggunakan *rubber cutter machine*, kemudian ditimbang bersama dengan bahan-bahan kimia penunjang seperti aktiplast 8, ZnO, asam stearat, *carbon black* N220, N330, N660, rubatan TMQ, *wax*, *coumarone resin*, *paraffinic oil*, sulfur dan CBS sesuai dengan komposisi formulasi pembuatan kompon karet.

3.3.1.2. Pembuatan Kompon Karet

Berikut ini merupakan tahapan kerja dari proses pembuatan kompon karet:

a. *Mixing I*

1. Memasukkan bahan karet alam jenis RSS dan karet sintetis jenis EPDM dengan variasi seperti tabel di atas dan aktiplast 8 ke dalam *kneader* dengan set suhu 100°C dan kecepatan 32 rpm. *Mixing* dimulai pada suhu 100°C dan kecepatan 32 rpm selama 5 menit. Menambahkan *Carbon Black* dan ½ porsi dari *paraffinic oil* (½ oil) sesuai dengan formula yang ditentukan selama 5 menit
2. Menambahkan bahan-bahan lain, seperti ZnO, asam stearat, Rubatan TMQ, *wax*, *coumarone resin* dan ½ porsi dari *paraffinic oil* (½ oil) yang sudah ditimbang sesuai dengan komposisi formulasi pembuatan kompon karet ke dalam *kneader* lalu *dimixing* selama 5 menit.

b. *Milling I*

Menggiling hasil *mixing* dari *kneader* dengan menggunakan *open mill* dengan suhu 70°C selama 7 kali penggilingan ± 7 menit sehingga terbentuk kompon karet berupa lembaran yang disebut juga sebagai *masterbatch*. *Masterbatch* kemudian didiamkan selama 24 jam

c. *Mixing II*

1. Memotong *masterbatch* hingga menjadi potongan-potongan yang lebih kecil dengan menggunakan alat yang dapat dilihat pada lampiran B (Gambar 3) kemudian dimasukkan ke dalam *kneader* dengan set suhu 70°C dan kecepatan 32 rpm. *Mixing* dimulai pada suhu 70°C dan kecepatan 32 rpm selama 2 menit.
2. Menambahkan sulfur (*curative*) dan CBS (*accelerator*) ke dalam *kneader* kemudian *dimixing* selama 2 menit.

d. *Milling II*

Menggiling hasil *mixing* dari *kneader* dengan menggunakan *open mill* dengan suhu 70°C selama 7 kali penggilingan dalam waktu ± 7 menit. Selama proses penggilingan, kompon karet tersebut digulung, kemudian dimasukkan kembali ke *open mill* hingga 7 kali pengulangan sehingga terbentuk kompon karet berupa lembaran yang akan dimatangkan dan dicetak sebagai sampel.

3.3.2. Tahap Pembuatan Sampel

Pada penelitian ini, hasil proses pembuatan kompon karet sebelum dibuat sampel, diuji *rheo* (kematangan) terlebih dahulu dengan menggunakan alat *Moving Die Rheometer 3000 Montech Rheometer* untuk menentukan waktu matang karet pada saat proses vulkanisasi sampel dengan alat *hotpress*. Sampel dimatangkan pada alat *hotpress* lalu dibuat menjadi 3 jenis sampel yaitu normal, *after aging* dan setelah uji *sea water resistance*.

3.3.2.1. Uji Kematangan (*Rheometer Test*)

Tahapan pengujian untuk waktu matang berdasarkan ASTM D5289-12 sebagai berikut:

1. Meletakkan kompon pada *Volume Sample Cutter R-VS 3000* lalu potong dengan menekan tombol merah di kanan dan kiri alat preparasi sampel secara bersamaan selama kurang lebih 10 detik dan terdengar bunyi klik. Untuk satu kali pengujian membutuhkan satu buah sampel dan dua plastik sampel.

2. Sampel sudah terpotong dapat langsung digunakan dengan terlebih dahulu melapisinya menggunakan *plastic film* di kedua sisinya.
3. Mempersiapkan program pengujian pada layar komputer dengan memberi nama sampel, mengatur suhu pada 140°C dan waktu pengujian selama 40 menit.
4. Memasukkan sampel ke dalam *Moving Die Rheometer* tepatnya di antara kedua plat ketika alat sudah *standby* (warna garis hijau pada layar komputer).
5. Menekan tombol start warna hijau pada *Moving Die Rheometer* lalu tunggu selama 40 menit.
6. Setelah selesai, lihat hasil pengujian pada layar komputer.

3.3.2.2. Hotpress

Tahapan pematangan kompon karet pada *hotpress* sebagai berikut:

1. Kompon karet terlebih dahulu dipotong kecil-kecil hingga pas dengan ukuran *vulcanizing mold* kemudian dimasukkan ke *vulcanizing mold* hingga tidak ada lagi ruang kosong pada cetakan. Cetakan disesuaikan dengan karakterisasi yang akan dilakukan.
2. Atur suhu, waktu dan tekanan pada alat *hotpress* dan sesuaikan dengan hasil pengujian *Rheometer* sebelumnya, kemudian tekan *prepare program*.
3. Ketika sudah siap, masukan *mold* yang sudah berisi kompon karet ke dalam alat *hotpress* yang sudah *diprepared program* lalu tekan *run program*.
4. Tunggu hingga alat berbunyi, kemudian keluarkan sampel dari *mold* lalu tunggu hingga suhu sampel menurun (dingin) selanjutnya sampel siap untuk dikarakterisasi.

3.3.3. Tahap Pengusangan (Aging Test)

Tahapan proses pengujian pengusangan (*aging test*) sesuai dengan sebagai berikut:

1. Siapkan sampel untuk uji pengusangan
2. Kemudian jepit satu persatu sampel dengan penjepit (*holder*)

3. Masukkan dan gantungkan sampel yang telah dijepit holder kedalam *aging oven*
4. Tutup *aging oven*, kemudian set suhu 70 °C, waktu 72 jam.
5. Setelah 72 jam, angkat sampel dan diamkan selama 30 menit hingga suhu sampel menurun (dingin), selanjutnya sampel siap untuk dikarakterisasi.

3.3.4. Tahap proses pengujian air laut (*sea water resistance*)

Tahapan proses pengujian air laut (*sea water resistance*) sesuai dengan ASTM D471 sebagai berikut:

1. Siapkan peralatan yang digunakan untuk menunjang proses pengujian air laut ini, yaitu *erlenmeyer* 2000ml, statif dan penjepitnya, *electric heater*, kondensor, pompa, corong, selang, bak untuk air pendingin kondensor dan tentunya air laut sebagai media untuk *aging test* ini.
2. Rakit peralatan tersebut mengacu pada *testing standard* ASTM D 471 sehingga dapat digunakan pada proses pengujian air laut.
3. Siapkan sampel yang akan dilakukan untuk uji ketahanan air laut
4. Masukkan air laut yang telah disiapkan kedalam *erlenmeyer* 2000ml sampai batas yang telah ditentukan.
5. Masukkan sampel yang telah disiapkan kedalam *erlenmeyer* yang telah berisi air laut.
6. Letakkan *erlenmeyer* yang telah berisi sampel diatas *heater*.
7. Atur *heater* dengan temperatur 250-450°C hingga temperatur air laut yang berisi sampel tersebut mencapai suhu 95°C. Temperatur pengujian dijaga pada suhu 95°C.
8. Proses pengusangan ini dilakukan selama 28 hari dan selalu dicek kondisi temperatur pada air laut yang berisi sampel. Jika temperatur pada air laut berada dibawah 95°C maka temperatur *heater* dapat dinaikkan agar temperatur pada air laut kembali stabil.
9. Setelah 28 hari, sampel dikeluarkan dan dikeringkan dengan *oven* selama 2 jam. Selanjutnya, sampel siap untuk dilakukan pengujian karakteristik kompon karet setelah *aging*.

3.3.5. Karakterisasi Sampel Karet

3.3.5.1. Pengujian Tegangan Putus (*Tensile Strength Test*) dan Perpanjangan Putus (*Elongation at Break*)

Prosedur kerja alat UTM berdasarkan ASTM D412 sebagai berikut:

1. Mengukur sampel yang akan diuji dari mulai ketebalannya (*thickness*), lebar sampel (*width*), panjang total sampel dan *grip* (jarak antara jepit bawah dan atas ditandai dengan pulpen) dengan menggunakan *caliper* (jangka sorong).
2. Membuka *software* UTM pada perangkat lunak komputer, kemudian masukkan data yang sudah diukur.
3. Memasang sampel di tempat sampel dengan cara posisikan sampel agar tepat di tengah atau seimbang.
4. Memasang penjepit sampel pada bagian atas dan bawah sampel sesuai dengan *grip*.
5. Mengatur pembatas atas dan bawah untuk menghindari terjadinya penempelan antara tempat sampel dengan bagian atas alat.
6. Menekan tombol *START* pada alat dan tunggu hingga sampel putus.
7. Mencatat data yang diperoleh sebagai hasil uji.

3.3.5.2. Pengujian Ketahanan Sobek (*Tear Strength Test*)

Prosedur kerja alat UTM berdasarkan ASTM D624 sebagai berikut:

1. Mengukur sampel yang akan diuji dari mulai ketebalannya (*thickness*), lebar sampel (*width*), panjang total sampel dan *grip* (jarak antara jepit bawah dan atas ditandai dengan pulpen) dengan menggunakan *caliper* (jangka sorong).
2. Membuka *software* UTM pada perangkat lunak komputer, kemudian masukkan data yang sudah diukur.
3. Memasang sampel di tempat sampel dengan cara posisikan sampel agar tepat di tengah atau seimbang.
4. Memasang penjepit sampel pada bagian atas dan bawah sampel sesuai dengan *grip*.
5. Mengatur pembatas atas dan bawah untuk menghindari terjadinya penempelan antara tempat sampel dengan bagian atas alat.

6. Menekan tombol *START* pada alat dan tunggu hingga sampel sobek, lalu catat data yang diperoleh sebagai hasil uji.

3.3.5.3. Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

Prosedur kerja pengujian *hardness* berdasarkan ASTM D2240 sebagai berikut:

1. Sebelum pengujian *hardness* dilakukan, sampel terlebih dulu dikondisikan di dalam desikator selama 24 jam pada suhu 23°C.
2. Memasang *durometer* pada *operating stand*.
3. Meletakkan sampel pada *universal specimen stage*.
4. Satu kali pengujian sampel diambil 5 titik dengan masing-masing jarak titik 6 mm.
5. Data diambil pada saat 1 detik setelah *indentor* mengenai sampel.
6. Mencatat data yang telah diperoleh sebagai hasil uji.

3.3.5.4. Pengujian Pemampatan Tetap (*Compression Set Test*)

Prosedur kerja pengujian pemampatan berdasarkan ASTM D395 sebagai berikut:

1. Mengukur sampel yang akan diuji mulai dari ketebalan samping kanan, tengah dan samping kiri dengan menggunakan *caliper* (jangka sorong).
2. Memasukkan sampel ke dalam alat pemampat.
3. Memasukkan *spacer* 0,95 mm dan pelat pemampatnya kemudian kencangkan bautnya.
4. Memasukkan alat pemampat yang sudah diisi sampel ke dalam *oven* selama 22 jam dengan suhu 70°C.
5. Setelah 22 jam sampel dikeluarkan dari alat pemampat dan didiamkan selama 30 menit.
6. Mengukur sampel dan catat sebagai hasil uji.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan kompon karet dengan bahan-bahan seperti yang dicantumkan dalam tabel III.2. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan komposisi karet alam jenis *Ribbed Smoked Sheet* (RSS) dan karet sintesis jenis *Ethylene Propylene Diene Monomer* (EPDM) dengan tujuan optimasi formula kompon karet untuk aplikasi *pneumatic fender* yang berguna untuk mengurangi resiko kerusakan pada kapal maupun dermaga yang akan terjadi akibat benturan antar kapal dengan dinding dermaga selama proses berlabuh serta dalam rangka memanfaatkan secara maksimal penggunaan karet alam sebagai bahan baku lokal untuk produk barang-jadi karet. Hasil pengujian sampel *pneumatic fender* nantinya akan dibandingkan dengan standar spesifikasi teknis *pneumatic fender*.

4.1 Standar Spesifikasi Teknis *pneumatic fender*

Adapun penelitian ini menggunakan standar spesifikasi teknis sesuai dengan ISO 17357-1:2014 dan standar YOKOHAMA *Pneumatic Fender*. Pada pengujian *pneumatic fender* ini, standar spesifikasi teknis *pneumatic fender* yang digunakan berupa standar pengujian mekanis yaitu diantaranya *tensile strength*, *elongation at break*, *tear strength*, *hardness* dan *compression set*. Nilai standar spesifikasi teknis *pneumatic fender* dapat dilihat pada tabel II.6 dan II.7.

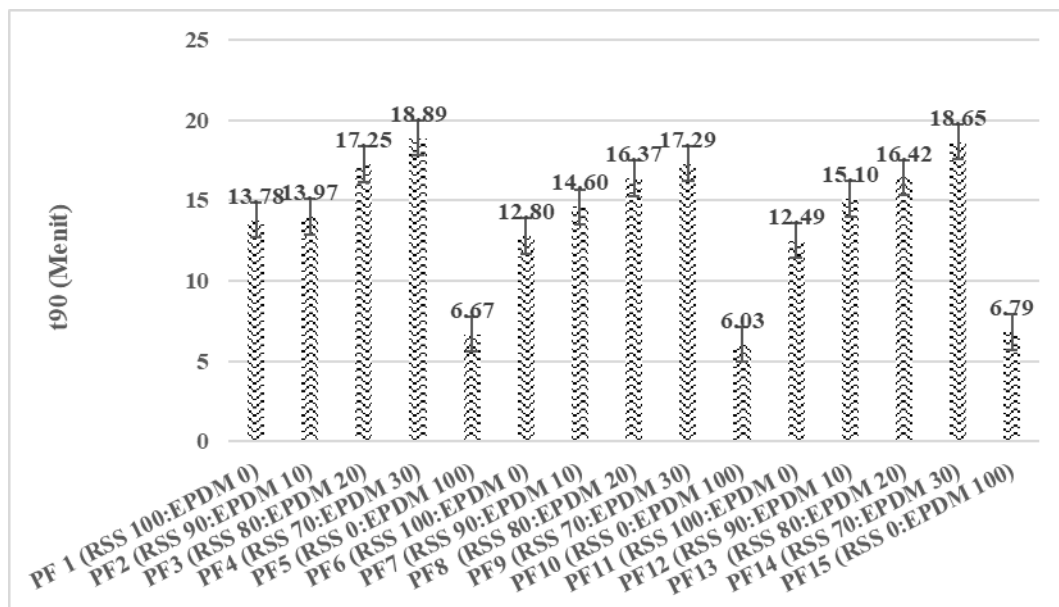
4.2 Hasil Karakterisasi Kompon Karet

Karakterisasi kompon karet dibagi menjadi empat, yang pertama adalah karakterisasi pemrosesan kompon karet. Karakterisasi tersebut meliputi pengujian kematangan. Karakterisasi yang kedua yaitu karakterisasi sifat mekanis kompon karet yang meliputi *tensile strength*, *tear strength*, *elongation at break*, *hardness*, *compression set*. karakterisasi yang ketiga adalah karakterisasi fisika yaitu *carbon*

dispersion. Karakterisasi keempat yaitu karakterisasi kimia berupa *FTIR*. Hasil pengujian kompon karet yang dilakukan dalam kondisi normal, setelah *aging* dengan pengujian *sea water resistance*.

4.2.1 Pengaruh Rasio Massa Karet Terhadap Waktu Matang Karet (*Curing Time*) Kompon Karet

Waktu Matang Karet (*Curing Time*) merupakan waktu dimana karet dianggap telah tervulkanisasi dengan baik. Kondisi vulkanisasi yang tidak tepat akan menyebabkan kompon karet kurang matang atau lewat matang. Apabila waktu pemanasan kurang dari waktu optimum itu maka ikatan silang yang terjadi belum optimal sehingga akan mempengaruhi sifat barang jadi karet maupun lateks. Tetapi apabila waktu pemanasan yang diberikan melebihi waktu yang optimum maka akan terjadi *over vulkanisasi*, yaitu terputusnya ikatan silang maupun ikatan dalam polimer karet itu sendiri (Rahmaniar, 2009). *Over vulkanisasi* ini terlihat secara visual yaitu dengan timbulnya sifat lengket pada karet.. Hasil uji waktu matang kompon karet untuk *pneumatic fender* ditampilkan dalam bentuk diagram batang pada gambar IV.1.



Gambar IV.1 Pengaruh Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Waktu Matang (*Curing Time*) Kompon Karet

Berdasarkan gambar IV.1 dapat dilihat hasil waktu matang dari kompon karet didapat waktu matang optimum (t_{90}) menunjukkan waktu yang diperlukan untuk mencapai tingkat kematangan 90%. Kompon karet dengan waktu matang yang semakin cepat maka akan semakin baik selama waktu pravulkanisasi cukup proposional (Vachlepi dan Suwardin, 2015). Dari gambar IV.1 waktu pemasakan yang tercepat pada kompon karet dengan rasio massa RSS/EPDM (100:0) menunjukkan hasil yang sama sekitar 13 menit. Sedangkan pada campuran RSS/EPDM menunjukkan waktu matang tercepat berada pada kompon karet dengan rasio massa RSS/EPDM (90:10) dimana kompon tersebut menghasilkan waktu yang paling optimum dibandingkan dengan kompon karet campuran lainnya. Waktu matang yang dihasilkan dari kompon karet tersebut adalah sekitar 13 menit, hampir sama dengan kompon karet dengan rasio massa RSS/EPDM (100:0). Dengan demikian kompon karet tersebut memiliki waktu masak yang lebih cepat, waktu vulkanisasi kompon karet yang lebih cepat ini sangat diperlukan untuk proses produksi yang banyak (massal) kaitannya dengan efisiensi waktu dan penggunaan energi dalam pembuatan kompon karet (Vachlepi dan Suwardin, 2015).

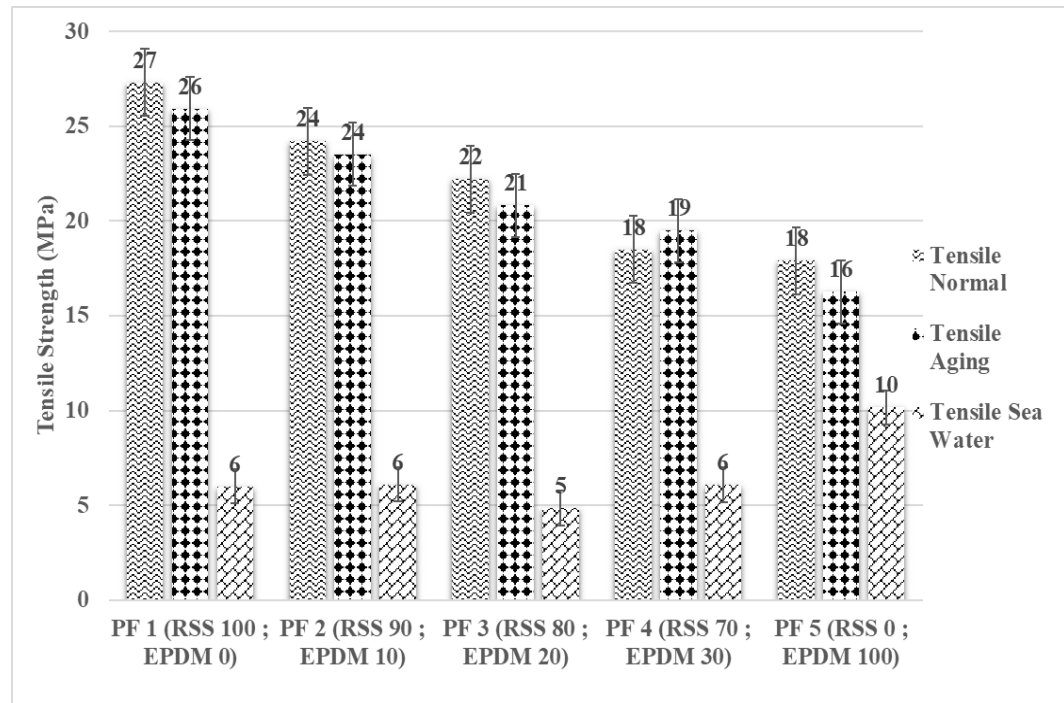
Sedangkan pada kompon PF 5, 10 dan 15 dengan rasio massa RSS/EPDM (0:100) menghasilkan waktu matang yang lebih cepat dari kompon PF lainnya. Hal tersebut dikarenakan suhu yang digunakan adalah 180°C sedangkan pada kompon PF lainnya menggunakan suhu 140 °C. Pemilihan pemakaian suhu 180°C dikarenakan EPDM akan mengalami proses pematangan yang jauh lebih cepat sehingga berpengaruh pada efisiensi waktu yang digunakan dan suhu tersebut tidak melewati waktu optimum atau over vulkanisasi.

4.2.2 Karakterisasi Mekanis Kompon Karet

4.2.2.1 *Tensile Strength*

Tensile strength atau tegangan putus merupakan besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji kompon karet sampai putus, dinyatakan dengan N untuk setiap mm² luas penampang potongan uji sebelum diregangkan. Disamping itu, pengujian tegangan putus dapat menentukan waktu

vulkanisasi optimum suatu kompon karet dan pengaruh pengusangan pada waktu vulkanisasi kompon karet (Rahmaniar dkk, 2015).

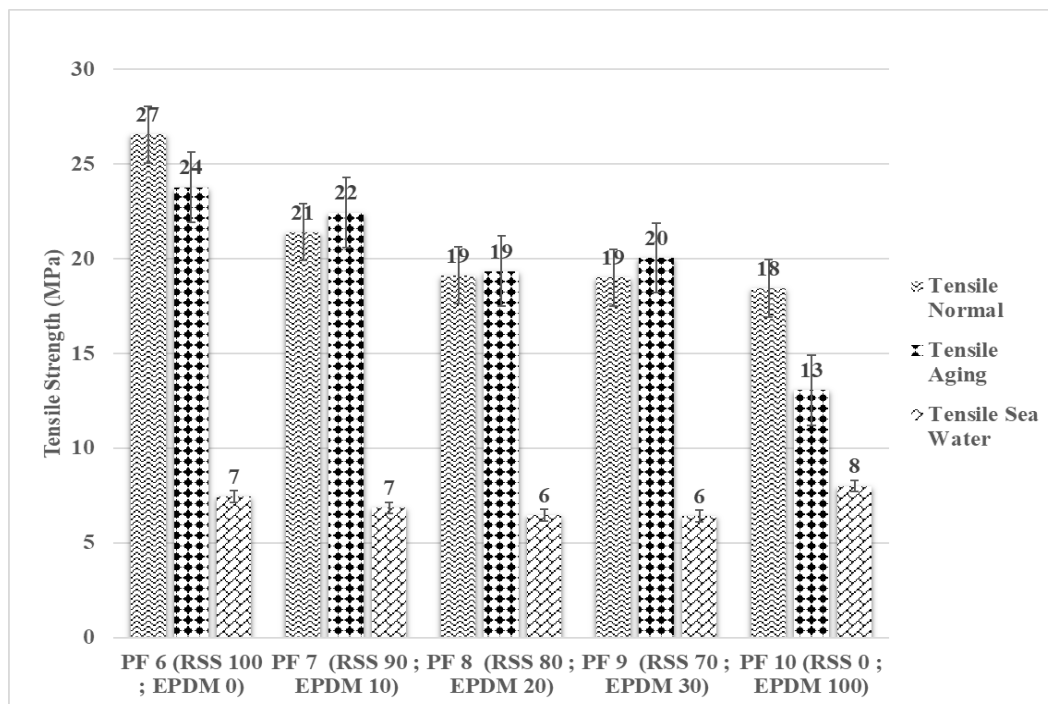


Gambar IV.2 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Tensile Strength* dengan *Carbon Black N220*

Berdasarkan gambar IV.2 dapat dilihat hasil dari pengujian *tensile strength* dalam kondisi normal dan setelah *aging* dimana pada PF (1-5) pada setiap formulasi mengalami penurunan nilai *tensile strength* dikarenakan adanya penambahan EPDM dalam setiap rasio massa yang digunakan dalam campuran antara karet alam dan karet sintetis. Pada pengujian ini nilai *tensile strength* yang paling baik adalah PF 1 dan PF 2 dengan rasio massa PF 1 RSS/EPDM (100:0) dan RSS/EPDM (90:10). Penambahan karet alam pada kompon tersebut mempengaruhi kompon karet dikarenakan sifat dari karet alam mempunyai daya elastis atau daya lenting yang baik dan plastisitas tinggi, sehingga dengan pemakaian yang banyak akan menyebabkan kompon karet memiliki nilai *tensile strength* yang semakin tinggi. (Nuyah dan Yulita, 2012). Pengujian kompon karet yang sudah dilakukan proses pengusangan selama 72 jam mengalami nilai *tensile strength* yang lebih rendah pada pengujian *tensile strength* dalam kondisi normal.

