TUGAS AKHIR – TL184834

REVIEW ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN ADITIF (ALUMINIUM OKSIDA DAN BISMUTH OKSIDA) TERHADAP SIFAT MEKANIK HIGH DENSITY POLYETHYLENE UNTUK APLIKASI DOCTOR BLADE

HANGGAYU ALY SABTIADI
NRP. 02511640000099

Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR − TL 184834

REVIEW ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN ADITIF (ALUMINIUM OKSIDA DAN BISMUTH OKSIDA) TERHADAP SIFAT MEKANIK HIGH DENSITY POLYETHYLENE UNTUK APLIKASI DOCTOR BLADE

HANGGAYU ALY SABTIADI
NRP. 02511640000099

Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

FINAL PROJECT – TL 184834

REVIEW ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITION OF ADDITIVES (ALUMINUM OXIDE AND BISMUTH OXIDE) TOWARDS MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE FOR DOCTOR BLADE APPLICATIONS

HANGGAYU ALY SABTIADI
NRP. 02511640000099

Supervisor
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc.

MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(*This page is intentionally left blank*)

REVIEW ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN ADITIF (ALUMINIUM OKSIDA DAN BISMUTH OKSIDA) TERHADAP SIFAT MEKANIK HIGH DENSITY POLYETHYLENE UNTUK APLIKASI DOCTOR BLADE

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekaya Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
HANGGAYU ALY SABTIADI
NRP 02511640000099

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D. .....(Pembimbing I)
2. Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc. .....(Pembimbing II)

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

SURABAYA
Juli 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

REVIEW ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN ADITIF (ALUMINIUM OKSIDA DAN BISMUTH OKSIDA) TERHADAP SIFAT MEKANIK HIGH DENSITY POLYETHYLENE UNTUK APLIKASI DOCTOR BLADE

Nama	**: Hanggayu Aly Sabtiadi**
NRP	**: 02511640000099**
Departemen	**: Teknik Material dan Metalurgi**
Pembimbing I	**: Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.**
Pembimbing II	**: Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc**

Abstrak

Seiring dengan semakin berkembangnya industri kertas baik itu di segmen pulp ataupun paper, semakin banyak pula permintaan akan kebutuhan penunjang produksi. Kebutuhan sangat banyak terutama pada consumable part. Doctor Blade merupakan salah satu consumable part yang ada dan selalu digunakan oleh industri kertas. Diperlukan sifat khusus dari material HDPE Doctor Blade, yaitu sifat ketahanan aus yang baik, karena pada pengaplikasiannya, benda ini akan secara terus menerus mendapatkan beban gesek. Sifat dari Al_2O_3 *yang memiliki daya tahan yang baik terhadap abrasi, dapat bekerja di medan kerja yang memilki temperature tinggi, dan keras serta* Bi_2O_3 *juga diharapkan dapat menjadi solusi. Dikarenakan* Bi_2O_3 *ini adalah material keramik dengan tingkat kekerasan dan densitas cukup tinggi. Dari beberapa sumber, yang kemudian diolah dalam bentuk paper review, didapatkan hasil bahwa kedua jenis material tersebut dapat memberikan dampak yang baik terhadap sifat dari HDPE. Kekerasan yang ditimbulkan akibat pencampuran bahan aditih tersebut merupakan sebuah cerminan dari ketahanan aus. Kenaikan nilai kekerasan sejalan dengan kenaikan nilai dari ketahanan aus material HDPE, dan diharapkan dapat menjadi referensi material untuk manufaktur HDPE Doctor Blade.*

Kata Kunci: ***Doctor Blade, HDPE, Alumina, Bismuth Oksida***

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

REVIEW ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITION OF ADDITIVES (ALUMINUM OXIDE AND BISMUTH OXIDE) TOWARDS MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE FOR DOCTOR BLADE APPLICATIONS

Student Name : Hanggayu Aly Sabtiadi
NRP : 02511640000099
Department : Material and Metallurgical Engineering
Supervisor : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.
Co-Supervisor : Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc

Abstract

In line with the development of the paper industry, both in the pulp and paper segment, there is also a growing demand for production support needs. The need is very much, especially in consumable parts. Doctor Blade is one of the consumable parts that exist and is always used by the paper industry. It takes special properties of HDPE Doctor Blade material, namely good wear resistance properties, because in its application, this object will continuously get frictional loads. The properties of Al_2O_3 *which have good resistance to abrasion, can work in work fields that have high temperatures, and are hard and* Bi_2O_3 *are also expected to be a solution. Because* Bi_2O_3 *is a ceramic material with a high enough hardness and density. From several sources, which were then processed in the form of a paper review, it was found that the two types of materials could have a good impact on the properties of HDPE. The hardness caused by the mixing of the additives is a reflection of wear resistance. The increase in the value of hardness is in line with the increase in the value of wear resistance of HDPE material, and is expected to become a reference material for manufacturing HDPE Doctor Blade.*