Sama dengan pengujian dalam kondisi normal nilai *tensile strength* pada kondisi *aging* mengalami penurunan pada setiap rasio massa seiring dengan bertambahnya rasio massa EPDM pada setiap formula. Penambahan karet EPDM yang terlalu besar atau banyak dapat menyebabkan ikatan elastomer karet dengan bahan pengisi penguat tidak kuat dikarenakan perbandingannya tidak proporsional (Nuyah dan Yulita, 2012). Pada pengujian kondisi normal dan *aging* pada PF 1-5 sudah masuk kedalam standar teknis yang telah ditentukan oleh ISO 14357-1:2014 yang dimana pada pengujian *tensile strength* minimal adalah 18 MPa untuk kondisi normal dan 10 MPa untuk kondisi *aging*. Pada kompon karet PF (1-5) menggunakan *filler carbon black* N220 yang mempunyai ukuran partikel yang kecil sehingga bahan pengisi tersebut merata pada proses pencampuran. *Tensile strength* sangat dipengaruhi oleh adanya penambahan *filler* sehingga dapat meningkatkan nilai *tensile strength* (Nuyah dan Yulita, 2012).

Kompon karet dalam kondisi setelah *sea water resistance* mengalami penurunan nilai *tensile strength* yang sangat drastis dikarenakan kompon karet tersebut mengalami degradasi rantai polimer ini sejalan dengan pernyataan (Haris, 2004), karet alam kurang tahan terhadap panas, tidak tahan terhadap ozon dan cahaya matahari. Sedangkan kompon karet pada PF 5 yang menggunakan rasio massa (RSS 0: EPDM 100) dapat tahan dalam kondisi setelah uji *sea water resistance*. kompon tersebut tahan dalam kondisi air laut dan cuaca yang panas. Sama seperti target pemilihan karet sintesis EPDM yang mampu tahan terhadap bahan kimia serta ozon. Kompon karet PF 5 memiliki nilai *tensile strength* yang lebih baik dibandingkan dengan kompon karet campuran lainnya.

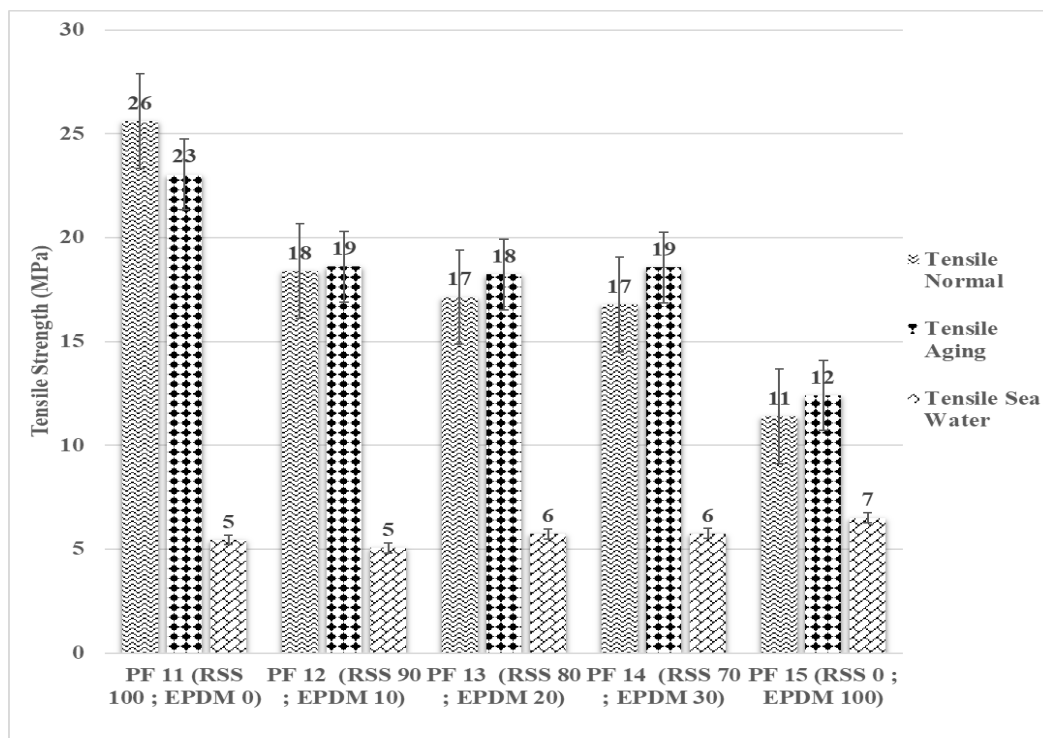


Gambar IV.3 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Tensile Strength* dengan *Carbon Black* N330

Dari gambar IV.3 dapat dilihat bahwa kompon karet PF 6-10 mengalami penurunan yang tidak begitu signifikan pada kondisi normal dan setelah *aging* 72 jam. Hanya saja pada PF 9 pada pengujian *tensile strength* dalam kondisi setelah *aging* mengalami kenaikan yang tidak begitu signifikan. Nilai *tensile strength* yang paling baik diperoleh pada PF 1 dan 2 dimana didapat nilai *tensile strength* sebesar 27 MPa dan 21 MPa. Pada PF 6-10 menggunakan *carbon black* N330 yang ukuran partikelnya lebih besar pada *carbon black* N220. Sehingga nilai *tensile strength* PF 6-10 lebih rendah dibandingkan dengan PF 1-5 dikarenakan pada proses pencampuran tidak merata sehingga mempengaruhi dari daya elastis dari kompon karet. Pada kompon karet dalam kondisi normal dan *aging* telah masuk standar spesifikasi teknis yang telah ditentukan yaitu 18 MPa.

Pada kompon karet PF 6-10, nilai *tensile strength* setelah *sea water resistance* mengalami nilai *tensile strength* yang mengalami penurunan drastis dikarenakan kompon karet tersebut mengalami degradasi rantai polimer hal ini sejalan dengan pernyataan (Haris, 2004), karet alam kurang tahan terhadap panas, tidak tahan terhadap ozon dan cahaya matahari. Tetapi pada PF 10 yang

mempunyai rasio massa RSS/EPDM (0:100) tahan terhadap kondisi *sea water* resistente sehingga nilai *tensile strength* kompon tersebut tidak turun secara signifikan.



Gambar IV.4 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Tensile Strength* dengan *Carbon Black* N660

Dari gambar IV.4 dapat dilihat bahwa kompon karet PF 11-15 mengalami penurunan yang tidak begitu signifikan pada kondisi normal dan setelah *aging* 72 jam. Hanya saja pada PF 12, 13, 14 dan 15 pada pengujian *tensile strength* dalam kondisi setelah *aging* mengalami kenaikan yang tidak begitu signifikan. Nilai *tensile strength* yang paling baik diperoleh pada PF 1 dan 2 dimana didapat nilai *tensile strength* sebesar 27 MPa dan 21 MPa. Pada PF 11-15 menggunakan *carbon black* N660 yang ukuran partikelnya lebih besar pada *carbon black* N330 dan *carbon black* N660. Sehingga nilai *tensile strength* PF 11-15 lebih rendah dibandingkan dengan PF 1-10 dikarenakan pada proses pencampuran tidak merata karena ukuran partikelnya besar sehingga mempengaruhi dari daya elastis dan lenting dari kompon karet. Pada kompon karet dalam kondisi normal dan *aging*

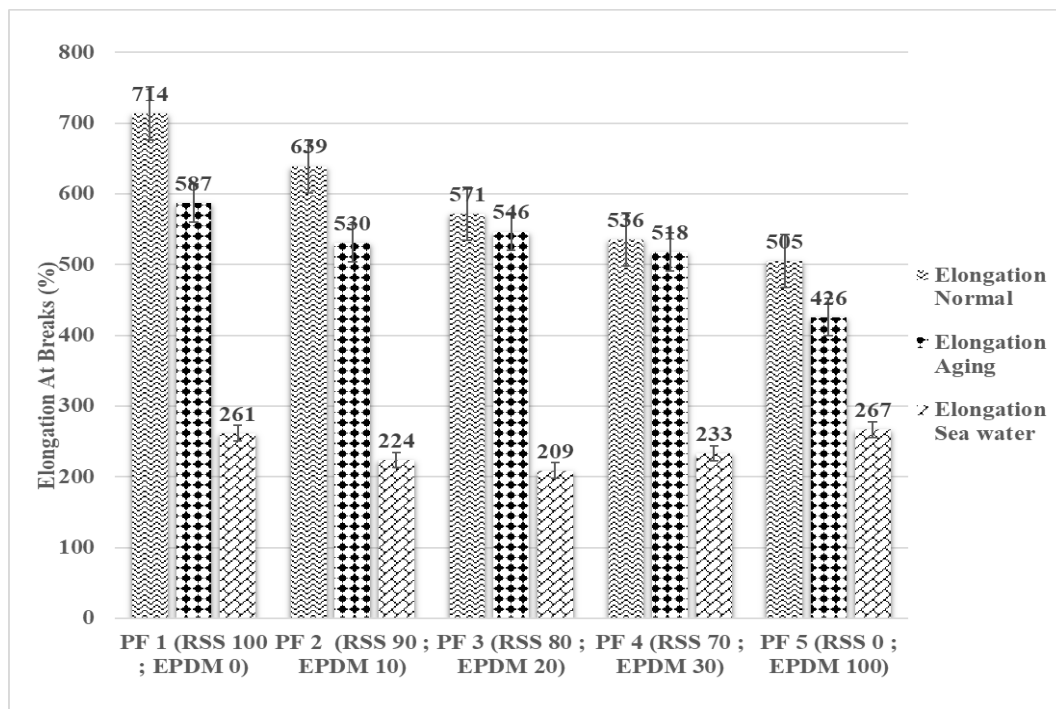
telah masuk standar spesifikasi teknis yang telah ditentukan yaitu 18 MPa. Sedangkan pada pengujian setelah *sea water resistente* tidak masuk standar spesifikasi dikarenakan hasil pengujian dibawah standar yaitu 18 MPa.

Pada kompon karet PF 11-15, nilai *tensile strength* setelah *sea water resistente* mengalami penurunan yang cukup drastis dikarenakan kompon tersebut telah diserang oleh gugus OH yang menyebabkan turunnya daya elastisitas pada kompon karet. Tetapi pada PF 15 dengan rasio massa RSS/EPDM (0:100) lebih tahan terhadap kondisi *sea water resistente* hal tersebut dapat dilihat pada gambar.IV.4, nilai *tensile strength* kompon tersebut tidak mengalami penurunan secara signifikan.

4.2.2.2 Elongation At Break

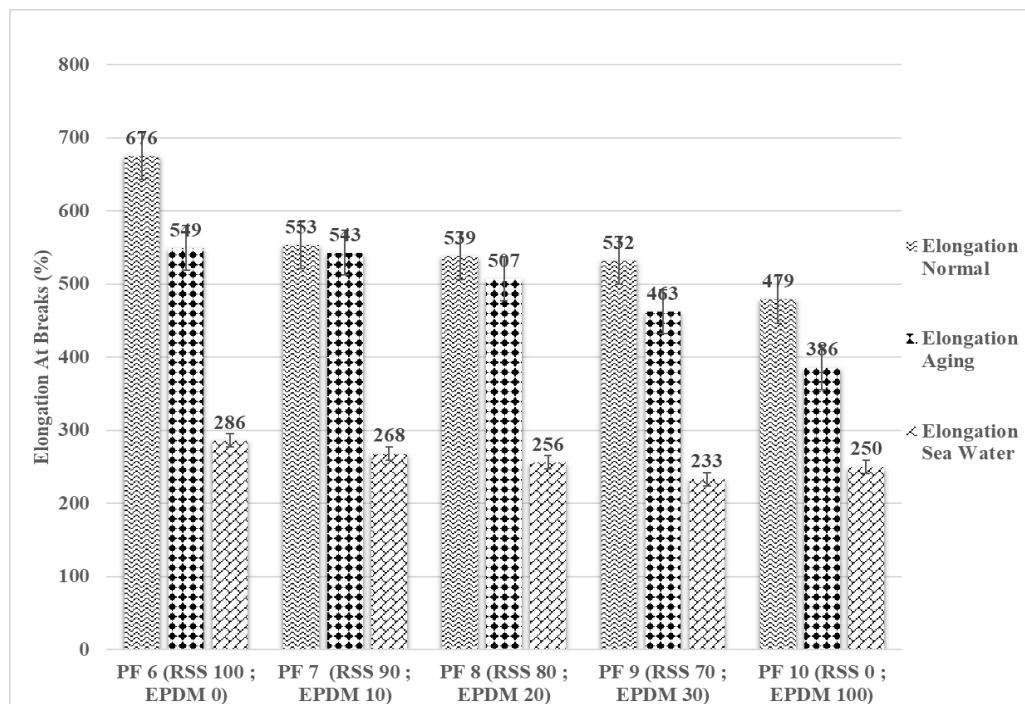
Elongation at break merupakan penambahan panjang suatu potongan uji bila diregangkan sampai putus, dinyatakan dalam bentuk persentase (%) dari panjang potongan uji sebelum diregangkan (Rahmaniar dkk, 2015).

Hasil analisa keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi karet alam dan karet sintetis yang digunakan memberikan pengaruh yang nyata terhadap *elongation at break* kompon karet, hal ini dikarenakan terlihat bahwa semakin banyak penambahan karet EPDM, maka *elongation at break* akan semakin menurun. Berdasarkan ISO 17357-1:2014, kompon karet untuk aplikasi *pneumatic fender* persyaratan mutu teknis *elongation at break* adalah $\geq 400\%$, bila dibandingkan dengan ISO tersebut adalah telah memenuhi persyaratan yang harus dicapai baik sebelum maupun setelah pengujian ketahanan air laut, kecuali PF 1-15 yang telah direndam oleh air laut.



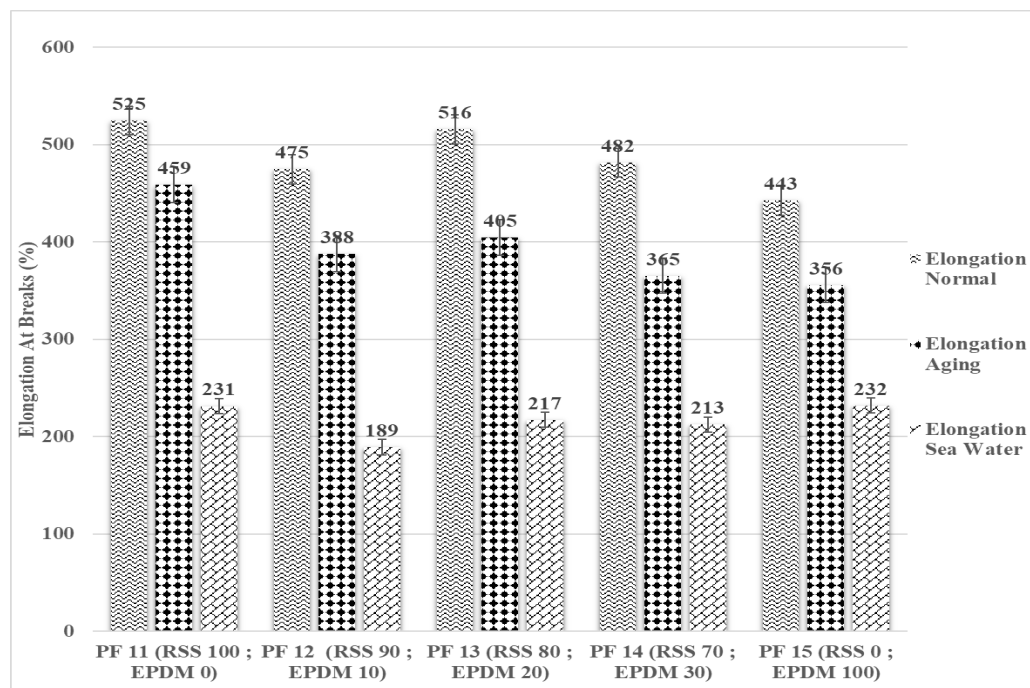
Gambar IV.5 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Elongation at Break* dengan *Carbon Black N220*

Berdasarkan gambar IV.5 menunjukkan penambahan jumlah rasio karet RSS akan menambah nilai *elongation at break* dari produk *pneumatic fender*. Ini menjadi bukti bahwa karet alam mempunyai sifat mekanik *elongation at break* yang lebih baik daripada karet sintetik EPDM. Namun setelah dilakukan uji *aging* dan uji *sea water resistance* nilai *elongation at break* menurun. Penurunan yang sangat signifikan terjadi pada kompon PF setelah dilakukan uji *sea water resistance*. Pada formula kompon karet yang telah dilakukan uji *sea water resistance* terjadi penurunan yang cukup besar khususnya pada kompon PF1-4, sedangkan pada formula kompon karet PF5 penurunan nilai *elongation at break* justru tidak terlalu besar. Penurunan yang cukup besar tersebut diduga karena pada PF 1-4 terdapat kandungan karet alam RSS. Dimana menurut Haris (2004), karet alam kurang tahan terhadap panas, tidak tahan terhadap ozon dan cahaya matahari. Sedangkan pada kompon PF 5 memiliki komposisi 100% EPDM, dimana karet tersebut memiliki keunggulan sifat yang lebih baik dari karet alam yaitu tahan panas, ozon dan cahaya matahari.



Gambar IV.6 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Elongation At Break* dengan *Carbon Black N330*

Berdasarkan gambar IV.6 menunjukkan penambahan jumlah rasio karet RSS akan menambah nilai elongation at break dari produk *pneumatic fender*. Ini menjadi bukti bahwa karet alam mempunyai sifat mekanik *elongation at break* yang lebih baik daripada karet sintetik EPDM. Namun setelah dilakukan uji *aging* dan uji *sea water resistance* nilai *elongation at break* justru menurun. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada kompon PF setelah dilakukan uji *sea water resistance*. Pada formula kompon karet yang telah dilakukan uji *sea water resistance* terjadi penurunan yang cukup besar khususnya pada kompon PF 6-9, sedangkan pada formula kompon karet PF 10 penurunan nilai *elongation at break* justru tidak terlalu besar. Penurunan yang cukup besar tersebut diduga karena pada PF 5-9 terdapat kandungan karet alam RSS. Dimana menurut Haris (2004), karet alam kurang tahan terhadap panas, tidak tahan terhadap ozon dan cahaya matahari. Sedangkan pada kompon PF10 memiliki komposisi 100% EPDM, dimana karet tersebut memiliki keunggulan sifat yang lebih baik dari karet alam yaitu tahan panas, ozon dan cahaya matahari



Gambar IV.7 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Elongation At Break* dengan *Carbon Black N660*

Berdasarkan gambar IV.7 menunjukkan penambahan jumlah rasio karet RSS akan menambah nilai *elongation at break* dari produk *pneumatic fender*. Ini menjadi bukti bahwa karet alam mempunyai sifat mekanik *elongation at break* yang lebih baik daripada karet sintetik EPDM. Namun setelah dilakukan uji *aging* dan uji *sea water resistance* nilai *elongation at break* justru menurun. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada kompon PF setelah dilakukan uji *sea water resistance*. Pada formula kompon karet yang telah dilakukan uji *sea water resistance* terjadi penurunan yang cukup besar khususnya pada kompon PF 1-14, sedangkan pada formula kompon karet PF 15 penurunan nilai *tear strength* justru tidak terlalu besar. Penurunan yang cukup besar tersebut diduga karena pada PF 11-14 terdapat kandungan karet alam RSS. Dimana menurut Haris (2004), karet alam kurang tahan terhadap panas, tidak tahan terhadap ozon dan cahaya matahari. Sedangkan pada kompon PF 15 memiliki komposisi 100% EPDM, dimana karet tersebut memiliki keunggulan sifat yang lebih baik dari karet alam yaitu tahan panas, ozon dan cahaya matahari

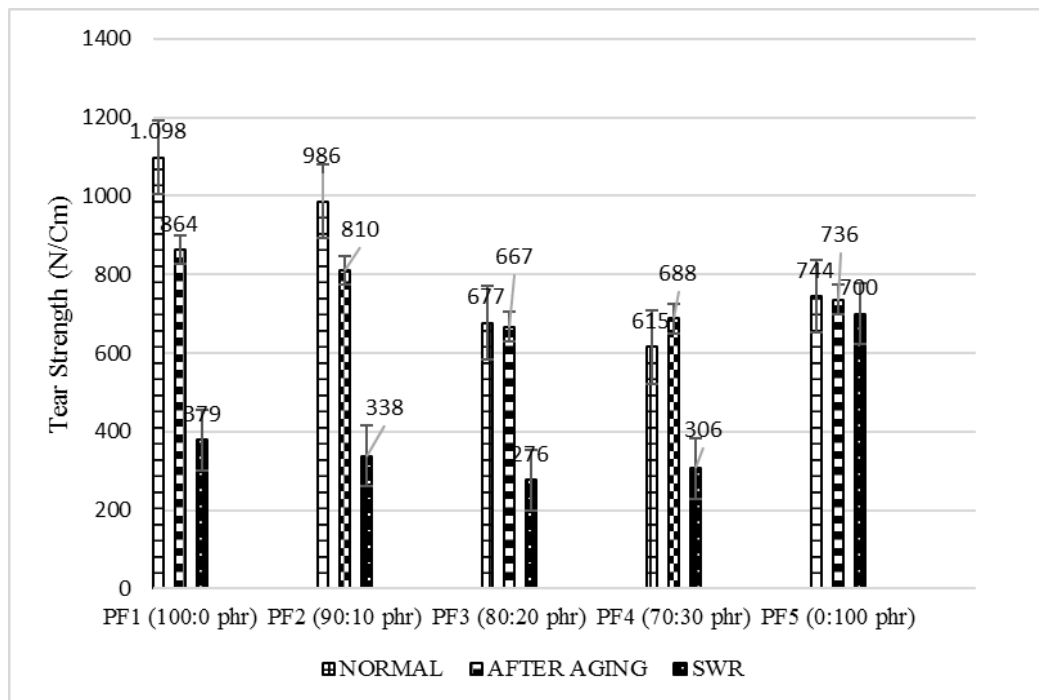
Berdasarkan gambar IV.5-7 dapat disimpulkan bahwa pada uji dalam keadaan normal penggunaan jumlah karet alam yang semakin banyak dapat menyebabkan nilai *elongation at break* yang dimiliki oleh kompon karet akan semakin meningkat. Sebaliknya, penggunaan jumlah EPDM yang semakin banyak maka nilai *elongation at break* kompon karet akan semakin menurun. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Arizal (1994) bahwa karet alam memiliki keunggulan sifat *elongation at break* yang tinggi sehingga penggunaan karet alam dengan kadar tinggi dapat meningkatkan nilai *elongation at break* kompon karet tersebut.

Penambahan bahan pengisi juga dapat mempengaruhi nilai *elongation at break* barang jadi karet. Bahan pengisi yang digunakan harus halus, seragam dan tidak terkontaminasi dengan Mn, Cu dan kelembapan (Wahyudi, 2005). Dalam penelitian ini, bahan pengisi yang memiliki karakteristik bahan pengisi paling halus yaitu *carbon black* jenis N220 dengan ukuran partikel 21 μm .

Hasil penelitian pada uji *elongation at break* menunjukkan bahwa formulasi yang diteliti belum semua memenuhi persyaratan target spesifikasi yaitu $\geq 400\%$, khususnya nilai *tear strength* pada kompon karet setelah dilakukan uji ketahanan air laut. Dari seluruh formulasi kompon karet dapat disimpulkan nilai *elongation at break* yang paling optimum digunakan untuk *pneumatic fender* pada penelitian ini diperoleh pada formulasi kompon karet PF 2 RSS/EPDM (90:10) dengan penggunaan *carbon black* jenis N220 yaitu 639% pada uji normal, 530% pada uji *after aging* dan 223% pada uji SWR.

4.2.2.3 *Tear Strength*

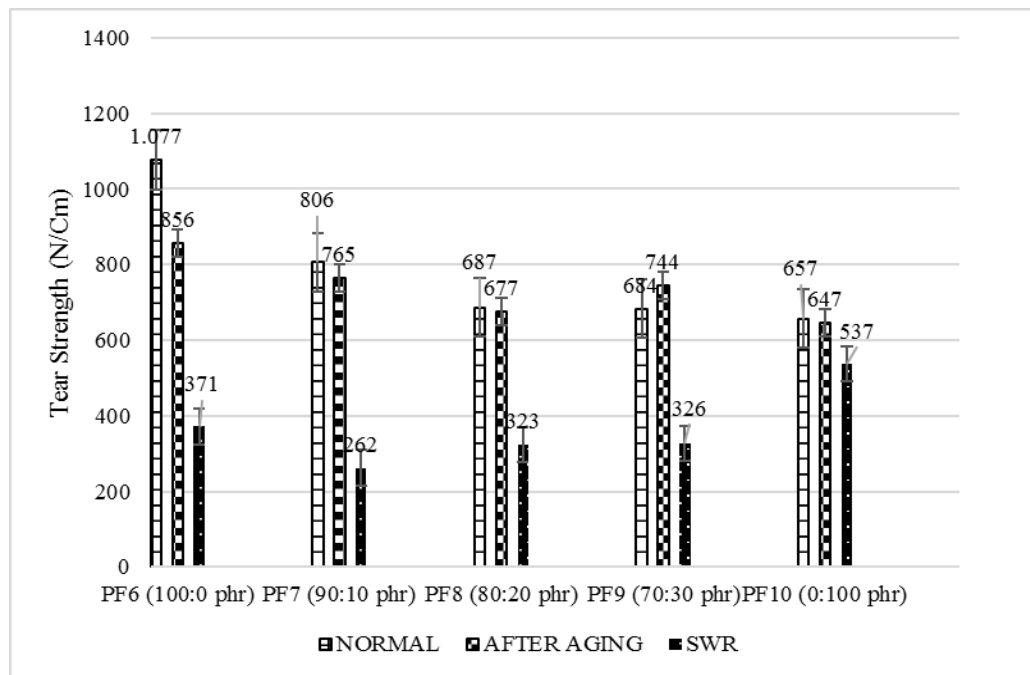
Tear strength atau kekuatan sobek merupakan besarnya gaya atau tenaga yang dibutuhkan untuk menyobek potongan uji sampai putus (Nuyah dan Yulita, 2012). *Tear strength* dinyatakan N/cm, dimana *tear strength* merupakan besarnya beban yang diperlukan untuk menyobek potongan uji kompon karet sampai sobek, dinyatakan dengan N untuk setiap cm tebal contoh uji penampang sebelum dilakukan uji *tear strength* (Bhuana dan Thomas, 1994). Hasil pengujian *tear strength* kompon karet sebelum, uji *aging* dan setelah uji ketahanan air laut (*sea water resistance*) dapat dilihat pada gambar IV.8-10.



Gambar IV.8 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Tear Strength* dengan *Carbon Black N220*

Berdasarkan gambar IV.8, menunjukkan penambahan jumlah rasio karet RSS-1 akan menambah nilai *tear strength* dari produk *pneumatic fender*. Ini menjadi bukti bahwa karet alam mempunyai sifat mekanik *tear strength* yang lebih baik daripada karet sintetik EPDM. Namun setelah dilakukan uji *aging* dan uji *sea water resistance* nilai *tear strength* justru menurun. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada komponen PF setelah dilakukan uji *sea water resistance*. Pada formula komponen karet yang telah dilakukan uji *sea water resistance* terjadi penurunan yang cukup besar khususnya pada komponen PF 1-4, sedangkan pada formula komponen karet PF 5 penurunan nilai *tear strength* justru tidak terlalu besar. Penurunan yang cukup besar tersebut diduga karena pada PF 1-4 terdapat kandungan karet alam RSS. Dimana menurut Haris (2004), karet alam kurang tahan terhadap panas, tidak tahan terhadap ozon dan cahaya matahari. Sedangkan pada komponen PF 5 memiliki komposisi 100% EPDM, dimana karet tersebut

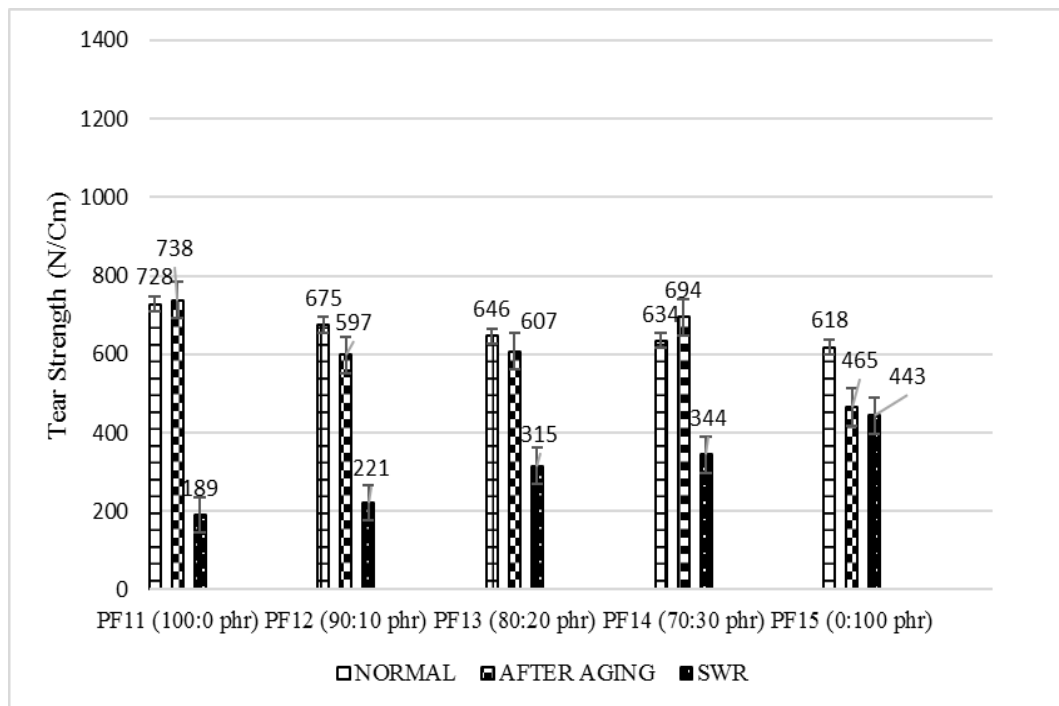
memiliki keunggulan sifat yang lebih baik dari karet alam yaitu tahan panas, ozon dan cahaya matahari.



Gambar IV.9 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Tear Strength* dengan *Carbon Black N330*

Berdasarkan gambar IV.9 menunjukkan penambahan jumlah rasio karet RSS akan menambah nilai *tear strength* dari produk *pneumatic fender*. Ini menjadi bukti bahwa karet alam mempunyai sifat mekanik *tear strength* yang lebih baik daripada karet sintetik EPDM. Namun setelah dilakukan uji *aging* dan uji *sea water resistance* nilai *tear strength* justru menurun. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada kompon PF setelah dilakukan uji *sea water resistance*. Pada formula kompon karet yang telah dilakukan uji *sea water resistance* terjadi penurunan yang cukup besar khususnya pada kompon PF 6-9, sedangkan pada formula kompon karet PF 10 penurunan nilai *tear strength* justru tidak terlalu besar. Penurunan yang cukup besar tersebut diduga karena pada PF 5-9 terdapat kandungan karet alam RSS. Dimana menurut Haris (2004), karet alam kurang tahan terhadap panas, tidak tahan terhadap ozon dan cahaya matahari. Sedangkan pada kompon PF 10 memiliki komposisi 100% EPDM, dimana karet tersebut

memiliki keunggulan sifat yang lebih baik dari karet alam yaitu tahan panas, ozon dan cahaya matahari



Gambar IV.10 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Tear Strength* dengan *Carbon Black N660*

Berdasarkan gambar IV.10, menunjukkan penambahan jumlah rasio karet RSS akan menambah nilai *tear strength* dari produk *pneumatic fender*. Ini menjadi bukti bahwa karet alam mempunyai sifat mekanik *tear strength* yang lebih baik daripada karet sintetik EPDM. Namun setelah dilakukan uji *aging* dan uji *sea water resistance* nilai *tear strength* justru menurun. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada kompon PF setelah dilakukan uji *sea water resistance*. Pada formula kompon karet yang telah dilakukan uji *sea water resistance* terjadi penurunan yang cukup besar khususnya pada kompon PF 11-14, sedangkan pada formula kompon karet PF 15 penurunan nilai *tear strength* justru tidak terlalu besar. Penurunan yang cukup besar tersebut diduga karena pada PF 11-14 terdapat kandungan karet alam RSS. Dimana menurut Haris (2004), karet alam kurang tahan terhadap panas, tidak tahan terhadap ozon dan cahaya matahari. Sedangkan pada kompon PF 15 memiliki komposisi 100% EPDM, dimana karet tersebut

memiliki keunggulan sifat yang lebih baik dari karet alam yaitu tahan panas, ozon dan cahaya matahari

Berdasarkan gambar. IV.8-10 dapat disimpulkan bahwa pada uji dalam keadaan normal penggunaan jumlah karet alam yang semakin banyak dapat menyebabkan nilai *tear strength* yang dimiliki oleh kompon karet akan semakin meningkat. Sebaliknya, penggunaan jumlah EPDM yang semakin banyak maka nilai *tear strength* kompon karet akan semakin menurun. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Arizal (1994) bahwa karet alam memiliki keunggulan sifat *tear strength* yang tinggi sehingga penggunaan karet alam dengan kadar tinggi dapat meningkatkan nilai *tear strength* kompon karet tersebut.

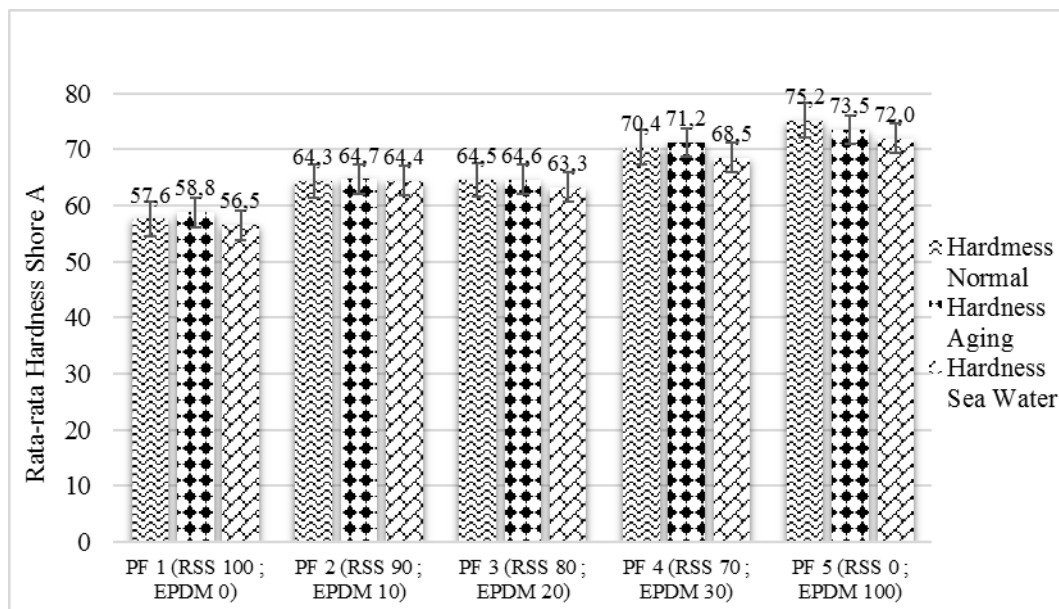
Penambahan bahan pengisi juga dapat mempengaruhi nilai *tear strength* barang jadi karet. Bahan pengisi yang digunakan harus halus, seragam dan tidak terkontaminasi dengan Mn, Cu dan kelembapan (Wahyudi, 2005). Dalam penelitian ini, bahan pengisi yang memiliki kareakteristik bahan pengisi paling halus yaitu *carbon black* jenis N220 dengan ukuran partikel 28 μm .

Hasil penelitian pada uji *tear strength* menunjukkan bahwa formulasi yang diteliti belum semua memenuhi persyaratan target spesifikasi yaitu ≥ 400 N/cm, khususnya nilai *tear strength* pada kompon karet setelah dilakukan uji *sea water resistente*. Dari seluruh formulasi kompon karet dapat disimpulkan nilai *tear strength* yang paling optimum digunakan untuk *pneumatic fender* pada penelitian ini diperoleh pada formulasi kompon karet PF 2 RSS/EPDM (90:10) dengan penggunaan *carbon black* jenis N220 yaitu 986 N/cm pada uji normal, 810 N/cm pada uji *after aging* dan 338 N/cm pada uji SWR. Sedangkan pada pengujian setelah *sea water resistente* tidak masuk standar spesifikasi dikarenakan hasil pengujian dibawah standar yaitu 18 MPa.

4.2.2.4 *Hardness*

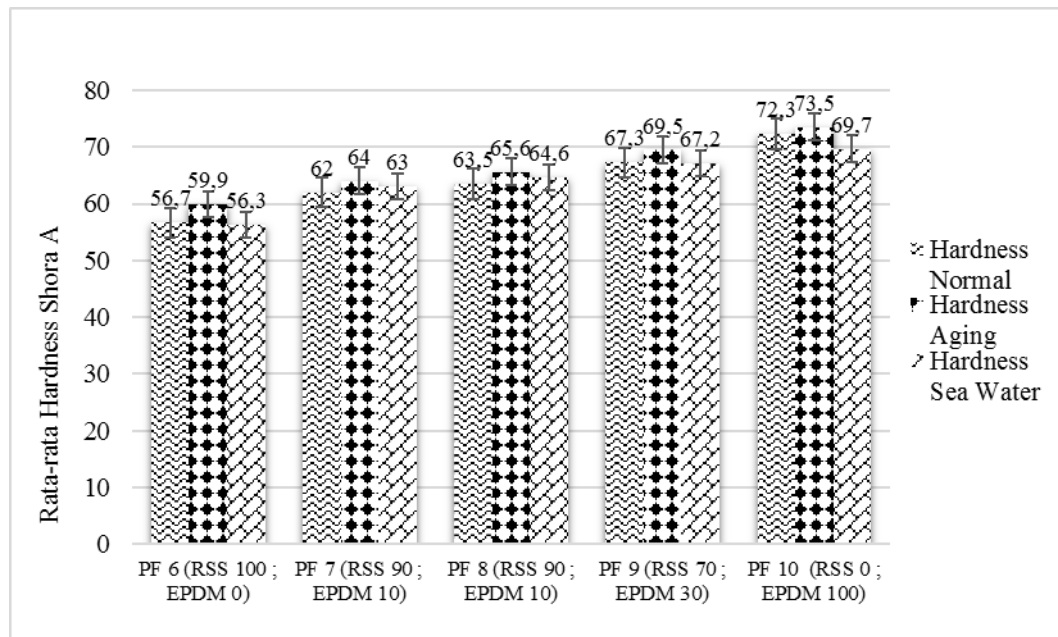
Uji *hardness* atau uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui besarnya *hardness* kompon karet dengan kekuatan penekanan tertentu (Wahyudi, 2005). *hardness* dari kompon karet berbeda-beda, tergantung pada jumlah bahan pengisi dan jumlah bahan pelunak yang digunakan dalam kompon (Thomas, 2003). Hasil

pengujian *hardness* kompon karet sebelum, uji *aging* dan setelah uji *sea water resistance* dapat dilihat pada gambar IV.11-13.



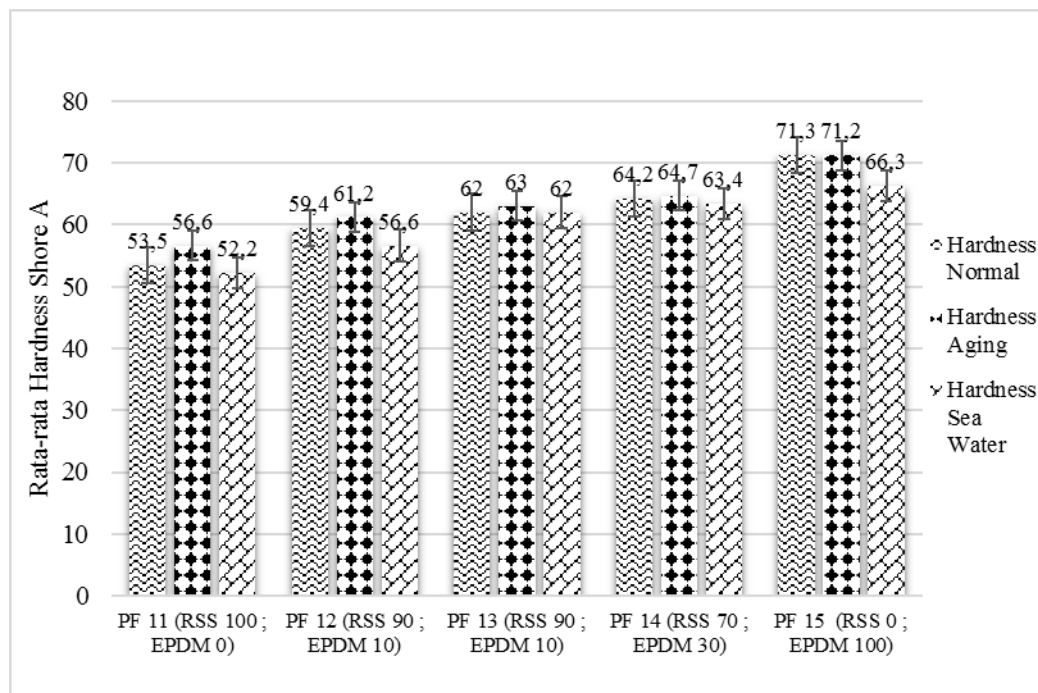
Gambar IV.11 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Hardness* dengan *Carbon Black N220*

Berdasarkan gambar IV.11 penambahan karet EPDM cenderung meningkatkan nilai *hardness* kompon karet, semakin banyak penambahan karet EPDM maka nilai *hardness* akan semakin naik. Menurut Nuyah (2012), karet alam bersifat lentur dan mempunyai friksi yang baik pada suhu normal, sehingga pemakaian karet alam yang banyak akan membuat kompon karet menjadi lunak, dengan bertambahnya jumlah rasio karet EPDM dan berkurangnya jumlah rasio RSS akan membuat kompon karet menjadi keras. Sementara itu, adanya penurunan atau kenaikan nilai *hardness* setelah dilakukan uji *aging* dan uji *sea water resistance* diperkirakan karena adanya rantai yang terdegradasi akibat dilakukannya pemanasan pada suhu tertentu. Namun penurunan nilai *hardness* tersebut tidak terlalu besar dan dapat dikatakan tidak terjadi perubahan yang signifikan.



Gambar IV.12 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Hardness* dengan *Carbon Black* N330

Berdasarkan gambar IV.12 penambahan karet EPDM cenderung meningkatkan nilai *hardness* kompon karet, semakin banyak penambahan karet EPDM maka nilai *hardness* akan semakin naik. Menurut Nuyah (2012), karet alam bersifat lentur dan mempunyai friksi yang baik pada suhu normal, sehingga pemakaian karet alam yang banyak akan membuat kompon karet menjadi lunak, dengan bertambahnya jumlah rasio karet EPDM dan berkurangnya jumlah rasio RSS akan membuat kompon karet menjadi keras. Sementara itu, adanya penurunan atau kenaikan nilai *hardness* setelah dilakukan uji *aging* dan uji *sea water resistance* diperkirakan karena adanya rantai yang terdegradasi akibat dilakukannya pemanasan pada suhu tertentu. Namun penurunan dan kenaikan nilai *hardness* tersebut tidak terlalu besar dan dapat dikatakan tidak terjadi perubahan yang signifikan.



Gambar IV.13 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Hardness* dengan *Carbon Black* N660

Berdasarkan gambar IV.13 penambahan karet EPDM cenderung meningkatkan nilai *hardness* kompon karet, semakin banyak penambahan karet EPDM maka nilai *hardness* akan semakin naik. Menurut Nuyah (2012), karet alam bersifat lentur dan mempunyai friksi yang baik pada suhu normal, sehingga pemakaian karet alam yang banyak akan membuat kompon karet menjadi lunak, dengan bertambahnya jumlah rasio karet EPDM dan berkurangnya jumlah rasio RSS akan membuat kompon karet menjadi keras. Sementara itu, adanya penurunan atau kenaikan nilai *hardness* setelah dilakukan uji *aging* dan uji *sea water resistance* diperkirakan karena adanya rantai yang terdegradasi akibat dilakukannya pemanasan pada suhu tertentu. Namun penurunan atau kenaikan nilai *hardness* tersebut tidak terlalu besar dan dapat dikatakan tidak terjadi perubahan yang signifikan.

Berdasarkan gambar IV.11-13 dapat disimpulkan bahwa peningkatan jumlah rasio massa EPDM berpengaruh pada nilai *hardness* produk *pneumatic fender*. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Supraptiningsih (2005), bahwa nilai *hardness* yang tinggi dapat disebabkan oleh penggunaan karet sintetis, dalam

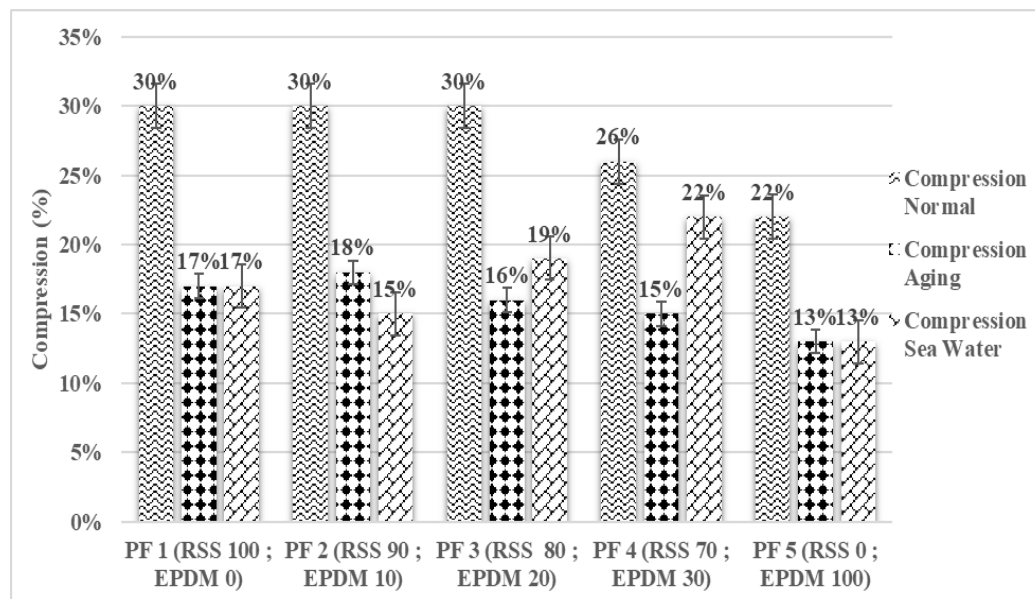
hal ini karet EPDM. Menurut Abednego (1994), selain dipengaruhi oleh bahan pengisi penguat, *hardness* juga dipengaruhi oleh bahan vulkanisator (sulfur). Efek penguatan bahan pengisi ditentukan oleh ukuran partikel, keadaan permukaan dan bentuk, kehalusan butiran dan kerataan penyebarannya (Alfa, 2005). Selain itu, nilai *hardness* juga merupakan salah satu indikator turun atau naiknya nilai *tensile strength* sampel (Bhuana dan Thomas, 1994), terjadinya perubahan *hardness* menunjukkan ada bagian dari sampel yang terdegradasi sehingga menyebabkan penurunan sifat *tensile strength* material tersebut.