Keywords: ***Doctor Blade, HDPE, Alumina, Bismuth Oxide***

(*This page is intentionally left blank*)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "REVIEW ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN ADITIF (ALUMINIUM OKSIDA DAN BISMUTH OKSIDA) TERHADAP SIFAT MEKANIK HIGH DENSITY POLYETHYLENE UNTUK APLIKASI DOCTOR BLADE". Laporan ini disusun dan diajukan untuk dapat memenuhi sebagian persyaratan studi di Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis juga menyampaikan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dari awal pelaksanaan tugas akhir hingga selesainya penyusunan laporan tugas akhir ini, diantaranya:

1. Allah SWT yang telah memberi kelancaran dalam proses mengerjakan Tugas Akhir hingga penyususnan laporan.
2. Rasulullah SAW yang selalu memberikan kasih sayang dan tuntunannya untuk senantiasa beribadah kepada Allah SWT.
3. Kedua Orang Tua dan adik saya yang selalu memberikan dukungan dan doa yang tidak pernah berhenti.
4. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Material dan Metalurgi sekaligus selaku dosen pembimbing 1 saya yang telah membimbing serta selalu sabar dalam menuntun dan menghadapi penulis.
5. Bapak Fakhreza Abdul, S.T., M.T. selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberi arahan serta nasihat dalam segala kegiatan perkuliahan.
6. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T, M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 saya yang selalu memberikan arahan, serta menjaga koridor tugas akhir saya supaya tepat sasaran.

7. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dan membantu kelancaran proses tugas akhir.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Dengan kerendahan hati, semua saran dan kritik yang dapat membangun sangat penulis harapkan. Demikian semoga laporan ini dapat memberikan informasi dan bermanfaat bagi pembaca

Surabaya, 20 Juli 2020
Penulis

Hanggayu Aly Sabtiadi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **v**
ABSTRAK ..... **vii**
ABSTRACT ..... **ix**
KATA PENGANTAR ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**
DAFTAR TABEL ..... **xvii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penulisan 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Doctor Blade 5
2.2 High Density Polyethylene 7
2.3 Komposit 10
2.4 Aditif 12
2.4.1 Alumunium Oxide (Al_2O_3) 13
2.4.2 Bismuth Oxide (Bi_2O_3) 17
2.5 Metode Pembuatan 18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **21**
3.1 Diagram Alir 21
3.2 Bahan dan Metode 22
3.3 Proses Pengujian 24
3.3.1 Pengujian Tarik 24
3.3.2 Pengujian Densitas 26
3.3.3 Pengujian Kekerasan 27
3.3.4 Pengujian Keausan 27
3.4 Ruang Lingkup Pembahasan 28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **31**
4.1 Analisis Data 31

4.1.1 Kekuatan Tarik 31
4.1.2 Kekerasan 35
4.1.3 Densitas 37
4.1.4 Nilai Laju Keausan 40
4.2 Pembahasan..... 45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 49
5.1 Kesimpulan 49
5.2 Saran 49
DAFTAR PUSTAKA 51
LAMPIRAN 55
UCAPAN TERIMA KASIH 67
BIODATA PENULIS 69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Doctor blade logam 5
Gambar 2.2 Doctor blade komposit serat karbon 6
Gambar 2.3 Aplikasi Doctor Blade 6
Gambar 2.4 HDPE Doctor Blade.....7
Gambar 2.5 Struktur Kimia Polietilena Murni 8
Gambar 2.6 Serbuk HDPE.....9
Gambar 2.7 Struktur Rantai Polietiena HDPE 10
Gambar 2.8 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks 11
Gambar 2.9 Struktur kristal mineral korondum alumina 13
Gambar 2.10 Proses Bayer.....14
Gambar 2.12 Serbuk Alumina 15
Gambar 2.11 Transformasi Fasa Alumina.....15
Gambar 2.13 Serbuk Bismuth Oksida 17
Gambar 2.14 Metode Pencetakan Ekstrusi 19
Gambar 3.1 Diagram alir penilitian 21
Gambar 3.2 Dimensi spesimen ASTM D638-63 ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3.3 Ukuran spesimen pengujian densitas 26
Gambar 3.4 Skema uji keausan metode Ogoshi 27
Gambar 4.1 Perbandingan hasil pengujian tarik 33
Gambar 4.2 Perbandingan nilai kekerasan.....37
Gambar 4.3 Perbandingan nilai densitas.....39
Gambar 4.4 Perbandingan nilai laju keausan.....42