Berdasarkan persyaratan mutu teknis *hardness* 60 ± 10 Shore A, semua sampel memiliki nilai *hardness* yang cukup tinggi (tidak elastis). Namun demikian pada setiap formulasi PF 1-15 masih memenuhi standar ISO 17357-1:2014 dan Yokohama untuk aplikasi *pneumatic fender*.

4.2.2.5 Compression Set

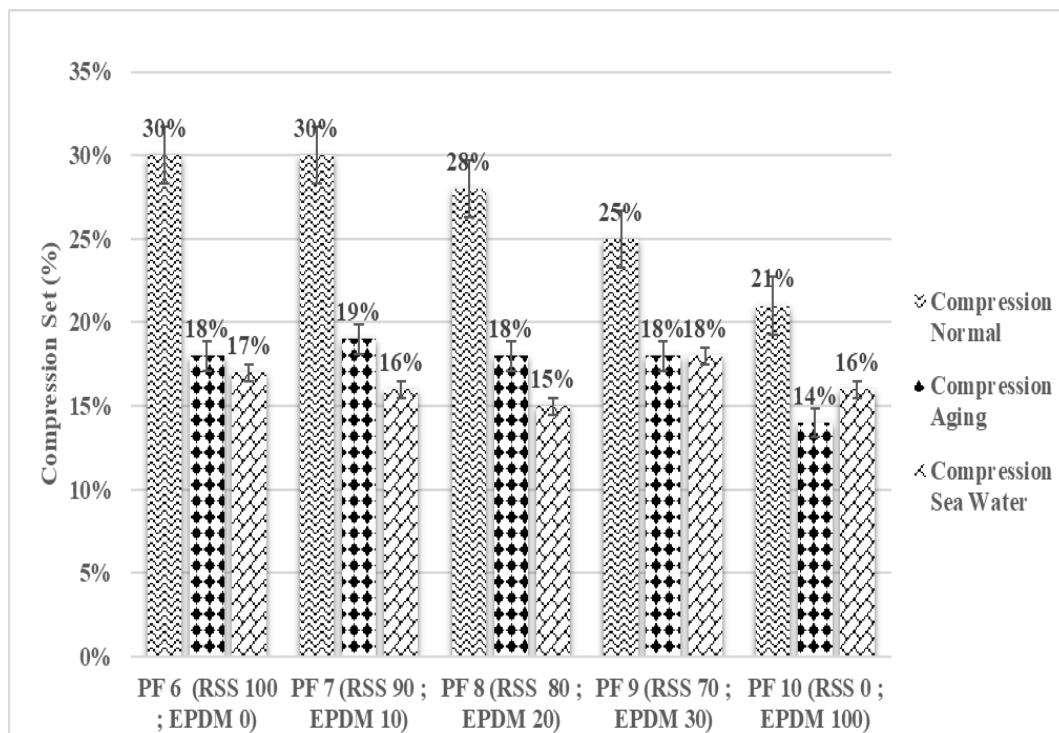
Uji *compression set* dilakukan untuk mengetahui sifat elastis dari kompon karet setelah ditekan pada suhu 70°C selama 22 jam. Uji ini dilakukan terutama untuk barang-barang karet yang dalam pemakaiannya mengalami tekanan (Bhuana dan Thomas, 1994), seperti aplikasi karet untuk *pneumatic fender* pada penelitian ini. Hasil uji *compression set* kompon karet pada berbagai rasio massa karet alam dan karet EPDM dapat dilihat pada gambar IV.14-16.

Berdasarkan ISO 17357-1:2014, kompon karet untuk aplikasi *pneumatic fender* persyaratan mutu teknis uji *compression set* $\leq 30\%$, maka bila dibandingkan dengan persyaratan ISO tersebut, formula sampel PF 1 sampai dengan formula sampel PF 5, baik pengujian dalam kondisi normal dan setelah *aging* serta pengujian *sea water resistance* adalah telah memenuhi persyaratan. Namun, semakin rendah nilai uji *compression set* yang dihasilkan, maka semakin elastis sifat kompon karet tersebut dan baik untuk aplikasi yang dituju pada penelitian ini yaitu *pneumatic fender*. Idealnya *compression set* itu 0% artinya bahwa karet tersebut 100% kembali ke bentuk semula. Jika nilai *compression set* 10% berarti hampir mendekati 100%, 10% itu adalah sisa energi yang hilang setelah ditekan selama waktu dan keadaan tertentu.



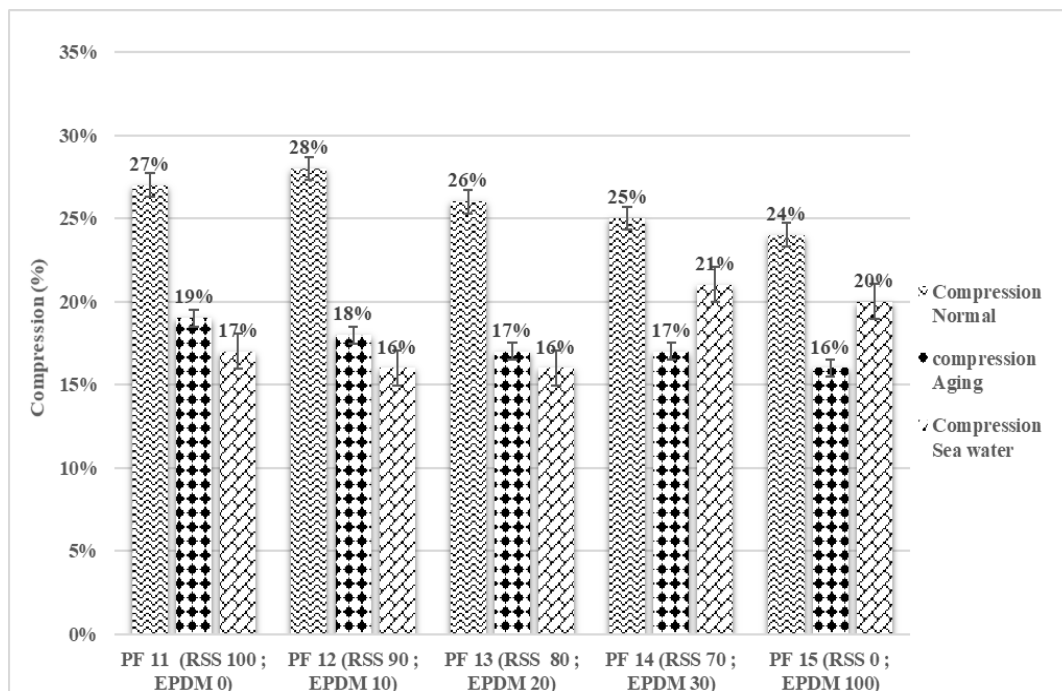
Gambar IV.14 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Compression Set* dengan *Carbon Black* N220

Berdasarkan gambar IV.14 penambahan karet EPDM cenderung meningkatkan nilai *compression set* kompon karet, semakin banyak penambahan karet EPDM maka nilai *compression set* akan semakin naik. Pada kompon karet PF 1-5 menghasilkan hasil pengujian yang fluktuatif, yang dimana pada kompon karet pada PF 5 dengan rasio massa RSS/EPDM (0:100) memiliki nilai *compression set* yang paling baik yaitu sebesar 22% dikarenakan pada kompon karet tersebut hanya menggunakan karet sintetis EPDM yang tahan terhadap kompresi dan tahan terhadap cuaca karena pada pengujian *compression set* dilakukan pada suhu 70°C selama 22 jam. Hal ini menunjukkan campuran lebih homogen dan kompetibel, pembentukan *crosslink* yang sempurna. Sehingga bila mengalami penekanan akan lebih sedikit mengalami perubahan pada kompon karet tersebut. (Yuniari, 2012).



Gambar IV.15 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Compression Set* dengan *Carbon Black* N330

Berdasarkan gambar IV.15 penambahan karet EPDM cenderung meningkatkan nilai *compression set* kompon karet, semakin banyak penambahan karet EPDM maka nilai *compression set* akan semakin naik. Pada kompon karet 6-10 menghasilkan hasil pengujian yang fluktuatif, yang dimana pada kompon karet pada PF 10 dengan rasio massa RSS/EPDM (0:100) memiliki nilai *compression set* yang paling baik yaitu sebesar 21% dikarenakan pada kompon karet tersebut hanya menggunakan karet sintetis EPDM yang tahan terhadap kompresi dan tahan terhadap cuaca karena pada pengujian *compression set* dilakukan pada suhu 70°C selama 22 jam. Hal ini menunjukkan campuran lebih homogen dan kompetibel, pembentukan *crosslink* yang sempurna. Sehingga bila mengalami penekanan akan lebih sedikit mengalami perubahan pada kompon karet tersebut. (Yuniari, 2012).



Gambar IV.16 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Compression Set* Tetap dengan *Carbon Black* N660

Berdasarkan gambar IV.16 penambahan karet EPDM cenderung meningkatkan nilai *compression set* kompon karet, semakin banyak penambahan karet EPDM maka nilai *compression set* akan semakin naik. Pada kompon karet 10-15 menghasilkan hasil pengujian yang fluktuatif, yang dimana pada kompon karet pada PF 15 dengan rasio massa RSS/EPDM (0:100) memiliki nilai *compression set* yang paling baik yaitu sebesar 24% dikarenakan pada kompon karet tersebut hanya menggunakan karet sintesis EPDM yang tahan terhadap kompresi dan tahan terhadap cuaca karena pada pengujian *compression set* dilakukan pada suhu 70°C selama 22 jam. Hal ini menunjukkan campuran lebih homogen dan kompetibel, pembentukan *crosslink* yang sempurna. Sehingga bila mengalami penekanan akan lebih sedikit mengalami perubahan pada kompon karet tersebut. (Yuniari, 2012).

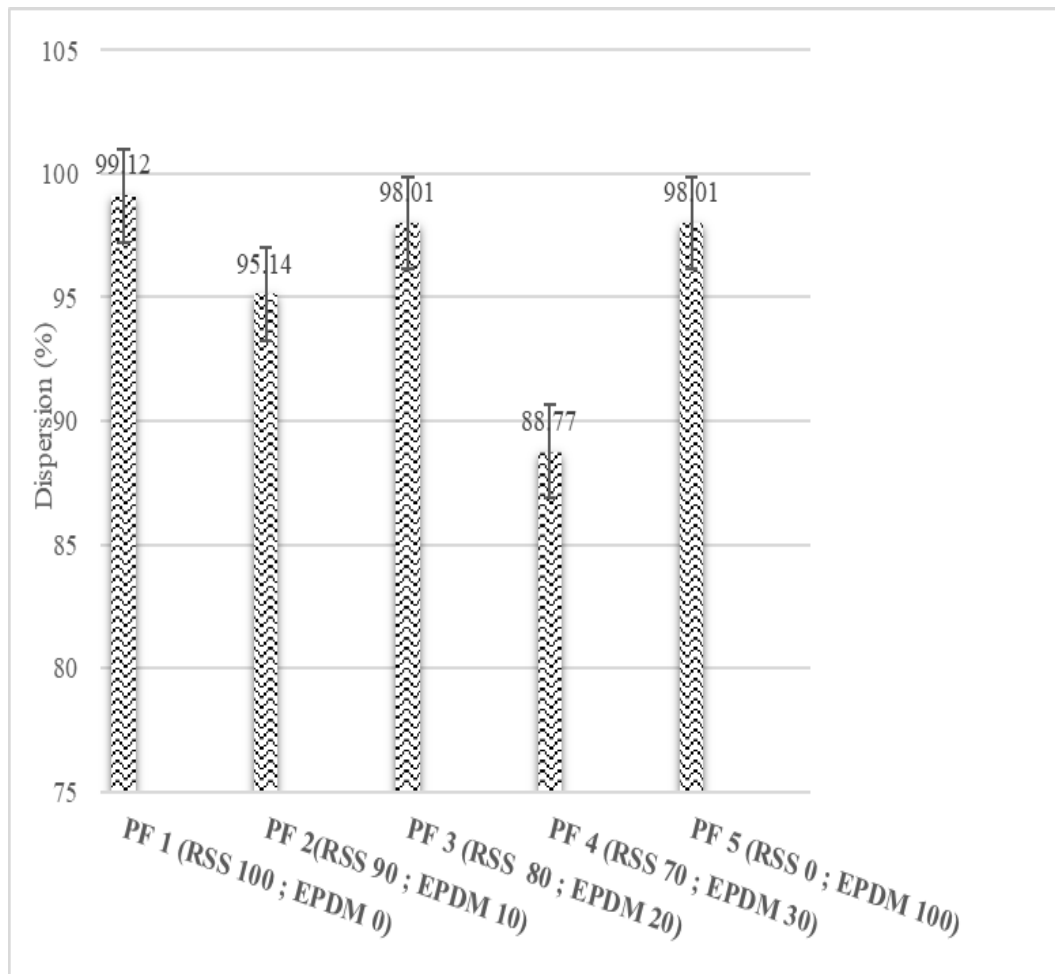
Pada kompon karet 1-15 yang menggunakan perbedaan jenis *carbon black* pada setiap 5 formulasi. Pada kompon karet PF 1-5 menggunakan *carbon black* N220, PF 6-10 menggunakan jenis *carbon black* N330 dan PF 10-15 menggunakan *carbon black* N660 yang mempunyai ukuran partikel *carbon black*

yang berbeda. Yang paling kecil dan halus adalah *carbon black* N220 yang dimana semakin kecil ukuran partikel bahan pengisi yang digunakan, maka akan meningkatkan nilai *hardness*, *tensile strength*, *abrasion* dan *compression set* (Marlina dan Rahmaniar, 2012).

Kompon karet yang telah dilakukan pengujian setelah kondisi *aging* dan *sea water resistance* mengalami nilai *compression set* yang lebih baik dikarenakan kompon karet tersebut mengalami vulkanisasi lanjut yang menyebabkan adanya ikatan *crosslink* pada kompon karet yang dapat meningkatkan nilai *compression set*.

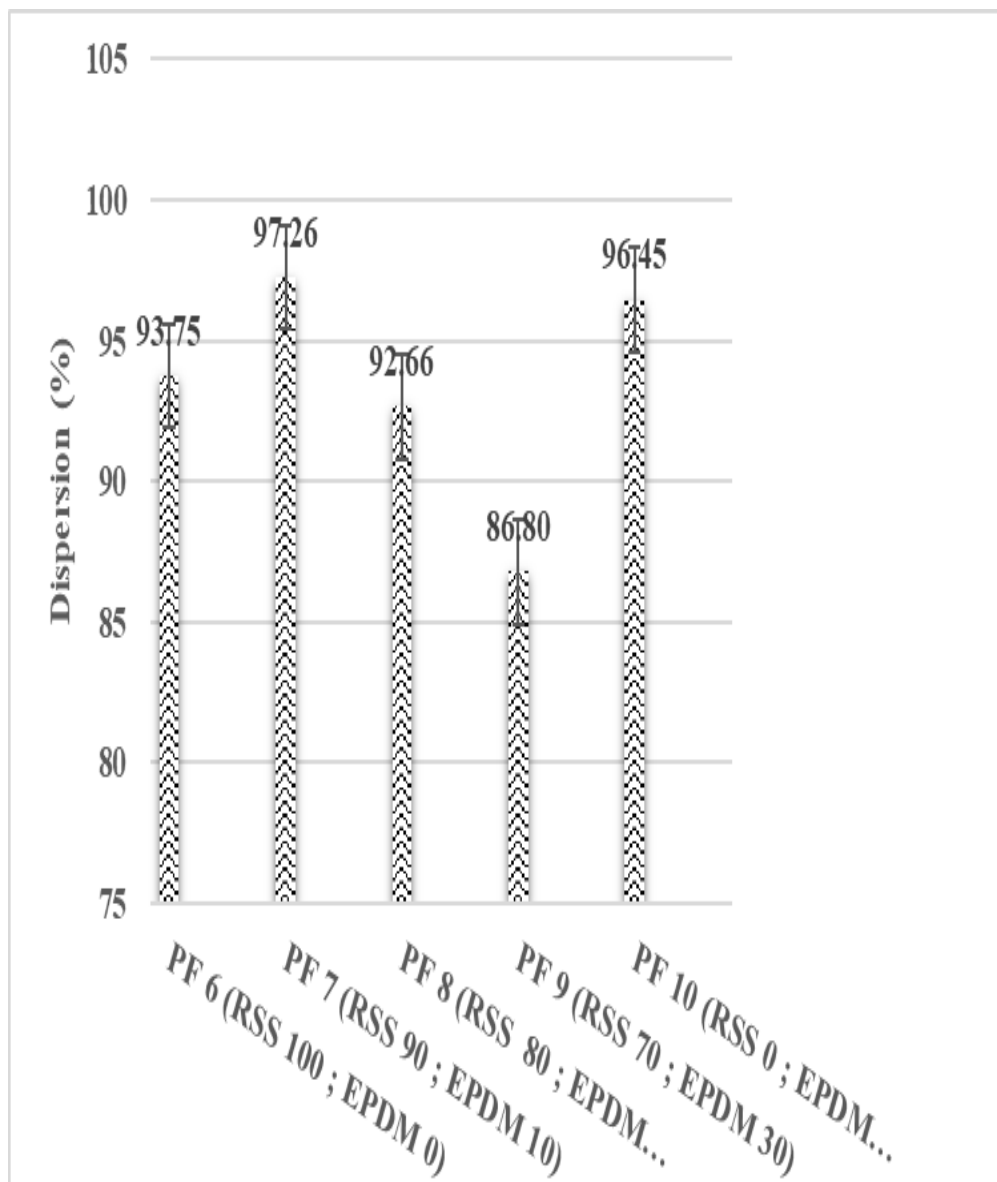
4.2.3 Hasil Karakterisasi *Carbon Dispersion*

Carbon dispersion merupakan alat untuk mengetahui kesamaan penyebaran (dispersi) *carbon black* dengan material yang mempengaruhi karakteristik produk. Penambahan *carbon black* ke dalam kompon karet bertujuan meningkatkan sifat fisik dan memperbaiki karakteristik pengolahan (Haryadi, 2000). Hasil pengujian *carbon dispersion* kompon karet sebelum, uji *aging* dan setelah uji ketahanan air laut (*sea water resistance*) dapat dilihat pada Gambar IV.17-19.



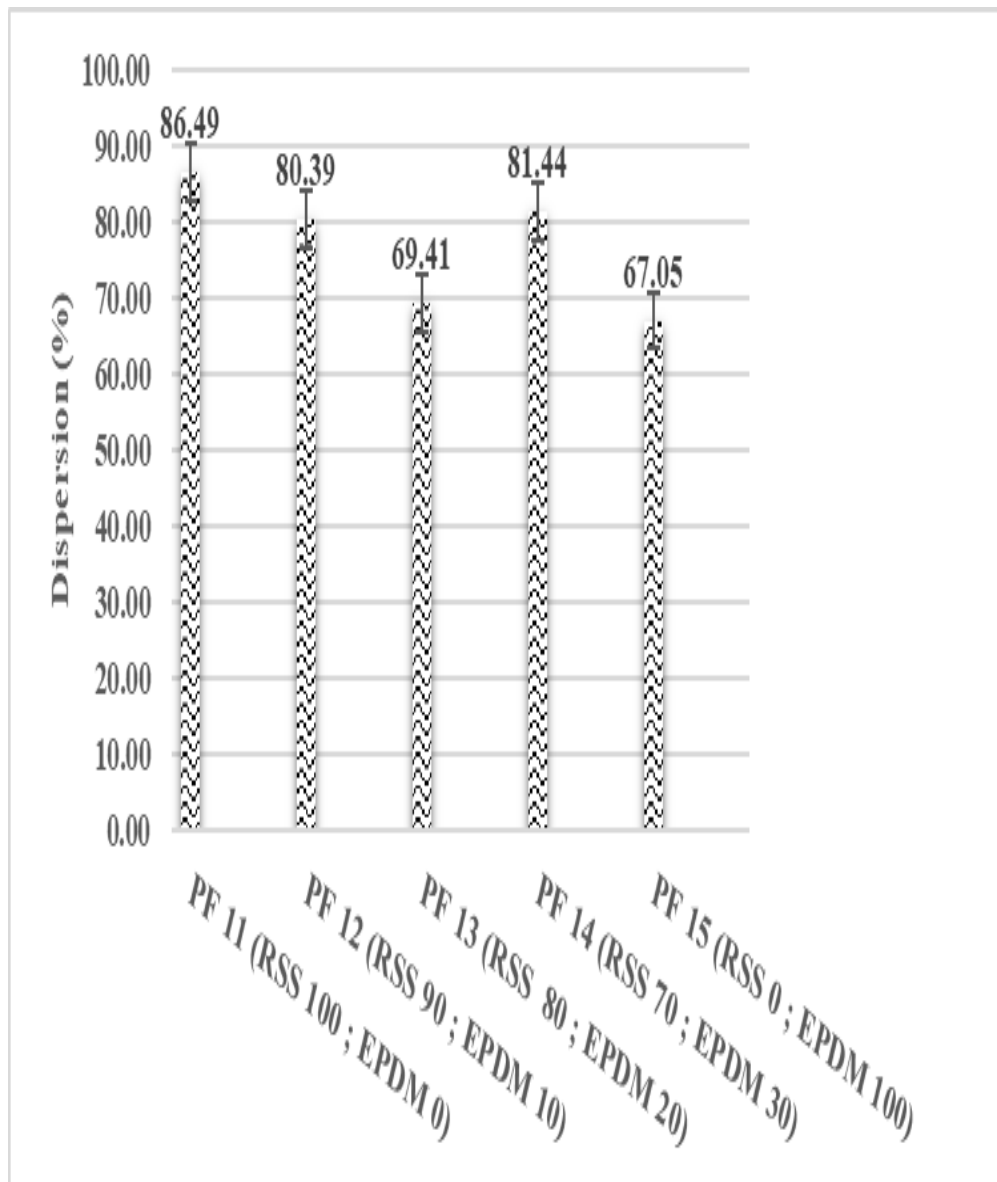
Gambar IV.17 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Carbon Dispersion* dengan *Carbon Black N220*

Berdasarkan gambar IV.17 nilai pesebaran *carbon black* yang paling baik ditunjukkan pada kompon PF 1 dengan rasio massa 100% RSS, kemudian disusul kompon PF 5 dengan rasio massa 100% EPDM dan PF 3 dengan rasio massa RSS/EPDM (80:20), selanjutnya kompon PF 2 dengan rasio massa RSS/EPDM (90:10) dan terakhir ditempati oleh kompon PF 4 dengan rasio massa RSS/EPDM (70:30).



Gambar IV.18 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Carbon Dispersion* dengan *Carbon Black* N330

Berdasarkan gambar IV.18 nilai pesebaran *carbon black* yang paling baik ditunjukkan pada kompon PF 7 dengan rasio massa RSS/EPDM (90:10), kemudian disusul kompon PF 10 dengan rasio massa 100% EPDM, kompon PF 6 dengan rasio massa 100% RSS, kompon PF 8 dengan rasio massa RSS/EPDM (80:20) dan terakhir ditempati oleh kompon PF 9 dengan rasio massa RSS/EPDM (70:30).

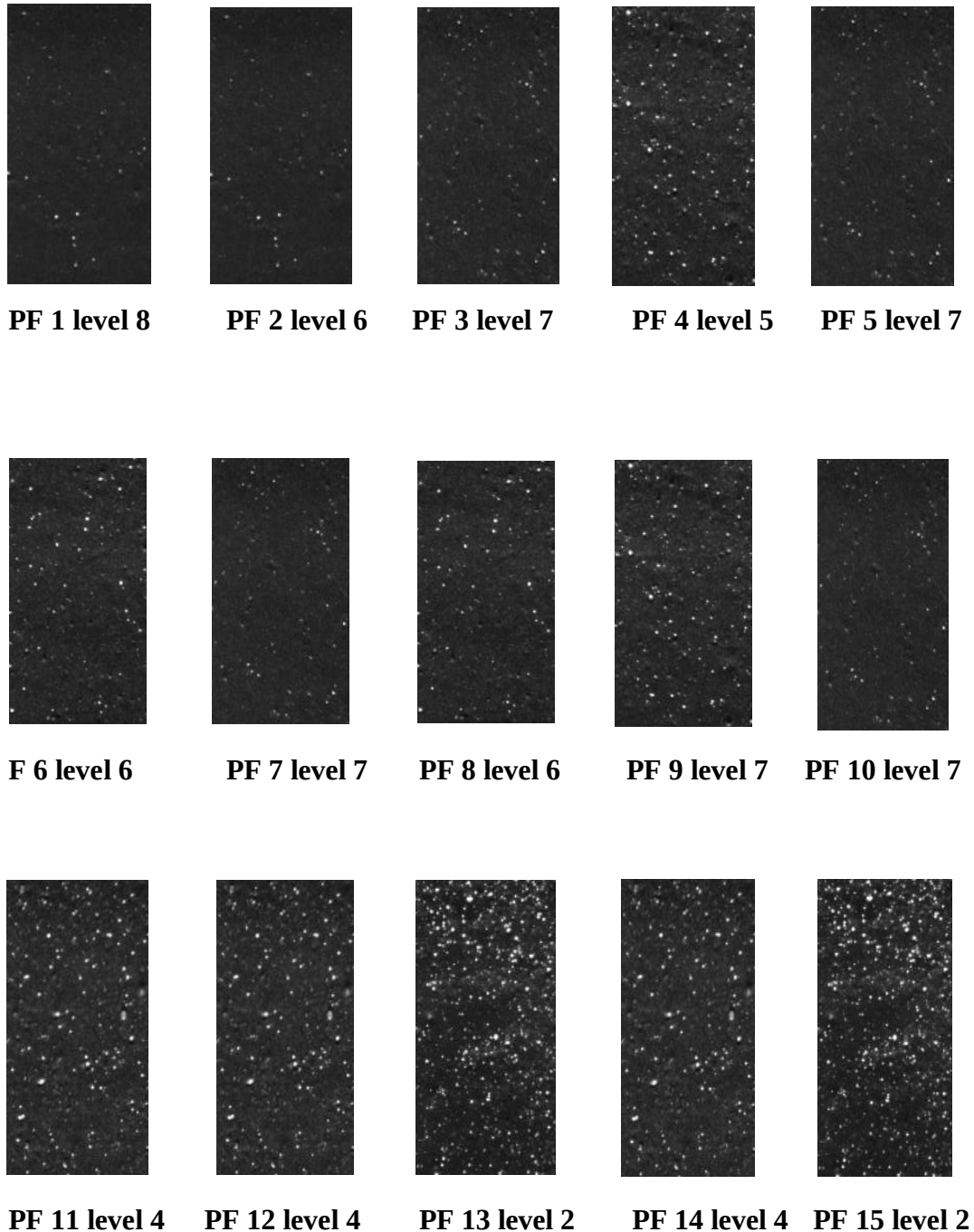


Gambar IV.19 Hubungan antara Rasio Massa Karet RSS/EPDM terhadap Hasil Uji *Carbon Dispersion* dengan *Carbon Black* N660

Berdasarkan gambar IV.19 nilai pesebaran *carbon black* yang paling baik ditunjukkan pada kompon PF 11 dengan rasio massa 100% RSS, kemudian disusul kompon PF 14 dengan rasio massa RSS/EPDM (70:30), kompon PF 12 dengan rasio massa RSS/EPDM (90:10), kompon PF 13 dengan rasio massa RSS/EPDM (80:20) dan terakhir ditempati oleh kompon PF 15 dengan rasio 100% EPDM.

Berdasarkan gambar IV.17-19 dari ketiga jenis *carbon black* (N220, N330, N660) menunjukkan nilai persebaran yang fluktuatif. Hasil tersebut diduga berkaitan dengan proses *mixing* (pencampuran) pada saat pembuatan kompon karet. Keberhasilan pencampuran sangat menentukan persebaran *filler* yang merata pada kompon. Proses *mixing* yang tidak sempurna akan menyebabkan adanya aglomerasi *carbon black* pada kompon karet. Selain itu penggumpalan *carbon black* juga dapat disebabkan karena karet merupakan material non polar sedangkan *filler* merupakan material polar, sehingga gaya adhesi dan interfase antara polimer dengan bahan pengisi sangat lemah. Hal tersebut yang menyebabkan hubungan *filler* dengan karet lemah atau sulit tercampur merata. (Mulia dkk, 2015). Ukuran partikel juga menjadi salah satu faktor penting dalam proses pencampuran. Semakin kecil ukuran partikel maka semakin luas permukaan kontak bahan yang akan dicampur, atau dengan kata lain semakin kecil ukuran partikel maka semakin mudah gerakannya dalam pencampuran, sehingga proses pencampuran semakin baik.

Ditinjau dari ukuran partikel dari masing-masing jenis *carbon black*, *carbon black* jenis N220 memiliki ukuran paling kecil dibandingkan dengan *carbon black* jenis N330 dan N660. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini nilai persebaran *carbon black* paling baik pada kompon untuk aplikasi *pneumatic fender* diduduki oleh kompon PF 1-5 dengan *carbon black* jenis N220, kemudian disusul kompon PF 6-10 dengan *carbon black* jenis N330, dan yang terakhir PF 11-15 dengan *carbon black* jenis N660. Hal tersebut juga sesuai dengan hasil pengujian *carbon dispersion* pada penelitian ini.. Adapun beberapa gambar yang dihasilkan dari pengujian *carbon dispersion* yang sekaligus menunjukkan level dari setiap hasil pengujian dapat dilihat pada gambar. IV.20.



Gambar IV.20 Carbon Dispersion Analyses ISO 11435:206

Gambar IV.20 merupakan hasil yang didapatkan dari mesin *carbon dispersion analyses*. Gambar tersebut menunjukkan level dari tiap-tiap komponen karet. Kisaran level yaitu level 1-10. Besarnya persentase persebaran *carbon black*

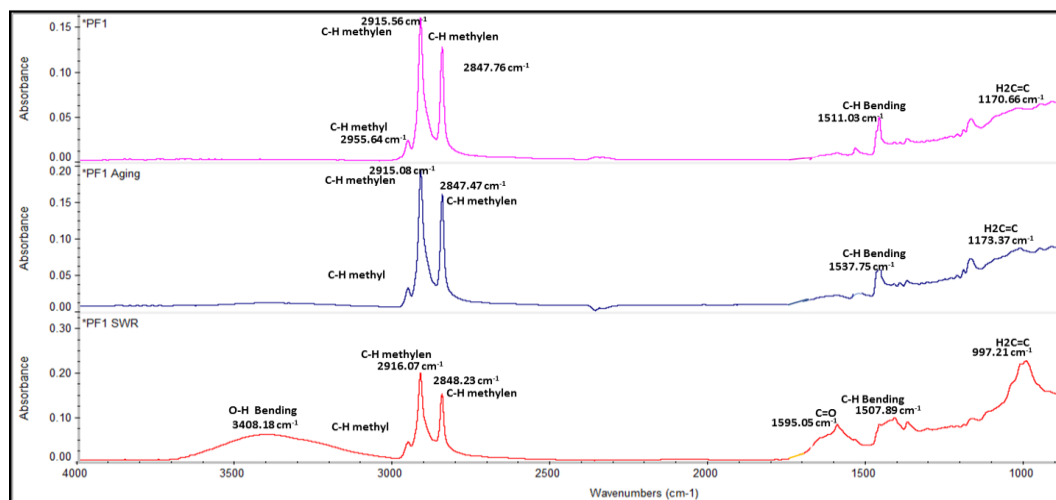
dapat dilihat pada gambar IV.17-19, semakin besar persentase persebaran *carbon black* maka semakin besar level yang dihasilkan sehingga semakin baik pula persebaran *carbon black* pada kompon. Bintik putih pada gambar menunjukkan daerah aglomerasi *carbon black*. Aglomerasi menunjukkan bahwa *carbon black* tidak tersebar secara merata pada kompon. Semakin banyak daerah aglomerasi maka semakin rendah level yang diperoleh.

4.2.4 Hasil Karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Menurut Anam (2007), FTIR merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi yang digunakan adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektranya. Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektranya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak. Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik (Chusnul, 2011).

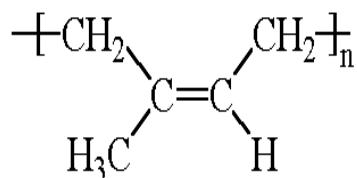
Penggunaan FTIR pada penelitian ini dimaksudkan untuk membuktikan dan memperkuat hasil dari pengujian-pengujian sifat mekanis dari kompon karet tersebut. Penggunaan FTIR pada penelitian ini juga untuk mengetahui apakah kompon karet tersebut terdegradasi atau tidak, dengan cara melihat dari gugus fungsi yang muncul pada spektrum yang dihasilkan dari tiap-tiap sampel yang telah dilakukan uji *aging* pada suhu 70°C selama 72 jam dan uji ketahanan air laut pada suhu 95°C selama 28 hari.

Dalam penelitian ini hanya 5 sampel kompon karet PF yang diuji FTIR. Kelima sampel tersebut sudah dapat mewakili 15 sampel kompon karet PF. Yaitu PF 1 (100% karet alam) sekaligus mewakili PF 6 dan PF 11, PF 2 (campuran RSS:EPDM = 90:10) sekaligus mewakili PF 7 dan PF 12, PF 3 (campuran RSS:EPDM = 80:20) sekaligus mewakili PF 8 dan PF 13, PF 4 (campuran RSS:EPDM = 70:30) sekaligus mewakili PF 9 dan PF 14, PF 5 (100% EPDM) sekaligus mewakili PF 10 dan PF 15. Adapun hasil pengujian FTIR penelitian ini dapat dilihat pada gambar IV.21 -28



Gambar IV.21 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet PF 1 Normal, PF 1 Aging dan PF 1 SWR.

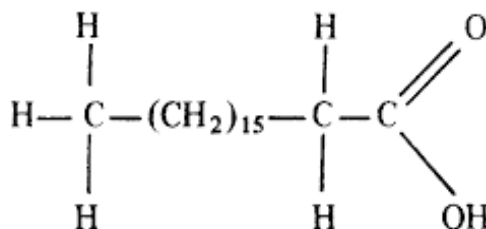
Dari gambar IV.21 dapat presentatiskan bahwa terdapat penyerapan frekuensi pada panjang gelombang $900\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$, dimana daerah panjang gelombang tersebut diduga merupakan karakteristik penyerapan untuk ikatan $\text{C}=\text{C}-\text{H}$, kemudian pada daerah panjang gelombang $1500\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ yang diduga merupakan karakteristik penyerapan ikatan lentur $\text{C}-\text{H}$ dan panjang gelombang $2800\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ yang diduga merupakan karakteristik penyerapan ikatan regang $\text{C}-\text{H}$. Semua daerah panjang gelombang tersebut merupakan karakteristik penyerapan pada ikatan kimia yang dimiliki oleh karet alam. Menurunnya intensitas peak pada gugus *methyl* dan *methylene* pada daerah $2800\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$ menandakan sebagian rantai ikatan terdegradasi pada saat setelah dilakukan *aging* dan setelah dilakukan uji ketahanan air laut.



Gambar IV.22 Rumus Struktur Kimia Karet Alam

Sumber: Hofmann, 1989

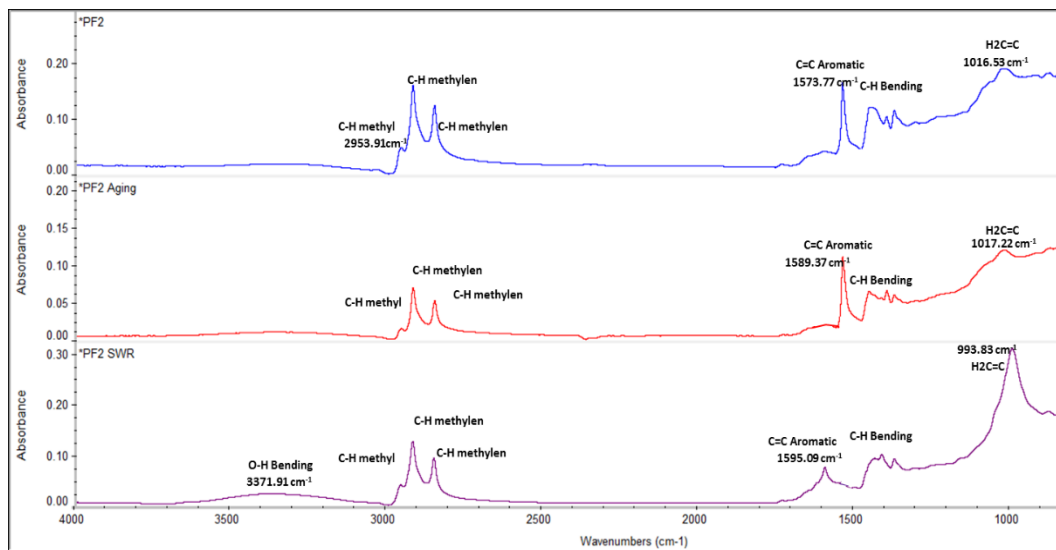
Pada daerah panjang gelombang 3580-3650 cm^{-1} merupakan karakteristik penyerapan ikatan -OH. Munculnya gugus OH pada sampel PF 1 setelah uji ketahanan air laut menandakan rantai polimer karet sudah mulai terdegradasi. Gugus NO yang muncul diduga dihasilkan dari ikatan kimia pada bahan baku yaitu asam stearat. Kemunculan ikatan -C=O pada daerah bilangan gelombang 1059.05 cm^{-1} juga mempertegas pernyataan bahwa gugus yang muncul merupakan ikatan dari senyawa asam stearat. Asam stearat hanya digunakan sebagai aktivator pada proses reaksi vulkanisasi kompon karet, kemungkinan ikatan tersebut akan lepas kembali setelah dilakukan perendaman dengan air laut selama 28 hari dengan suhu 95°C.



Gambar IV.23 Rumus Struktur Kimia Asam Stearat

Sumber : (Stevens, 2001)

Hasil pengujian FTIR ini memperkuat hasil pengujian mekanis sampel kompon karet PF 1. Dimana sampel kompon karet PF 1 pada uji normal memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan ke 14 sampel kompon karet lainnya, namun setelah uji ketahanan air laut menunjukkan adanya penurunan yang sangat signifikan. Sampel kompon karet PF 1 merupakan komposisi (100% karet alam). Karet alam umumnya mempunyai sifat-sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan karet sintetis, namun tidak tahan terhadap panas, cuaca dan minyak. Sedangkan karet sintetis mempunyai sifat-sifat yang baik terhadap kondisi lingkungan seperti panas, cuaca, minyak (Rahman, 2005).



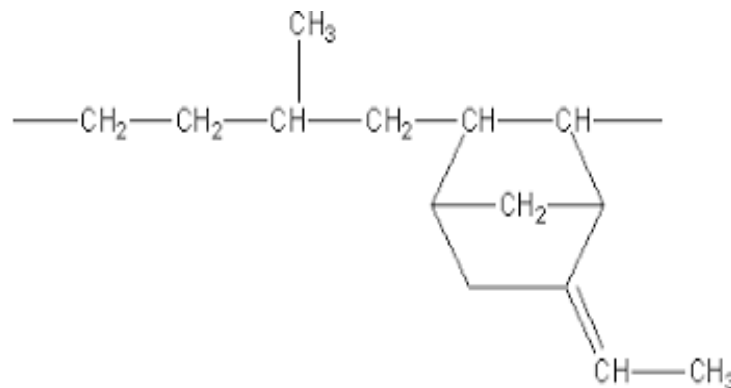
Gambar IV.24 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet PF 2 Normal, PF 2 Aging dan PF 2 SWR.

Dari gambar IV.24 dapat diamati bahwa terdapat penyerapan frekuensi pada panjang gelombang 900-1100 cm^{-1} , dimana daerah panjang gelombang tersebut diduga merupakan karakteristik penyerapan untuk ikatan C=C-H, panjang gelombang 1400-1510 cm^{-1} yang diduga merupakan karakteristik penyerapan ikatan lentur C-H dan panjang gelombang 2800-3000 cm^{-1} yang diduga merupakan karakteristik penyerapan ikatan regang C-H dimana ketiga daerah panjang gelombang tersebut merupakan karakteristik penyerapan pada ikatan kimia yang dimiliki oleh karet alam.

Kemudian sama halnya pada sampel PF 1, hasil uji FTIR pada sampel PF 2 yang telah dilakukan uji ketahanan air laut muncul peak pada daerah panjang gelombang 3580-3650 cm^{-1} yang merupakan karakteristik penyerapan ikatan -OH. Gugus OH yang muncul diduga dihasilkan dari ikatan kimia pada bahan baku yaitu asam stearat. Ikatan tersebut hanya digunakan sebagai aktivator dan kemungkinan akan lepas kembali setelah dilakukan perendaman dengan air laut selama 28 hari dengan suhu 95°C.

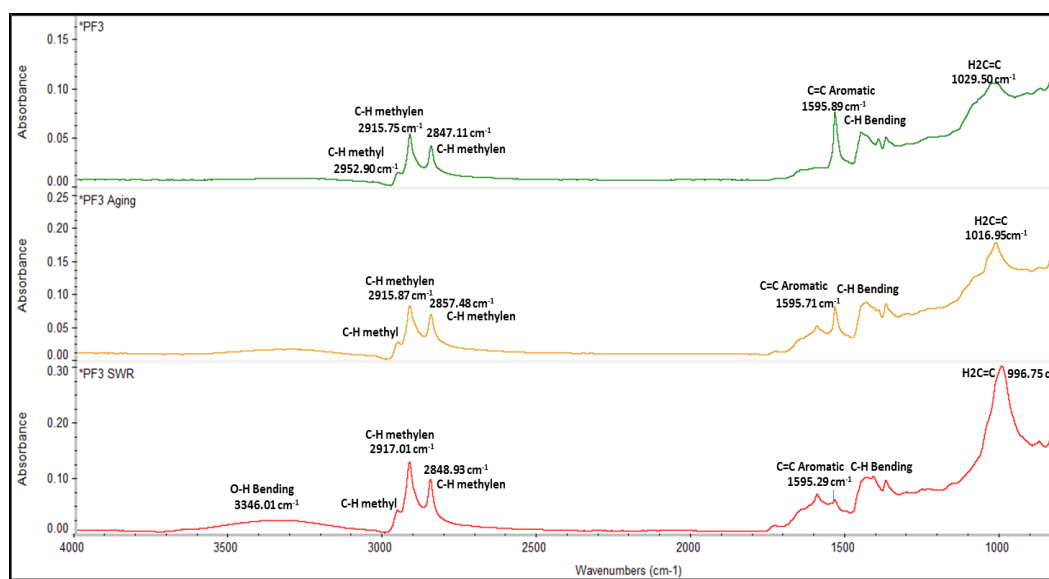
Namun terdapat penyerapan frekuensi pada panjang gelombang 1550-1600 cm^{-1} yang merupakan karakteristik dari ikatan C=C aromatik. Ikatan tersebut diduga dihasilkan dari gugus fungsi yang dimiliki oleh struktur kimia karet EPDM

yaitu ikatan C=C aromatik. Berbeda dengan PF 1 dengan komposisi 100% karet alam, PF 2 memang terdiri dari campuran antara karet alam dan EPDM.



Gambar IV.25 Rumus Struktur Kimia Karet EPDM

Sumber: Hesty Eka Mayasari dan Arum Yuniari, 2016

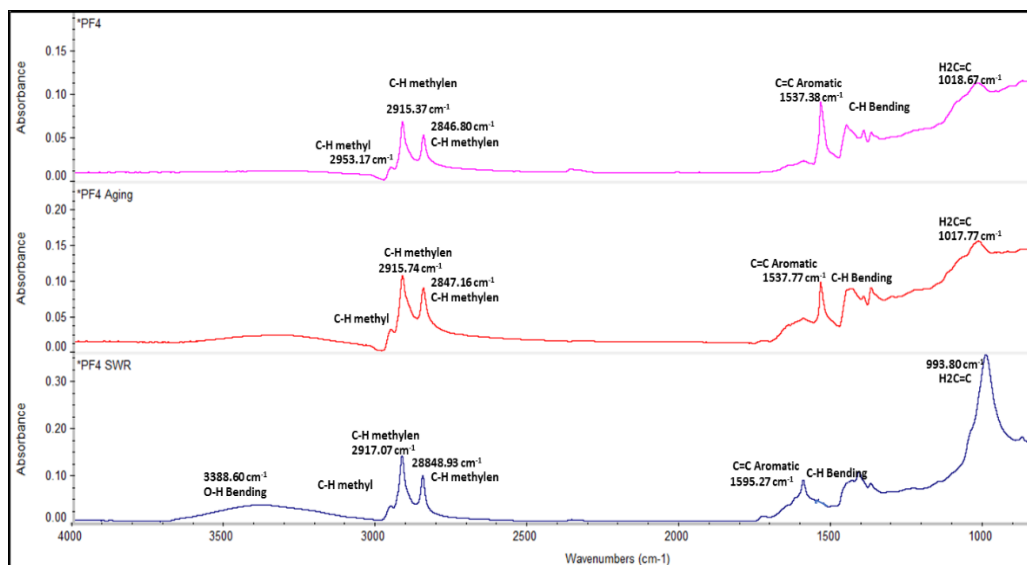


Gambar IV.26 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet PF 3 Normal, PF 3 Aging dan PF 3 SWR.

Dari gambar IV.26 dapat diamati bahwa terdapat penyerapan frekuensi pada panjang gelombang 900-1100 cm⁻¹, dimana daerah panjang gelombang tersebut diduga merupakan karakteristik penyerapan untuk ikatan C=C-H, panjang gelombang 1400-1510 cm⁻¹ yang diduga merupakan karakteristik penyerapan ikatan lentur C-H dan panjang gelombang 2800-3000 cm⁻¹ yang diduga merupakan karakteristik penyerapan ikatan regang C-H dimana ketiga daerah

panjang gelombang tersebut merupakan karakteristik penyerapan pada ikatan kimia yang dimiliki oleh karet alam.

Kemudian sama halnya dengan sampel PF 2 , pada sampel PF 3 dapat diamati pada gambar IV.27 terdapat kehadiran gugus OH bending. OH yang muncul diduga dihasilkan dari ikatan kimia pada bahan baku yaitu asam stearat. Ikatan tersebut hanya digunakan sebagai aktivator dan kemungkinan akan lepas kembali setelah dilakukan perendaman dengan air laut selama 28 hari dengan suhu 95°C . Terdapat penyerapan frekuensi pada panjang gelombang $1550\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan karakteristik dari ikatan $\text{C}=\text{C}$ aromatik. Ikatan tersebut diduga dihasilkan dari gugus fungsi yang dimiliki oleh struktur kimia karet EPDM yaitu ikatan $\text{C}=\text{C}$ aromatik. Hal tersebut sesuai mengingat dalam komposisi PF 3 terdapat merupakan campuran dari karet alam dan EPDM.



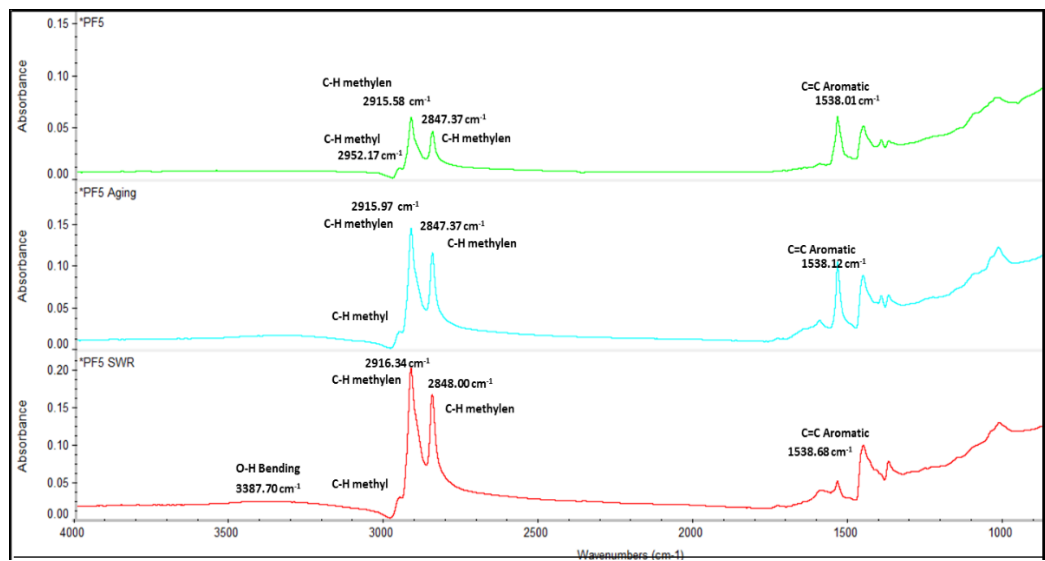
Gambar IV.27 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet PF 4 Normal, PF 4 Aging dan PF 4 SWR.

Dari gambar IV.27 dapat diamati bahwa terdapat penyerapan frekuensi pada panjang gelombang 900-1100 cm^{-1} , dimana daerah panjang gelombang tersebut diduga merupakan karakteristik penyerapan untuk ikatan C=C-H, panjang gelombang 1400-1510 cm^{-1} yang diduga merupakan karakteristik penyerapan ikatan lentur C-H dan panjang gelombang 2800-3000 cm^{-1} yang diduga merupakan karakteristik penyerapan ikatan regang C-H dimana ketiga daerah panjang gelombang tersebut merupakan karakteristik penyerapan pada ikatan kimia yang dimiliki oleh karet alam.

Hal yang sama kembali terjadi pada PF 4 dimana terdapat penyerapan frekuensi pada daerah 3580-3650 cm^{-1} yang merupakan daerah karakteristik ikatan -OH. OH yang muncul diduga dihasilkan dari ikatan kimia pada bahan baku yaitu asam stearat. Ikatan tersebut hanya digunakan sebagai aktivator dan kemungkinan akan lepas kembali setelah dilakukan perendaman dengan air laut selama 28 hari dengan suhu 95°C.

Terdapat penyerapan frekuensi pada panjang gelombang 1550-1600 cm^{-1} yang merupakan karakteristik dari ikatan C=C aromatik. Ikatan tersebut diduga dihasilkan dari gugus fungsi yang dimiliki oleh struktur kimia karet EPDM yaitu ikatan C=C aromatik. Hal tersebut sesuai mengingat dalam komposisi PF 4 terdapat merupakan campuran dari karet alam dan EPDM.

Dari gambar IV.28 dapat diamati bahwa terdapat penyerapan frekuensi pada panjang gelombang 2800-3000 cm^{-1} yang diduga merupakan karakteristik penyerapan ikatan regang C-H dan terdapat penyerapan frekuensi pada panjang gelombang 1550-1600 cm^{-1} yang merupakan karakteristik dari ikatan C=C aromatik. Ikatan tersebut diduga dihasilkan dari gugus fungsi yang dimiliki oleh struktur kimia karet EPDM yaitu ikatan C=C aromatik.



Gambar IV.28 Spektra Inframerah Representatif Sampel Kompon Karet PF 5 Normal, PF 5 Aging dan PF 5 SWR.

Pada sampel PF 5 yang telah dilakukan uji ketahanan air laut, daerah penyerapan frekuensi pada daerah $3580\text{--}3650\text{ cm}^{-1}$ tidak terlalu terlihat atau perubahannya tidak terlalu signifikan. Namun jika diamati dengan seksama terdapat perbedaan pada intensitas peak sampel PF 5 dalam keadaan normal, setelah dilakukan *aging* dan setelah uji ketahanan air laut. Hal tersebut membuktikan bahwa karet EPDM lebih tahan terhadap degradasi oleh panas dan lingkungan air laut, mengingat karet EPDM memang merupakan karet yang tahan terhadap panas, ozon, lingkungan air laut dan cahaya matahari dan merupakan karet yang diperuntukkan untuk aplikasi outdoor seperti *pneumatic fender* (Arizal,1994).

4.2.5 Perbandingan Hasil Pengujian Mekanis Dengan Standar Teknis

Dari karakterisasi mekanis kompon karet, nilai hasil pengujian kompon karet yang meliputi pengujian *tensile strength*, *elongation at break*, *tear strength*, *hardness*, dan *compression set* kemudian dibandingkan dengan dengan standar spesifikasi teknis *pneumatic fender* ISO 17357-1:2014 dan standar YOKOHAMA *Pneumatic Fender*. Perbandingan nilai hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar IV.29.

Karakterisasi Kompon Karet (Normal)	Standar Teknis Normal	Normal														
		PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10	PF 11	PF 12	PF 13	PF 14	PF 15
Tensile Strength (Mpa)	≥18	27	24	22	18	18	27	21	18	19	18	26	18	17	17	11
Elongation At Breaks (%)	≥ 400	713.898	639.101	571.413	535.861	505.112	675.625	553.418	538.692	532.396	479.139	524.783	474.703	515.829	481.623	442.589
Tear Strength (N/Cm)	≥ 400	1098	986	677	615	744	1077	806	687	684	657	728	675	646	634	618
Hardness (Shore A)	60±10	57.6	64.3	64.5	70.4	75.2	56.7	62	63.5	67.3	72.3	53.5	59.4	62	64.2	71.3
Compression (%)	≤30	30%	30%	30%	26%	22%	30%	30%	28%	25%	21%	27%	28%	26%	25%	24%
Karakterisasi Kompon Karet (Aging)	Standar Teknis Aging	aging														
		PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	PF8	PF9	PF10	PF11	PF12	PF13	PF14	PF15
Tensile Strength (Mpa)	Not less than 80% of original property	26	24	21	19	16	24	22	19	18	13	23	19	18	19	12
Elongation At Breaks (%)	Not less than 80% of original property	587.085	530.314	546.480	518.015	425.642	549.473	543.149	507.416	462.772	386.018	458.878	387.809	404.571	365.403	355.887
Tear Strength (N/Cm)	Not less than 80% of original property	864	810	667	688	736	856	765	677	744	647	738	597	607	694	465
Hardness (Shore A)	not to exceeds the original property by more than 8	58.8	64.7	64.6	71.2	73.5	59.9	64	65.6	69.5	73.5	56.6	61.2	63	64.7	71.2
Compression (%)	-	17%	18%	16%	15%	13%	18%	19%	18%	18%	14%	19%	18%	17%	17%	16%
Karakterisasi Kompon Karet (Sea Water)	Standar Teknis Sea Water	Sea Water														
		PF 1	PF 2	PF 3	PF 4	PF 5	PF 6	PF 7	PF 8	PF 9	PF 10	PF 11	PF 12	PF 13	PF 14	PF 15
Tensile Strength (Mpa)	Not less than 80% of original property	6	6	5	6	10	7	7	6	6	8	5	5	6	6	7
Elongation At Breaks (%)	Not less than 80% of original property	261.475	223.765	208.897	233.093	266.591	286.425	268.284	256.422	233.281	250.085	231.344	189.323	217.226	212.520	231.923
Tear Strength (N/Cm)	Not less than 80% of original property	379	338	276	306	700	371	262	323	326	537	189	221	315	344	443
Hardness (Shore A)	not to exceeds the original property by more than 8	56.5	64.4	63.3	68.5	72.0	56.3	63	64.6	67.2	69.7	52.2	56.6	62	63.4	66.3
Compression (%)	-	17%	15%	19%	22%	13%	17%	16%	15%	18%	16%	17%	16%	16%	21%	20%
	Masuk Spesifikasi ISO 14357-1:2014 dan Yokohama <i>Pneumatic Fender</i>															
	Tidak Masuk Spesifikasi ISO 14357-1:2014 dan Yokohama <i>Pneumatic Fender</i>															

Gambar IV.29 Perbandingan antara Spesifikasi Teknis dengan Hasil Pengujian Mekanis

Gambar IV.29 menjelaskan mengenai perbandingan hasil nilai uji mekanis seperti *tensile strength*, *elongation at break*, *tear strength*, *hardness*, dan *compression* set pada kondisi normal, *aging* dan *sea water resistente*. Dimana nilai yang diberi warna biru adalah sampel yang telah masuk dalam standar spesifikasi teknis *pneumatic fender* dan *YOKOHAMA Pneumatic Fender*. Sedangkan nilai yang diberi warna merah adalah sampel yang tidak masuk dalam standar spesifikasi teknis *pneumatic fender* dan *YOKOHAMA Pneumatic Fender*. Sampel *pneumatic fender* yang paling banyak masuk kedalam spesifikasi teknis *pneumatic fender* dan *YOKOHAMA Pneumatic Fender* yaitu sampel PF 2,8 dan 9. Sedangkan sampel yang paling banyak tidak masuk kedalam spesifikasi teknis *pneumatic fender* dan *YOKOHAMA Pneumatic Fender* yaitu sampel PF 5,6,11 dan 15.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Perbandingan rasio massa RSS/EPDM berpengaruh terhadap hasil pengujian mekanik. Penambahan RSS dapat meningkatkan nilai mekanik seperti *tensile strength*, *elongation at break*, *tear strength*, dan *compression set*.
2. Pada kompon karet yang telah dilakukan uji *sea water resistance*, penambahan EPDM berpengaruh nyata terhadap ketahanan terhadap perlakuan pengusangan. Penambahan EPDM dapat mengatasi penurunan nilai mekanik kompon karet setelah uji *sea water resistance*.
3. *Carbon black* berpengaruh terhadap sifat mekanik kompon karet. Penggunaan *carbon black* dapat meningkatkan nilai mekanik kompon karet. Ukuran partikel *carbon black* yang semakin kecil dapat membuat *carbon black* terdispersi merata dalam kompon. Penyebaran *filler carbon black* paling baik ada pada *carbon black* jenis N220.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan komposisi bahan utama yaitu karet alam dan karet sintetis jenis lain serta dengan bahan kimia tambahan yang digunakan agar mendapatkan hasil uji, baik sifat pemrosesan, sifat mekanik maupun struktur kimia yang sesuai standar teknis *pneumatic fender*. Mengingat bahwa pada penelitian ini terdapat hasil uji mekanis yang belum memenuhi standar teknis, antara lain *tensile strength*, *hardness* dan *elongation at break*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abednego, J. G. 1998. *Bahan Kimia Penyusun Kompon*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Alfa, A. A. 2005. *Bahan Kimia untuk Kompon Karet*. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Anam, C., Sirojudin, K., dan Sofjan F. 2007. *Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel j, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. Berkala Fisika*. Vol 10 no.1. 79 – 85
- Arizal, R. 1994. *Pengetahuan Dasar Elastomer*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Arizal, R. 2007. *Bahan Kimia Kompon Karet*. Jakarta: Pelatihan Desain Kompon Barang Jadi Karet (*Speciality Rubber*).
- Basseri, A. 2005. *Teori Praktek Barang Jadi Karet*. Bogor: Balai Penelitian dan Teknologi Karet.
- Blow, C. M. 2001. *Rubber Technology and Manufacture, 2nd Edition*. London: Butterworth Scientifics.
- Bhuana, K., dan Thomas, J. 1994. *Sifat Fisik dan Pengujian Vulkanisat*, disajikan pada Kursus Teknologi Barang-Jadi Karet. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Chatwal, G. 1985. *Spectroscopy Atomic and Molecule*. Bombay: Himalaya Publishing House.
- Chusnul. 2011. *Pemgunaan Metode Ft-Ir (Fourier Transform Infra Red) Untuk Mengidentifikasi Gugus Fungsi Pada Proses Pembaluran Penderita Mioma*.
- Cifriadi, A., dan Fallah, A. A. 2013. *Studi Kinetika Vulkanisasi Belerang pada Kompon Karet Alam Tanpa Bahan Pengisi*. Pusat Penelian Karet.

- Didit, H. S., dan Agus, A. 2008. *Pengaruh Perbandingan Jumlah Carbon Black Dan Kalsium Karbonat Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Kekerasan (Hardness) Pada Rubber Coupling Dengan Bahan Baku Sir 3l Di Pt. Industri Karet Nusantara (Skripsi)*. Medan : Universitas Negeri Sumatera Utara.
- Direktorat Inovasi Industri. 2012. *Kriteria Penerapan Teknologi/Inovasi di Industri (Dari Prototipe menjadi Produk Inovasi)*. Jakarta: RISTEK DIKTI.
- Fikri, B. M. 2015. *Analisa Pengaruh Campuran Bahan Compound EPDM Reclaim untuk Pembuatan Cover Relay terhadap Sifat Mekanik*. Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
- Hofmann, J. A. 1989. *Rubber Technology Handbook*. New York: Hanser Publishers.
- Honggokusumo, S. 1994. *Sistem vulkanisasi*, Dalam Kumpulan Makalah Kursus Pengolahan Barang-Jadi Karet. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- ISO 17357-1:2014. *Ships and Marine Technology- High-pressure Floating Pneumatic Rubber Fenders*
- ITPC Lyon. 2012. *Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia 2015*. Badan Pusat Statistik, Tahun 2015.
- Mayasari, E. H., dan Yuniari, A. 2016. *Karakteristik Termogravimetri dan kinetika dekomposisi EPDM dengan Bahan Pengisi Carbon Black*. Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik
- Nasruddin. 2013. *Model Pengembangan Formula Rubber Membrane Filter Press*. Balai Riset dan Standarisasi Industri Palembang
- Nuyah,. Dan Yulita, E. 2012. *Pengaruh Penggunaan NR Dan EPDM Terhadap Karakteristik Kompon Karet Peredam Benturan Pada Pintu Kendaraan Roda Empat*. Jurnal Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, Tahun 2012.

- Nuyah. 2012. Pengaruh Karet Alam Hidrogenasi Terhadap Ketahanan Okdisasi Dan Ozon Barang Jadi Karet *Jurnal Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, Tahun 2012*.
- Ompusunggu, M. 1987. Pengetahuan Lateks Hevea. Sungai Putih, Medan: Lembaga Pendidikan Perkebunan (LPP).
- Rahman. 2005. *Pengaruh Karet Alam Hidrogenasi Terhadap Ketahanan Okdisasi dan Ozon Barang Jadi Karet*. Jurnal Dinamika Penelitian Industri Vol. 23 No. 2, Tahun 2012.
- Rahmaniar. 2014. *Pengaruh Jumlah Bahan Pengisi Terhadap Kekerasan Kompon Footstep Sepeda Motor*. Jurnal Politeknik Negeri Lampung, Tahun 2017.
- Rahmaniar, Rejo, A., Priyanto, G., dan Hamzah, B. 2015. *Karakterisasi Kompon Karet Dengan Menggunakan Ekstrak Kayu Secang, Pasir Kuarsa dan Kulit Kerang*. Palembang: Balai Riset Standardisasi Industri Palembang.
- Riyadi, S., T., Anwar, S., dan Roessali. 2015 *Studi Komparasi Penggunaan Stimulansia Sitem Cair dan Gas Guna Peningkatan Produktifitas Tanaman Karet DiPerkebunan Nusantara IX Jawa Tengah*. Fakultas Pertenakan dan Pertanian Universitas DiPonogoro
- Sankari, G., Krishnamoorthy, E., Jayakumaran, S., dan Gunasekaran, S. 2010 *Analysis of serum Immuglobulins Using Fourirer Transform Infrared Spectral Measurements*. Samarinda. Politeknik Negeri Samarinda. Tahun 2014
- Syamsulbahri. 1996. *Rendemen Dan Beberapa Sifat Fisik Asap Cair (Liquid Smoke) Dari Kayu Karet (Hevea brasiliensis) (Karya Ilmiah)*. Samarinda : .Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Tahun 2014.
- Singarimbun, W. P. 2011. *Analisa Kadar Nitrogen Dalam Crumb Rubber Mutu Sir 20 Dan Crumb Rubber Mutu Sir 3 Metode Kjeldhal (Karya Ilmiah)*. Medan : Universitas Sumatra Utara
- Supratman, U. 2010. *Metode Spektroskopi Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Eluidasi Senyawa Organik.

- United Nation Comtrade. 2010. *Analisa Daya Saing Ekspor Karet Alam Indonesia di Pasar Internasional*. Jurnal Institut Pertanian Bogor.
- Vachlepi, A., dan Suwardin, D. 2015. *Kajian Pembuatan Kompon Karet Alam dari Bahan Pengisi Abu Briket Batubara dan Arang Cangkang Sawit*. Balai Penelitian Sumbawa
- Wahyudi, T. 2005. *Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.

LAMPIRAN – LAMPIRAN
LAMPIRAN A
BAHAN-BAHAN



Gambar 1. Karet Alam Jenis RSS-1, Karet EPDM dan Bahan Penunjang Variasi Kompon Karet.

LAMPIRAN B PERALATAN UTAMA

A. Alat Pembuatan Kompon Karet



Gambar 1. Alat Pemotong Karet



Gambar 2. Kneader



Gambar 3. Open Mill



Gambar 4. Hotpress

B. Alat Uji Sifat Pemrosesan



Gambar 1. Rheometer



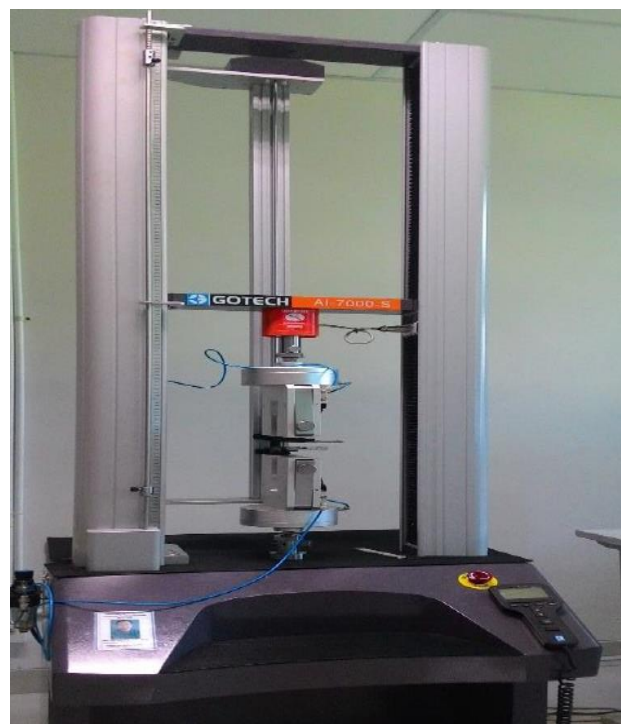
Gambar 2. R-VS 3000



Gambar 3. Cetakan uji *tear strength*



Gambar 4. Cetakan uji *tensile strength*



Gambar 5. *Universal Testing Machine*



Gambar 6. Durometer *Hardness Shore A*



Gambar 7. Carbon Dispersion



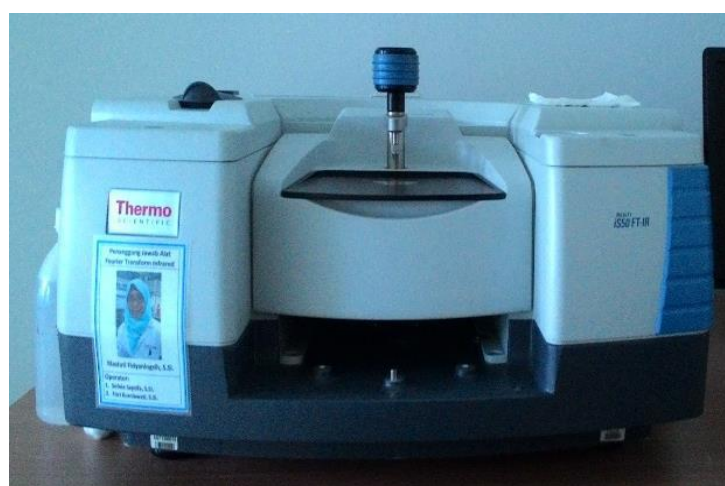
Gambar 8. Compression Set



Gambar 9. Aging Oven



Gambar 10. Sea Water Resistance (SWR)



Gambar 11. FTIR

LAMPIRAN C
GAMBAR HASIL PENGAMATAN



Gambar 1. Kompon Karet PF 1-15



Gambar 2. Sampel Rheo



Gambar 3. Sampel Uji Mekanis *Tensile Strength* dan *Elongation At Break*



Gambar 4 Sampel Uji Mekanis *Tear Strength*



Gambar 5 Sampel Uji Mekanis *Compression Set*

LAMPIRAN D

HASIL DAN PENGOLAHAN DATA

Tabel 1. Hasil Uji Kematangan Sampel Dari Alat *Moving Die Rheometer*

Sampel	S' Max	S' Min	S' Max - S' Min	Scorch Time (TS 2)	TC 90
	dNm	dNm	dNm	Minutes	Minutes
PF 1	10.94	1.21	9.73	4.01	13.78
PF2	12.46	1.47	10.99	3.85	13.97
PF3	11.09	1.52	9.57	5.27	17.25
PF4	13.48	1.61	11.87	4.71	18.89
PF5	24.47	2.03	22.44	0.95	6.67
PF6	11.33	1.17	10.16	4.00	12.80
PF7	11.11	1.19	9.92	3.80	14.60
PF8	11.22	1.67	9.55	4.74	16.37
PF9	12.76	1.65	11.11	4.71	17.29
PF10	23.68	1.89	21.79	1.04	6.03
PF11	10.79	0.81	9.98	4.12	12.49
PF12	11.64	0.96	10.68	4.77	15.10
PF13	11.01	1.29	9.72	5.38	16.42
PF14	11.72	1.63	10.09	5.88	18.65
PF15	23.08	1.57	21.51	0.94	6.79

Tabel 2. Hasil Uji *Tensile Strength* Sampel Normal Dari Alat *Universal Testing Machine* (UTM)

No	Sampel	Pengulangan	Max Load (N)	Area Nm ²	Tensile Strength Mpa	Rata-rata Tensile Strength Mpa	Standar Deviasi Tensile	Elongation %	Rata rata elongation %	Standar Deviasi Elongation
1	PF1	1	360.620	12.767	28.247	27.304	2.43738569	658.050	713.898	70.67768609
		2	393.993	13.526	29.129			690.284		
		3	315.525	12.860	24.536			793.359		
2	PF2	1	331.355	13.417	24.697	24.206	1.193796884	725.142	639.101	83.63494247
		2	266.612	11.670	22.845			558.100		
		3	344.079	13.721	25.076			634.062		
3	PF3	1	266.661	11.657	22.876	22.207	0.656876193	554.810	571.413	22.16375632
		2	276.661	12.450	22.181			596.581		
		3	263.793	12.234	21.563			562.847		
4	PF4	1	269.732	15.002	17.980	18.784	0.738902113	508.124	535.861	27.98984516
		2	271.691	14.345	18.940			535.361		
		3	235.962	12.142	19.433			564.097		
5	PF5	1	225.787	17.731	12.743	17.899	4.542261661	403.051	505.112	105.0676002
		2	397.547	18.655	21.310			612.948		
		3	374.441	19.061	19.644			499.337		
6	PF6	1	378.563	13.106	26.885	26.573	0.391837126	770.995	675.625	82.60880735
		2	361.174	12.584	26.700			629.564		
		3	354.036	12.584	26.133			626.316		
7	PF7	1	302.857	13.373	22.646	21.402	1.450342373	550.791	553.418	2.393768368
		2	306.366	14.085	21.751			555.476		
		3	298.430	15.065	19.809			553.987		
8	PF8	1	277.710	14.229	19.518	19.128	0.347960247	535.486	538.692	18.26579569
		2	271.866	14.298	19.015			558.349		
		3	264.555	14.035	18.85			522.242		
9	PF9	1	272.992	13.563	19.015	19.013	0.002081666	531.225	532.396	1.264666491
		2	282.097	14.227	19.011			532.225		
		3	269.747	13.361	19.012			533.737		
10	PF10	1	394.985	16.878	18.015	18.441	0.64600645	497.255	479.139	30.4093341
		2	326.565	17.022	19.184			444.031		
		3	355.012	16.586	18.123			496.13		
11	PF11	1	272.401	11.097	24.548	25.600	0.914552532	542.982	524.783	19.54420756
		2	276.097	10.537	26.203			504.126		
		3	282.751	10.854	26.05			527.240		
12	PF12	1	235.298	13.030	18.058	18.394	0.610193685	476.702	474.703	1.74130899
		2	235.178	13.047	18.025			473.516		
		3	232.105	12.153	19.098			473.891		
13	PF13	1	231.786	13.327	17.392	17.136	0.38954375	499.129	515.829	23.03454498
		2	225.406	13.507	16.688			542.107		
		3	299.630	13.251	17.329			506.25		
14	PF14	1	232.949	13.264	17.563	16.793	0.991505085	515.246	481.623	41.38043486
		2	204.299	13.034	15.674			435.41		
		3	207.538	12.108	17.141			494.214		
15	PF15	1	182.721	16.72	10.928	11.381	0.727943908	423.041	442.589	23.26192521
		2	188.165	17.113	10.995			436.41		
		3	199.417	16.317	12.221			468.317		

Tabel 3. Hasil Uji *Tensile Strength* Sampel Aging Dari Alat Universal Testing Machine (UTM)

No	Sampel	Pengulangan	Max Load	Area	Tensile Strength	Rata-rata Tensile Strength	Standar Deviasi	Elongation	Rata rata elongation	Standar Deviasi
			(N)	Nm2	Mpa	Mpa	Tensile	%	%	Elongation
1	PF1	1	351.536	13.466	26.105	25.909	0.388088907	611.573	587.085	22.37074264
		2	371.157	14.188	26.160			567.720		
		3	360.901	14.174	25.462			581.963		
2	PF2	1	371.157	14.188	26.160	23.515	2.327642871	567.720	530.314	36.13170265
		2	302.879	13.908	21.778			527.615		
		3	306.229	13.545	22.608			495.608		
3	PF3	1	278.358	12.784	21.774	20.811	1.451672254	548.854	546.480	7.95373449
		2	276.561	12.853	21.517			552.977		
		3	259.044	13.534	19.141			537.610		
4	PF4	1	259.044	13.534	19.141	19.484	0.405138248	537.61	518.015	26.62845588
		2	265.564	13.324	19.931			528.739		
		3	247.355	12.763	19.380			487.697		
5	PF5	1	288.821	18.920	15.265	16.260	0.912697285	411.797	425.624	14.46835078
		2	307.369	18.645	16.458			424.416		
		3	304.624	17.858	17.058			440.658		
6	PF6	1	342.764	12.579	23.249	23.784	0.532031327	562.597	549.473	40.31296442
		2	351.613	13.363	24.313			504.233		
		3	366.026	13.171	23.791			581.588		
7	PF7	1	308.291	13.174	22.401	22.444	0.080307741	549.479	543.149	7.170937619
		2	320.977	13.720	22.395			535.361		
		3	306.671	13.607	22.537			544.606		
8	PF8	1	283.265	13.845	20.459	19.347	1.151849093	525.616	507.416	29.27970629
		2	263.780	13.582	19.422			522.992		
		3	248.148	13.665	18.159			473.641		
9	PF9	1	234.095	14.379	18.032	18.051	0.039703065	443.906	462.772	20.52991053
		2	250.552	13.845	18.097			484.636		
		3	270.611	15.013	18.025			459.773		
10	PF10	1	199.142	17.844	11.161	13.070	1.760980693	378.063	386.018	18.39283712
		2	254.473	17.393	14.631			407.049		
		3	237.942	17.733	13.418			372.941		
11	PF11	1	254.504	11.633	21.878	23.045	1.422117084	416.045	458.878	47.639282
		2	268.122	11.849	22.628			510.186		
		3	287.181	11.660	24.629			450.403		
12	PF12	1	231.896	12.509	18.538	18.598	0.342959181	423.416	387.809	39.80819344
		2	221.154	12.092	18.289			344.830		
		3	240.121	12.660	18.967			395.180		
13	PF13	1	191.447	11.983	15.977	18.229	1.95236472	352.514	404.571	45.50512412
		2	234.027	12.148	19.265			424.416		
		3	240.509	12.368	19.445			436.784		
14	PF14	1	216.59	12.227	17.715	18.565	1.105101956	356.699	365.403	20.48991266
		2	210.286	11.579	18.165			350.702		
		3	220.348	11.121	19.814			388.808		
15	PF15	1	172.106	13.116	13.122	12.399	0.642317938	352.576	355.887	14.9883379
		2	175.121	14.722	11.895			372.254		
		3	183.857	15.097	12.179			342.831		

Tabel 4. Hasil Uji *Tensile Strength* Sampel *Sea Water Resistance* Dari Alat *Universal Testing Machine* (UTM)

No	Sampel	Pengulangan	Max Load (N)	Area Nm ²	Tensile Strength Mpa	Rata-rata Tensile Strength Mpa	Standar Deviasi Tensile	Elongation %	Rata rata elongation %	Standar Deviasi Elongation
1	PF1	1	36.132	13.949	2.590	6.005	3.040857171	100.013	261.475	146.5454492
		2	92.697	13.229	7.007			298.353		
		3	112.305	13.340	8.419			386.059		
2	PF2	1	83.788	12.934	6.478	6.102	0.785321802	245.504	223.765	28.66380917
		2	69.836	13.432	5.199			191.281		
		3	81.257	12.260	6.628			234.509		
3	PF3	1	73.973	13.572	6.628	4.866	1.526296935	238.382	208.897	35.03516527
		2	49.775	12.630	3.941			170.166		
		3	62.746	15.571	4.030			218.142		
4	PF4	1	84.074	15.571	5.399	6.093	0.84839633	208.147	233.093	28.80527722
		2	86.649	14.831	5.842			226.513		
		3	92.292	13.111	7.039			264.619		
5	PF5	1	204.472	19.700	10.379	10.166	2.472868038	276.364	266.591	38.95365275
		2	149.597	19.700	7.594			223.681		
		3	227.650	18.175	12.526			299.727		
6	PF6	1	88.150	13.484	6.537	7.431	1.87130605	262.945	286.425	63.02824576
		2	81.194	13.148	6.175			238.507		
		3	109.743	11.453	9.582			357.823		
7	PF7	1	99.747	12.682	7.865	6.849	0.880571595	285.109	268.284	14.6355635
		2	86.273	13.694	6.300			261.246		
		3	85.178	13.345	6.383			258.497		
8	PF8	1	83.321	13.180	6.322	6.476	0.235172986	239.507	256.422	19.88119315
		2	85.423	13.432	6.360			251.438		
		3	89.312	13.237	6.747			278.321		
9	PF9	1	93.874	13.458	6.975	6.414	0.696965088	249.065	233.281	34.32393661
		2	77.024	13.672	5.634			193.904		
		3	92.210	14.653	6.634			256.873		
10	PF10	1	157.498	18.014	8.743	8.005	0.645076998	260.621	250.085	15.12018295
		2	136.981	18.151	7.547			256.873		
		3	131.940	17.077	7.726			232.760		
11	PF11	1	62.864	11.961	5.256	5.441	0.537522403	219.517	231.344	14.66490318
		2	57.374	11.427	5.021			226.763		
		3	71.741	11.864	6.047			247.753		
12	PF12	1	63.396	11.900	5.327	5.061	0.507003287	196.903	189.323	15.3435264
		2	63.522	11.810	5.379			199.402		
		3	52.646	11.761	4.476			171.665		
13	PF13	1	74.161	12.312	6.023	5.734	0.494798275	214.144	217.226	11.92162757
		2	64.493	12.492	5.163			207.148		
		3	74.977	12.461	6.017			230.386		
14	PF14	1	70.372	13.135	5.358	5.755	0.360705328	183.534	212.520	28.32400586
		2	77.812	13.318	5.843			213.894		
		3	79.626	13.132	6.063			240.132		
15	PF15	1	99.634	15.666	6.360	6.510	0.143513066	226.263	231.923	12.14543232
		2	103.944	15.641	6.646			223.640		
		3	105.342	16.147	6.524			245.865		

Tabel 5. Hasil Uji *Tear Resistance* Sampel Normal Dari Alat *Universal Testing Machine (UTM)*

NO.	Sampel	Pengulangan	Thickness (mm)	Max Load (N)	Tear Streght (N/mm)	Tear Streght (N/cm)	Rata-Rata	STDEV	Elongation (%)	Rata-Rata	STDEV
							Tear Strength (N/cm)			Elongation (%)	
1.	PF1 (100:0 phr)	1	2,443	274,490	112,358	1123,578	1097,843	45,35506866	420,790	414,128	10,06395544
		2	2,463	276,959	112,448	1124,478			419,043		
		3	2,413	252,273	104,547	1045,475			402,551		
2.	PF2 (90:10 phr)	1	2,480	249,303	100,525	1005,254	986,212	43,00610989	418,918	314,678	97,06612231
		2	2,550	238,928	93,697	936,973			298,228		
		3	2,482	252,273	101,641	1016,410			226,888		
3.	PF3 (80:20 phr)	1	2,343	132,146	56,400	564,003	676,989	151,4225983	297,603	345,996	84,0351567
		2	2,283	141,071	61,792	617,919			297,353		
		3	2,477	210,308	84,904	849,043			443,031		
4.	PF4 (70:30 phr)	1	2,573	158,834	61,731	617,311	615,155	15,97670861	221,724	262,315	35,50629475
		2	2,533	159,565	62,994	629,945			287,608		
		3	2,503	149,732	59,821	598,210			277,613		
5.	PF5 (0:100 phr)	1	2,877	212,211	73,761	737,612	744,338	10,55051711	322,341	309,434	30,72116253
		2	2,877	212,583	73,891	738,905			331,596		
		3	2,930	221,654	75,650	756,498			274,365		
6.	PF6 (100:0 phr)	1	2,503	265,414	106,038	1060,384	1077,327	78,40263508	352,451	376,522	33,60843436
		2	2,463	248,463	100,878	1008,782			362,196		
		3	2,457	285,704	116,282	1162,816			414,920		
7.	PF7 (90:10 phr)	1	2,447	178,856	73,092	730,919	806,284	133,5335934	269,242	344,413	103,2557452
		2	2,367	172,192	72,747	727,469			301,851		
		3	2,467	236,946	96,046	960,462			462,147		
8.	PF8 (80:20 phr)	1	2,310	147,991	64,065	640,654	686,753	43,56789942	309,972	289,253	73,1677466
		2	2,363	163,604	69,236	692,357			207,960		
		3	2,303	167,485	72,725	727,247			349,827		
9.	PF9 (70:30 phr)	1	2,403	172,097	71,618	716,176	683,616	28,43999095	239,132	262,495	86,90905275
		2	2,357	158,164	67,104	671,039			189,656		
		3	2,390	158,608	66,363	663,632			358,698		
10.	PF10 (0:100 phr)	1	3,007	207,139	68,886	688,856	657,446	27,45786828	318,343	324,007	6,249864079
		2	2,800	180,735	64,548	645,482			330,712		
		3	2,860	182,468	63,800	638,000			322,966		
11.	PF11 (100:0 phr)	1	2,120	157,539	74,311	743,108	727,766	17,686654	339,707	324,839	44,44732676
		2	2,103	148,981	70,842	708,421			274,864		
		3	2,193	160,477	73,177	731,769			359,947		
12.	PF12 (90:10 phr)	1	2,140	142,991	66,818	668,182	674,765	24,31522566	264,869	263,822	20,6039738
		2	2,197	143,776	65,442	654,420			283,882		
		3	2,160	151,566	70,169	701,694			242,714		
13.	PF13 (80:20 phr)	1	2,220	145,577	65,575	655,752	646,303	11,1859401	263,870	265,318	27,36874363
		2	2,267	143,717	63,395	633,952			293,382		
		3	2,303	149,512	64,921	649,205			238,702		
14.	PF14 (70:30 phr)	1	2,290	137,891	60,214	602,144	634,359	27,93988486	215,144	240,213	22,0983313
		2	2,250	146,695	65,198	651,978			248,627		
		3	2,307	149,714	64,896	648,955			256,869		
15.	PF15 (0:100 phr)	1	2,307	157,621	68,323	683,229	617,762	59,02488574	232,135	274,052	38,28068465
		2	2,777	157,904	56,861	568,614			307,161		
		3	2,767	166,419	60,144	601,442			282,860		

Tabel 6. Hasil Uji Tear Resistance Sampel Aging Dari Alat Universal Testing Machine (UTM)

NO.	Sampel	Pengulangan	Thickness (mm)	Max Load (N)	r Streght (N/m	Tear Streght (N/cm)	Rata-Rata	STDEV	Elongation (%)	Rata-Rata	STDEV
							Tear Strength (N/cm)			Elongation (%)	
1.	PF1 (100:0 phr)	1	2,367	208,459	88,069	880,689	863,609	22,629	295,354	314,574	68,065
		2	2,377	207,321	87,220	872,196			390,182		
		3	2,417	202,531	83,794	837,944			258,185		
2.	PF2 (90:10 phr)	1	2,342	198,710	84,846	848,463	810,056	39,578	222,465	239,906	17,975
		2	2,327	189,023	81,230	812,303			238,882		
		3	2,427	186,734	76,940	769,403			258,372		
3.	PF3 (80:20 phr)	1	2,373	174,498	73,535	735,348	666,936	70,260	255,499	253,916	18,542
		2	2,310	154,885	67,050	670,498			271,616		
		3	2,293	136,425	59,496	594,963			234,634		
4.	PF4 (70:30 phr)	1	2,317	151,827	65,527	655,274	687,605	28,035	166,668	203,608	42,960
		2	2,403	168,780	70,237	702,372			250,751		
		3	2,410	169,946	70,517	705,170			193,405		
5.	PF5 (0:100 phr)	1	2,880	216,518	75,180	751,799	735,707	14,712	312,471	303,184	8,072
		2	2,947	213,052	72,295	722,945			299,227		
		3	2,960	216,784	73,238	732,378			297,853		
6.	PF6 (100:0 phr)	1	2,393	192,946	80,629	806,293	856,308	73,146	326,339	343,206	44,389
		2	2,407	226,320	94,026	940,258			393,556		
		3	2,437	200,412	82,237	822,372			309,722		
7.	PF7 (90:10 phr)	1	2,420	186,796	77,188	771,884	764,939	50,441	304,350	282,286	19,525
		2	2,433	173,080	71,139	711,385			275,264		
		3	2,377	192,905	81,155	811,548			267,243		
8.	PF8 (80:20 phr)	1	2,410	162,085	67,255	672,552	676,692	37,746	214,644	240,048	71,677
		2	2,307	165,259	71,634	716,337			320,967		
		3	2,477	158,822	64,119	641,187			184,534		
9.	PF9 (70:30 phr)	1	2,443	173,825	71,152	711,523	743,571	31,320	223,640	259,705	32,401
		2	2,400	185,786	77,411	774,108			269,117		
		3	2,423	180,533	74,508	745,080			286,359		
10.	PF10 (0:100 phr)	1	2,840	171,568	60,411	604,113	646,753	37,393	254,624	264,411	18,487
		2	2,880	194,099	67,395	673,955			252,875		
		3	2,947	195,148	66,219	662,192			285,734		
11.	PF11 (100:0 phr)	1	2,160	152,514	70,608	706,083	738,031	48,445	219,367	234,522	13,989
		2	2,180	155,704	71,424	714,239			246,941		
		3	2,163	171,693	79,377	793,773			237,258		
12.	PF12 (90:10 phr)	1	2,263	145,027	64,086	640,862	597,491	40,743	158,859	169,271	19,071
		2	2,207	123,596	56,002	560,018			191,281		
		3	2,267	134,114	59,159	591,592			157,672		
13.	PF13 (80:20 phr)	1	2,120	123,618	58,310	583,104	607,392	44,311	353,825	312,970	77,901
		2	2,277	132,188	58,054	580,536			223,140		
		3	2,247	147,973	65,854	658,536			361,946		
14.	PF14 (70:30 phr)	1	2,347	163,413	69,626	696,263	693,726	18,979	269,804	267,347	42,532
		2	2,337	166,233	71,131	711,309			223,640		
		3	2,227	150,012	67,361	673,606			308,598		
15.	PF15 (0:100 phr)	1	2,740	87,749	32,025	320,252	464,952	126,419	162,170	226,721	57,310
		2	2,730	142,130	52,062	520,623			246,378		
		3	2,637	146,085	55,398	553,982			271,616		

Tabel 7. Hasil Uji Tear Resistance Sampel Sea Water Resistance Dari Alat Universal Testing Machine (UTM)

N0.	Sampel	Pengulangan	Thickness (mm)	Max Load (N)	Tear Streght (N/mm)	Tear Streght (N/cm)	Rata-Rata	STDEV	Elongation (%)	Rata-Rata	STDEV
							Tear Strength (N/cm)			Elongation (%)	
1.	PF1 (100:0 phr)	1	2,024	48,979	24,204	242,039	378,750	129,493	100,450	179,869	69,128
		2	2,232	88,087	39,466	394,655			212,645		
		3	2,337	116,746	49,955	499,555			226,513		
2.	PF2 (90:10 phr)	1	2,357	78,738	33,406	334,060	338,147	101,980	141,180	149,385	49,921
		2	2,367	104,647	44,211	442,108			202,900		
		3	2,337	55,684	23,827	238,271			104,074		
3.	PF3 (80:20 phr)	1	2,303	67,315	29,229	292,293	276,347	28,585	119,566	133,726	12,654
		2	2,340	56,943	24,335	243,346			137,682		
		3	2,310	67,776	29,340	293,403			143,929		
4.	PF4 (70:30 phr)	1	2,403	77,761	32,360	323,600	305,924	44,779	103,949	106,801	17,016
		2	2,330	59,416	25,500	255,004			91,392		
		3	2,367	80,281	33,917	339,168			125,063		
5.	PF5 (0:100 phr)	1	3,027	222,428	73,481	734,813	699,685	55,945	1568,548	648,857	796,720
		2	2,863	208,733	72,907	729,071			208,733		
		3	2,830	179,753	63,517	635,170			169,291		
6.	PF6 (100:0 phr)	1	2,830	57,481	20,311	203,113	371,481	152,538	112,944	183,659	61,794
		2	2,433	99,963	41,086	410,863			210,771		
		3	2,340	117,109	50,047	500,466			227,263		
7.	PF7 (90:10 phr)	1	2,350	66,380	28,247	282,468	262,387	22,707	123,064	118,796	4,942
		2	2,417	64,521	26,695	266,947			119,941		
		3	2,463	58,557	23,775	237,747			113,382		
8.	PF8 (80:20 phr)	1	2,360	66,911	28,352	283,521	322,507	36,966	151,425	127,770	30,144
		2	2,330	76,179	32,695	326,948			138,057		
		3	2,323	82,943	35,705	357,051			93,829		
9.	PF9 (70:30 phr)	1	2,413	58,701	24,327	243,270	325,590	76,614	93,829	115,776	22,849
		2	2,417	81,862	33,869	338,693			114,069		
		3	2,467	97,399	39,481	394,807			139,431		
10.	PF10 (0:100 phr)	1	2,890	150,182	51,966	519,661	536,543	76,833	154,986	154,715	23,333
		2	2,900	136,171	46,956	469,555			131,248		
		3	2,730	169,373	62,041	620,414			177,912		
11.	PF11 (100:0 phr)	1	2,243	57,013	25,418	254,182	189,223	63,343	458,000	201,684	222,296
		2	2,203	28,117	12,763	127,631			61,595		
		3	2,203	40,944	18,586	185,856			85,458		
12.	PF12 (90:10 phr)	1	2,050	50,780	24,771	247,707	220,724	36,901	94,453	86,156	10,328
		2	2,253	40,255	17,867	178,673			74,589		
		3	2,207	52,039	23,579	235,791			89,425		
13.	PF13 (80:20 phr)	1	2,167	57,545	26,555	265,551	315,308	47,929	93,412	119,289	22,698
		2	2,157	77,905	36,117	361,173			128,624		
		3	2,233	71,277	31,920	319,198			135,830		
14.	PF14 (70:30 phr)	1	2,233	84,833	37,991	379,906	343,659	31,556	144,741	132,872	14,601
		2	2,260	72,843	32,231	322,314			116,567		
		3	2,243	73,740	32,876	328,756			137,307		
15.	PF15 (0:100 phr)	1	2,623	112,475	42,880	428,803	443,035	54,586	134,184	142,346	18,519
		2	2,680	106,389	39,697	396,974			129,311		
		3	2,657	133,734	50,333	503,327			163,544		

Tabel 8. Hasil Uji *Hardness* Sampel Normal Dari Alat *Durometer Hardness Tipe Shore A*

No	Sampel	Pengulangan	1	2	3	4	5	rata rata	Hasil Sebelum di proyeksi	Hasil yang sudah diproyeksi	stdev
1	PF 1	1	58	59.5	58.5	58	58	58.4	58.5	57.6	0.1
		2	59	59	58.5	58	58	58.5			
		3	59	58	58	60	58	58.6			
2	PF 2	1	65	65	65	66	65	65.2	66	64.3	0.435889894
		2	65.5	65.5	65.5	65	65	65.3			
		3	66.5	66	65.5	66.5	65.5	66			
3	PF 3	1	66	65.5	65.5	65	64.5	65.3	66	64.5	0.351188458
		2	65	66.5	67.5	65.5	65.5	66			
		3	66	65	64.5	66.5	66.5	65.7			
4	PF 4	1	72.5	72.5	71.5	72	71.5	72	71.6	70.4	0.37859389
		2	71.5	71	71.5	71.5	71.5	71.4			
		3	71.5	71	71	71.5	71.5	71.3			
5	PF 5	1	76	75.5	75.5	76.5	76	75.9	76	75.2	0.152752523
		2	76	75.5	75	76	76	75.7			
		3	77	76	76	75.5	75.5	76			
6	PF 6	1	56.5	55.5	53.5	58.5	57.5	56.3	57.6	56.7	1.101514109
		2	58.5	57.5	58	58.5	58	58.1			
		3	58.5	57.5	58.5	59	58	58.3			
7	PF 7	1	62.5	62.5	63.5	63	63	62.9	63	62	0.321455025
		2	63.5	63.5	63	63.5	63.5	63.4			
		3	62.5	63	63	62.5	63	62.8			
8	PF 8	1	64.5	64	64.5	64	64	64.2	64	63.5	0.435889894
		2	65	65	65.0	64.5	65	64.9			
		3	64	64	63.5	64.5	64.5	64.1			
9	PF 9	1	67.5	68	68.5	69.5	69.5	68.6	68.5	67.3	0.655743852
		2	67.5	68	68	67.5	68	67.8			
		3	69.0	69.5	69	69	69	69.1			
10	PF 10	1	73.5	74	74	73	74	73.7	73.5	72.3	0.288675135
		2	73	73	73.0	73.5	73.5	73.2			
		3	73.5	73.5	74	74.0	73.5	73.7			
11	PF 11	1	54.5	54	54	54.0	54	54.1	54.6	53.5	0.611010093
		2	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5			
		3	55	54.5	58	54.5	54.5	55.3			
12	PF 12	1	60	60	61	61	61	60.6	60	59.4	0.550757055
		2	61	60.5	60.5	60.5	61	60.7			
		3	60	60.5	60.5	59.5	58	59.7			
13	PF 13	1	62.5	63	63	63	63	62.9	63	62	0.611010093
		2	62.5	62.5	63	62	62.5	62.5			
		3	64	63.5	63.5	64	63.5	63.7			
14	PF 14	1	65	65.5	65.5	65.5	65.5	65.4	65	64.2	0.057735027
		2	66	65.5	65.5	64.5	66	65.5			
		3	65.5	65.5	64.5	65.5	66	65.4			
15	PF 15	1	72	72.5	72	72.5	72.5	72.3	72.5	71.3	0.152752523
		2	72	72.5	73	72.5	73	72.6			
		3	72	72.5	72.5	72.5	73	72.5			

Tabel 9. Hasil Uji *Hardness* Sampel Aging Dari Alat *Durometer Hardness Tipe Shore A*

No	Sampel	Pengulangan	1	2	3	4	5	rata rata	Hasil Sebelum di proyeksi	Hasil yang sudah diproyeksi	Stdev
1	PF 1	1	59	59	59.5	59	60	59.3	59.4	58.5	0.11547
		2	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5			
		3	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5			
2	PF 2	1	65	65.5	65.5	65	65	65.2	65.9	64.7	0.57735
		2	66	66.5	66	66.5	66	66.2			
		3	66	66.5	66	66.5	66	66.2			
3	PF 3	1	64.5	64	64.5	66	66	65	65.8	64.6	0.7
		2	66.5	66	66.5	66	66.5	66.3			
		3	66	66.5	66.5	65.5	66	66.1			
4	PF 4	1	72	72	72	72.5	72.5	72.2	72.4	71.2	0.208167
		2	72.5	72.5	73	72	72.5	72.5			
		3	73	72.5	72.5	72.5	72.5	72.6			
5	PF 5	1	74.5	75	74.5	74.5	75	74.7	74.7	73.5	0
		2	74.5	75	74.5	74.5	75	74.7			
		3	74.5	75	74.5	74.5	75	74.7			
6	PF 6	1	61	60.5	61	60.5	61	60.8	60.8	59.9	8.7E-15
		2	61	60.5	61	60.5	61	60.8			
		3	60.5	61	60.5	61	61	60.8			
7	PF 7	1	65.5	65	65.5	65	65.5	65.3	65.2	64	0.057735
		2	65.5	65	66	65	65	65.2			
		3	65.5	65	65	65.5	65	65.2			
8	PF 8	1	67.0	66.5	67	66.5	67	66.8	66.8	65.6	0.057735
		2	67	66	67	66.5	67	66.7			
		3	67	66.5	67	66.5	67	66.8			
9	PF 9	1	70.5	71	70.5	70.5	71	70.7	70.7	69.5	0.057735
		2	70.5	71	71	70.5	71	70.7			
		3	71.5	70.5	70.5	71	70.5	70.8			
10	PF 10	1	74.5	74.5	75	74.5	75	74.7	74.7	73.5	0
		2	74.5	75	74.5	75	74.5	74.7			
		3	74.5	75	74.5	75	74.5	74.7			
11	PF 11	1	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.4	56.5	0.1
		2	57.5	57	57	57.5	57.5	57.3			
		3	57.5	57.5	57	57.5	57.5	57.4			
12	PF 12	1	62.5	62	62.5	62	62.5	62.3	62.1	61.2	0.288675
		2	62	61	62	62	62	61.8			
		3	62.5	62	62	62.5	62.5	62.3			
13	PF 13	1	64	63.5	64	64	63.5	63.8	63.8	63	0.057735
		2	63.5	64	63.5	63.5	64.0	63.7			
		3	63.5	64	64	63.5	64.0	63.8			
14	PF 14	1	66	65.5	66	65.5	66	65.8	65.9	64.7	0.11547
		2	66	65.5	66	65.5	66	65.8			
		3	66.5	66	66	65.5	66	66			
15	PF 15	1	72.5	72	72.5	72.5	72.5	72.4	72.4	71.2	0.057735
		2	72.5	72	72.5	72.5	73	72.4			
		3	72.5	72	72	72.5	72.5	72.3			

Tabel 10. Hasil Uji Hardness Sampel Sea Water Resistance Dari Alat Durometer Hardness Tipe Shore A

No	Sampel	Pengulangan	1	2	3	4	5	rata rata	Hasil Sebelum di proyeksi	Hasil yang sudah diproyeksi	stdev
1	PF 1	1	57.5	57.5	58	57.5	57.5	57.6	57.4	56.5	0.173205
		2	57.5	57	57.5	57	57.5	57.3			
		3	57	57.5	57.5	57	57.5	57.3			
2	PF 2	1	65	65.5	65.5	65.5	66	65.5	65.6	64.4	0.11547
		2	65.5	65.5	66	65.5	66	65.7			
		3	65.5	65.5	65	66	65.5	65.5			
3	PF 3	1	64.5	64	64.5	64	64.5	64.3	64.2	63.3	0.11547
		2	64	64.5	63.5	64	64.5	64.1			
		3	64.5	64	63.5	64.5	64	64.1			
4	PF 4	1	69	69.5	70	69	69.5	69.4	69.7	68.5	0.288675
		2	69.5	70	69.5	70.5	70	69.9			
		3	69.5	70	69.5	70.5	70	69.9			
5	PF 5	1	73.5	74	73	73	73	73.2	73.2	72.0	0
		2	73	73.5	73	73	74	73.2			
		3	73	73.5	73	73.5	73	73.2			
6	PF 6	1	57	57.5	58	57.5	58	57.6	57.2	56.3	0.360555
		2	56.5	57	57	57.5	57	56.9			
		3	56.5	57	57.5	57.5	57	57.1			
7	PF 7	1	64	63.5	64	63.5	64	63.8	63.8	63	8.7E-15
		2	64	63.5	64	63.5	64	63.8			
		3	64	63.5	64	63.5	64	63.8			
8	PF 8	1	66	65.5	66	65.5	65.5	65.7	65.8	64.6	0.11547
		2	66	66.5	65.5	66	65.5	65.9			
		3	65.5	66	65.5	66	65.5	65.7			
9	PF 9	1	68	68.5	68.5	68	68.5	68.3	68.4	67.2	0.11547
		2	68.5	68	68.5	68.5	68	68.3			
		3	68.5	69	68.5	68	68.5	68.5			
10	PF 10	1	70.5	71.5	70.5	71.5	70.5	70.9	70.9	69.7	0.086603
		2	70.5	71.5	70.5	70.5	70.5	70.75			
		3	70.5	70.5	71.5	70.5	71.5	70.9			
11	PF 11	1	53.5	53	53.5	53	53.5	53.3	53.3	52.2	0.057735
		2	53	53.5	54	53	53.5	53.3			
		3	53	53.5	53	53.5	53	53.2			
12	PF 12	1	57.5	57	58	57.5	57	57.4	57.5	56.6	0.1
		2	57.5	58	57.5	57.5	57	57.5			
		3	57.5	58	57.5	57.5	57.5	57.6			
13	PF 13	1	62	62.5	63	62.5	63	62.6	62.5	62	0.057735
		2	62.5	63	62.5	62	62.5	62.5			
		3	62.5	63	62.5	62	62.5	62.5			
14	PF 14	1	64	64.5	64.5	64	64.5	64.3	64.3	63.4	0
		2	64	64.5	64.5	64	64.5	64.3			
		3	64.5	64	64	64.5	64.5	64.3			
15	PF 15	1	67	67.5	68	67.5	68	67.6	67.5	66.3	0.11547
		2	67	67.5	68.0	67.5	68	67.6			
		3	67	67.5	67	68	67.5	67.4			

Tabel 11. Hasil Uji *Compression Set* Sampel Normal Dari Alat *Compression Set Tester*

No	Sampel	Pengulangan	Tebal Awal			Rata rata	Rata" Tebal Awal	Tebal Spacer/ Tn (mm)	Tebal Akhir			Rata rata	rata"	Hasil Compressi (%)	stdev
1	PF1	1	13.02	13.03	13.02	13.02	13.06	9.5	11.95	11.96	11.96	11.96	12.00	30%	0.047648404
		2	13.06	13.07	13.06	13.06			12.00	11.99	11.97	11.99			
		3	13.09	13.10	13.09	13.09			12.06	12.03	12.06	12.05			
2	PF2	1	13.02	13.05	13.03	13.03	13.04	9.5	11.88	11.88	11.88	11.88	11.93	31%	0.108593704
		2	13.06	13.04	13.03	13.04			11.85	11.86	11.85	11.85			
		3	13.03	13.04	13.04	13.04			12.03	12.06	12.07	12.05			
3	PF3	1	13.04	13.03	13.05	13.04	13.06	9.5	11.96	12.01	11.98	11.98	12.00	30%	0.026034166
		2	13.04	13.06	13.05	13.05			11.96	12.00	12.00	11.99			
		3	13.08	13.07	13.08	13.08			12.01	12.03	12.05	12.03			
4	PF4	1	13.13	13.14	13.16	13.14	13.17	9.5	12.22	12.20	12.24	12.22	12.22	26%	0.003333333
		2	13.16	13.17	13.18	13.17			12.25	12.20	12.20	12.22			
		3	13.19	13.19	13.19	13.19			12.20	12.25	12.22	12.22			
5	PF5	1	13.22	13.25	13.26	13.24	13.23	9.5	12.43	12.40	12.42	12.42	12.42	22%	0.01
		2	13.23	13.26	13.2	13.23			12.40	12.40	12.42	12.41			
		3	13.23	13.21	13.2	13.21			12.43	12.43	12.42	12.43			
6	PF6	1	12.98	12.97	12.96	12.97	12.96	9.5	11.90	11.90	11.9	11.90	11.91	30%	0.024113927
		2	12.95	12.95	12.96	12.95			11.92	11.90	11.87	11.90			
		3	12.95	12.94	12.95	12.95			11.93	11.95	11.94	11.94			
7	PF7	1	13.08	13.09	13.09	13.09	13.08	9.5	11.93	11.93	11.94	11.93	11.94	32%	0.003849002
		2	13.09	13.08	13.09	13.09			11.92	11.93	11.95	11.93			
		3	13.08	13.07	13.08	13.08			11.93	11.94	11.95	11.94			
8	PF8	1	13.06	13.07	13.05	13.06	13.05	9.5	12.07	12.05	12.04	12.05	12.05	28%	0.005091751
		2	13.01	13.03	13.04	13.03			12.04	12.04	12.06	12.05			
		3	13.07	13.05	13.04	13.05			12.07	12.05	12.05	12.06			
9	PF9	1	13.00	13.00	13.01	13.00	13.02	9.5	12.13	12.13	12.14	12.13	12.12	25%	0.008819171
		2	13.04	13.04	13.02	13.03			12.10	12.12	12.13	12.12			
		3	13.02	13.03	13.02	13.02			12.10	12.13	12.13	12.12			
10	PF10	1	12.96	12.94	12.95	12.95	12.93	9.5	12.20	12.21	12.21	12.21	12.21	21%	0.005091751
		2	12.92	12.93	12.92	12.92			12.21	12.21	12.22	12.21			
		3	12.92	12.92	12.9	12.91			12.21	12.20	12.20	12.20			
11	PF11	1	12.53	12.53	12.54	12.53	12.56	9.5	11.75	11.72	11.74	11.74	11.74	27%	0.013471506
		2	12.58	12.58	12.57	12.58			11.74	11.72	11.72	11.73			
		3	12.57	12.59	12.56	12.57			11.75	11.76	11.75	11.75			
12	PF12	1	12.76	12.75	12.76	12.76	12.75	9.5	11.82	11.83	11.84	11.83	11.84	28%	0.008819171
		2	12.72	12.74	12.73	12.73			11.85	11.85	11.84	11.85			
		3	12.75	12.75	12.76	12.75			11.84	11.84	11.85	11.84			
13	PF13	1	12.79	12.77	12.76	12.77	12.79	9.5	11.93	11.92	11.95	11.93	11.94	26%	0.007698004
		2	12.80	12.80	12.79	12.80			11.95	11.94	11.95	11.95			
		3	12.81	12.82	12.81	12.81			11.94	11.93	11.93	11.93			
14	PF14	1	12.85	12.87	12.86	12.86	12.86	9.5	12.01	12.05	12.04	12.03	12.04	25%	0.003849002
		2	12.87	12.85	12.86	12.86			12.03	12.02	12.05	12.03			
		3	12.87	12.86	12.85	12.86			12.04	12.04	12.04	12.04			
15	PF15	1	12.96	12.96	12.98	12.97	12.98	9.5	12.15	12.13	12.13	12.14	12.14	24%	0.003333333
		2	12.99	12.99	12.98	12.99			12.13	12.13	12.14	12.13			
		3	12.99	12.97	12.96	12.97			12.13	12.14	12.15	12.14			

Tabel 12. Hasil Uji *Compression Set* Sampel Aging Dari Alat *Compression Set Tester*

No	Sampel	Pengulangan	Tebal Awal			Rata rata	Rata" Tebal Awal	Tebal Spacer/ Tn (mm)	Tebal Akhir			Rata rata	rata"	Hasil Compressi (%)	stede v
1	PF1	1	12.92	12.91	12.93	12.92	12.92	9.5	12.32	12.34	12.32	12.33	12.34	17%	0.008819
		2	12.91	12.92	12.92	12.92			12.34	12.35	12.34	12.34			
		3	12.92	12.93	12.92	12.92			12.34	12.35	12.33	12.34			
2	PF2	1	13.08	13.08	13.1	13.09	13.08	9.5	12.41	12.44	12.44	12.43	12.43	18%	0.007698
		2	13.08	13.06	13.07	13.07			12.44	12.45	12.44	12.44			
		3	13.08	13.09	13.08	13.08			12.43	12.42	12.44	12.43			
3	PF3	1	13.12	13.12	13.15	13.13	13.13	9.5	12.52	12.56	12.57	12.55	12.55	16%	0.005092
		2	13.13	13.12	13.15	13.13			12.55	12.55	12.54	12.55			
		3	13.13	13.12	13.12	13.12			12.56	12.54	12.57	12.56			
4	PF4	1	13.20	13.18	13.17	13.18	13.18	9.5	12.6	12.63	12.62	12.62	12.64	15%	0.018559
		2	13.18	13.19	13.16	13.18			12.65	12.64	12.67	12.65			
		3	13.18	13.17	13.16	13.17			12.64	12.63	12.65	12.64			
5	PF5	1	13.24	13.27	13.25	13.25	13.23	9.5	12.76	12.75	12.74	12.75	12.74	13%	0.008389
		2	13.24	13.25	13.23	13.24			12.74	12.73	12.75	12.74			
		3	13.20	13.20	13.22	13.21			12.72	12.73	12.75	12.73			
6	PF6	1	12.82	12.84	12.86	12.84	12.84	9.5	12.20	12.23	12.22	12.22	12.23	18%	0.013472
		2	12.84	12.84	12.83	12.84			12.24	12.23	12.23	12.23			
		3	12.85	12.83	12.84	12.84			12.25	12.24	12.24	12.24			
7	PF7	1	12.95	12.97	12.98	12.97	12.94	9.5	12.30	12.31	12.3	12.30	12.30	19%	0.006939
		2	12.95	12.92	12.90	12.92			12.29	12.28	12.3	12.29			
		3	12.96	12.92	12.95	12.94			12.28	12.31	12.29	12.29			
8	PF8	1	13.02	13.05	13.04	13.04	13.04	9.5	12.41	12.41	12.42	12.41	12.41	18%	0.001925
		2	13.03	13.04	13.04	13.04			12.40	12.42	12.41	12.41			
		3	13.05	13.06	13.03	13.05			12.41	12.42	12.41	12.41			
9	PF9	1	13.12	13.10	13.09	13.10	13.10	9.5	12.42	12.46	12.48	12.45	12.45	18%	0.006667
		2	13.10	13.09	13.09	13.09			12.44	12.46	12.48	12.46			
		3	13.10	13.11	13.10	13.10			12.46	12.43	12.45	12.45			
10	PF10	1	13.16	13.13	13.12	13.14	13.15	9.5	12.60	12.60	12.60	12.60	12.64	14%	0.045092
		2	13.17	13.15	13.19	13.17			12.68	12.69	12.70	12.69			
		3	13.15	13.16	13.15	13.15			12.60	12.65	12.67	12.64			
11	PF11	1	12.75	12.76	12.75	12.75	12.74	9.5	12.14	12.12	12.13	12.13	12.13	19%	0.005774
		2	12.74	12.73	12.75	12.74			12.13	12.14	12.12	12.13			
		3	12.73	12.73	12.75	12.74			12.13	12.14	12.15	12.14			
12	PF12	1	12.87	12.85	12.86	12.86	12.86	9.5	12.26	12.26	12.25	12.26	12.26	18%	0.005092
		2	12.88	12.85	12.87	12.87			12.25	12.24	12.26	12.25			
		3	12.84	12.86	12.86	12.85			12.27	12.25	12.26	12.26			
13	PF13	1	12.97	12.95	12.94	12.95	12.95	9.5	12.34	12.35	12.36	12.35	12.36	17%	0.005092
		2	12.96	12.94	12.95	12.95			12.37	12.35	12.36	12.36			
		3	12.94	12.96	12.95	12.95			12.34	12.37	12.36	12.36			
14	PF14	1	13.02	13.05	13.04	13.04	13.04	9.5	12.47	12.44	12.45	12.45	12.44	17%	0.008819
		2	13.05	13.04	13.03	13.04			12.41	12.44	12.46	12.44			
		3	13.05	13.04	13.04	13.04			12.41	12.46	12.45	12.44			
15	PF15	1	13.10	13.10	13.12	13.11	13.11	9.5	12.53	12.50	12.51	12.51	12.53	16%	0.029059
		2	13.11	13.12	13.11	13.11			12.57	12.55	12.58	12.57			
		3	13.11	13.13	13.1	13.11			12.55	12.51	12.50	12.52			

Tabel 13. Hasil Uji *Compression Set* Sampel Sea Water Resistante Dari Alat *Compression Set Tester*

No	Sampel	Pengulangan	Tebal Awal			Rata rata	Rata" Tebal Awal	Tebal Spacer/ Tn (mm)	Tebal Akhir			Rata rata	rata"	Hasil Compressi (%)	St Dev
1	PF1	1	13.15	13.16	13.17	13.16	13.15	9.5	12.53	12.53	12.54	12.53	12.54	17%	0.00333
		2	13.15	13.15	13.14	13.15			12.57	12.52	12.53	12.54			
		3	13.13	13.15	13.15	13.14			12.55	12.52	12.54	12.54			
2	PF2	1	13.17	13.16	13.18	13.17	13.19	9.5	12.65	12.66	12.64	12.65	12.63	15%	0.02000
		2	13.19	13.19	13.21	13.20			12.60	12.61	12.62	12.61			
		3	13.21	13.19	13.17	13.19			12.61	12.62	12.66	12.63			
3	PF3	1	13.21	13.23	13.22	13.22	13.20	9.5	12.50	12.53	12.46	12.50	12.51	19%	0.00962
		2	13.20	13.21	13.2	13.20			12.50	12.53	12.51	12.51			
		3	13.18	13.19	13.16	13.18			12.50	12.53	12.51	12.51			
4	PF4	1	13.29	13.27	13.27	13.28	13.28	9.5	12.40	12.48	12.46	12.45	12.45	22%	0.00694
		2	13.30	13.29	13.28	13.29			12.45	12.46	12.46	12.46			
		3	13.28	13.29	13.29	13.29			12.45	12.48	12.40	12.44			
5	PF5	1	13.32	13.31	13.32	13.32	13.32	9.5	12.81	12.84	12.84	12.83	12.83	13%	0.00882
		2	13.32	13.31	13.32	13.32			12.87	12.81	12.80	12.83			
		3	13.32	13.34	13.33	13.33			12.8	12.85	12.88	12.84			
6	PF6	1	13.05	13.02	13.06	13.04	13.04	9.5	12.46	12.47	12.44	12.46	12.45	17%	0.00385
		2	13.03	13.05	13.04	13.04			12.48	12.45	12.44	12.46			
		3	13.05	13.03	13.02	13.03			12.44	12.43	12.48	12.45			
7	PF7	1	13.13	13.11	13.12	13.12	13.12	9.5	12.51	12.56	12.53	12.53	12.54	16%	0.00333
		2	13.11	13.13	13.12	13.12			12.55	12.54	12.53	12.54			
		3	13.13	13.11	13.13	13.12			12.55	12.54	12.52	12.54			
8	PF8	1	13.18	13.16	13.15	13.16	13.16	9.5	12.66	12.60	12.61	12.62	12.63	15%	0.00509
		2	13.16	13.15	13.18	13.16			12.65	12.60	12.65	12.63			
		3	13.18	13.17	13.15	13.17			12.63	12.62	12.64	12.63			
9	PF9	1	13.22	13.21	13.2	13.21	13.21	9.5	12.50	12.54	12.55	12.53	12.53	18%	0.00577
		2	13.20	13.21	13.22	13.21			12.55	12.54	12.50	12.53			
		3	13.22	13.21	13.22	13.22			12.53	12.55	12.54	12.54			
10	PF10	1	13.36	13.37	13.35	13.36	13.35	9.5	12.70	12.74	12.73	12.72	12.75	16%	0.02028
		2	13.36	13.37	13.37	13.37			12.78	12.74	12.76	12.76			
		3	13.35	13.30	13.36	13.34			12.78	12.73	12.76	12.76			
11	PF11	1	12.90	12.90	12.92	12.91	12.92	9.5	12.35	12.38	12.34	12.36	12.34	17%	0.01678
		2	12.94	12.92	12.90	12.92			12.35	12.35	12.33	12.34			
		3	12.94	12.95	12.90	12.93			12.33	12.33	12.31	12.32			
12	PF12	1	13.01	13.05	13.06	13.04	13.03	9.5	12.47	12.46	12.48	12.47	12.46	16%	0.01644
		2	13.03	13.02	13.01	13.02			12.43	12.42	12.47	12.44			
		3	13.06	13.05	13.02	13.04			12.47	12.45	12.48	12.47			
13	PF13	1	13.15	13.10	13.10	13.12	13.12	9.5	12.52	12.53	12.54	12.53	12.54	16%	0.00509
		2	13.10	13.13	13.13	13.12			12.54	12.52	12.55	12.54			
		3	13.10	13.11	13.15	13.12			12.53	12.54	12.55	12.54			
14	PF14	1	13.20	13.18	13.20	13.19	13.19	9.5	12.44	12.42	12.43	12.43	12.43	21%	0.00577
		2	13.21	13.19	13.18	13.19			12.45	12.41	12.40	12.42			
		3	13.18	13.19	13.20	13.19			12.41	12.45	12.43	12.43			
15	PF15	1	13.40	13.41	13.40	13.40	13.41	9.5	12.64	12.65	12.65	12.65	12.64	20%	0.01202
		2	13.43	13.41	13.40	13.41			12.61	12.62	12.64	12.62			
		3	13.43	13.40	13.41	13.41			12.63	12.64	12.65	12.64			

Tabel 14. Hasil Uji *Carbon Dispersion*

Sampel	Pengulangan	Hasil (%)	Agglomerate	Level	stdev
PF 1 (RSS 100 ; EPDM 0)	98.84	99.12	0.585	8	0.434051
	98.90				
	99.62				
PF 2(RSS 90 ; EPDM 10)	95.29	95.14	11.115	6	1.755031
	93.31				
	96.81				
PF 3 (RSS 80 ; EPDM 20)	97.22	98.01	8.2	7	0.68486
	98.47				
	98.33				
PF 4 (RSS 70 ; EPDM 30)	87.33	88.77	27.435	5	3.06177
	92.29				
	86.70				
PF 5 (RSS 0 ; EPDM 100)	98.55	98.01	14.635	7	0.973156
	96.89				
	98.60				
PF 6 (RSS 100 ; EPDM 0)	94.51	93.75	23.615	6	3.738395
	97.05				
	89.69				
PF 7 (RSS 90 ; EPDM 10)	93.99	97.26	10.065	7	2.836706
	98.73				
	99.06				
PF 8 (RSS 80 ; EPDM 20)	95.31	92.66	24.785	6	3.288297
	93.69				
	88.98				
PF 9 (RSS 70 ; EPDM 30)	84.65	86.80	22.4	5	2.407703
	86.34				
	89.40				
PF 10 (RSS 0 ; EPDM 100)	96.52	96.45	5.665	7	1.536197
	94.88				
	97.95				
PF 11 (RSS 100 ; EPDM 0)	84.47	86.49	15.715	4	2.07206
	86.38				
	88.61				
PF 12 (RSS 90 ; EPDM 10)	98.03	80.39	39.85	4	16.17323
	76.88				
	66.26				
PF 13 (RSS 80 ; EPDM 20)	64.80	69.41	63.935	2	8.292704
	78.98				
	64.44				
PF 14 (RSS 70 ; EPDM 30)	87.3	81.44	51.9	4	9.499242
	86.54				
	70.48				
PF 15 (RSS 0 ; EPDM 100)	76.34	67.05	88.15	2	8.174112
	63.85				
	60.96				