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Mekanik HDPE 9
Tabel 3.1 Pengaruh penambahan Al_2O_3 terhadap sifat mekanik HDPE 22
Tabel 3.1 Pengaruh penambahan Al_2O_3 terhadap sifat mekanik HDPE 22
Tabel 3.2 Pengaruh penambahan Bi_2O_3 terhadap sifat mekanik HDPE 24
Tabel 3.3 Dimensi specimen uji tarik 25
Tabel 3.4 Tabel ruang lingkup pembahasan 28
Tabel 4.1 Hasil uji tarik penelitian Muharrami.....31
Tabel 4.2 Nilai uji tarik penelitian Nischa**l**.....32
Tabel 4.3 Nilai uji tarik penelitian Olga 32
Tabel 4.4 Nilai uji tarik penelitian Sheela 33
Tabel 4.5 Nilai uji kekerasan penelitian Nabhan.....35
Tabel 4.6 Nilai uji kekerasan penelitian Dr Rahman.....35
Tabel 4.7 Nilai uji kekerasan penelitian Shektar 36
Tabel 4.8 Nilai uji kekerasan penelitian Sau'de 36
Tabel 4.9 Nilai uji densitas penelitian Yousuf.....38
Tabel 4.10 Nilai uji densitas penelitian Dr Rahman.....38
Tabel 4.11 Nilai uji densitas penelitian Shekthar 39
Tabel 4.12 Nilai uji laju keausan penelitian Yousuf.....40
Tabel 4.13 Nilai uji laju keausan penelitian Nabhan 41
Tabel 4.14 Nilai uji laju keausan penelitian Bodhka 41
Tabel 4.15 Perbandingan pengaruh penambahan Al_2O_3 terhadap sifat mekanik HDPE 46
Tabel 4.16 Perbandingan pengaruh penambahan Bi_2O_3 terhadap sifat mekanik HDPE 47
Tabel 4.17 Persentase rata – rata perubahan nilai sifat mekanik 48

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri percetakan selalu melakukan inovasi. Persaingan yang semakin ketat memaksa para pelaku industri percetakan untuk melakukan suatu hal yang baru dan orisinil untuk dapat menggapai pasar secara lebih luas. Tidak terkecuali pada proses produksi. Salah satu komponen terpenting pada proses industri percetakan adalah *doctor blade. Doctor blade* merupakan sebuah pisau yang memiliki beberapa fungsi antara lain untuk membersihkan sisa – sisa kertas yang menempel pada silinder *roll* pada *milling machine,* dan juga untuk membersihkan tinta pada permukaan kertas cetak. Pada dasarnya, *doctor blade* dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan material dasar penyusunnya, yaitu *Metal Doctor Blade, Polymer Doctor Blade,* dan *Composite Fiber Doctor Blade.* Ketiga jenis tersbut memiliki penerapan yang berbeda – beda sesuai dengan beban kerja. Sampai akhir 1950-an, semua *doctor blade* memiliki material dasar dari jenis logam (D. Arun, 2018).

Membutuhkan waktu bertahun-tahun bagi material polimer ini untuk bisa digunakan menjadi material *doctor blade* karena aplikasinya memakan biaya yang dinilai relatif tinggi pada awal – awal percobaan dibandingkan dengan logam. Tetapi dengan semakin berkembangnya resin, lalu penemuan jenis – jenis resin baru, dan ditemukannya *binders* / pengikat, keuntungan berupa semakin berkurangnya *roll wear* dan *runnability* yang baik pada *milling machine* mulai terlihat dan material ini mulai digunakan secara massal (S. Aravind, 2018).

Dari awal 1980-an, mesin kertas menjadi jauh lebih cepat, inovasi silinder roll dengan material dasar polimer atau disebut *soft rolls,* mulai digunakan di industri. *Soft rolls* sangat mudah terlukai atau tergores karena gesekan baik oleh pisau metal maupun pisau komposit. Setelah dilakukan riset, ditemukan *Hard Density Polyethylene* (HDPE*)* material dasar baru untuk *Doctor Blade.*

HDPE *Doctor Blade* merupakan jenis pisau yang paling baik digunakan untuk *soft rolls*, meskipun jenis *doctor blade* ini juga memiliki kelemahan berupa terperangkapnya partikel abrasif yang dapat menggores penutup *soft rolls.* Namun, sifat mekanik dari HDPE masih bisa dikembangkan sehingga dapat memaksimalkan kinerja dari *doctor blade* (S. Ashok, 2018).

Untuk mendapatkan *doctor blade* dengan spesifikasi tertenu, dan dengan sifat mekanik yang lebih baik, diperlukan material aditif yang dapat meningkatkan nilai sifat mekanik dari HDPE. Nilai laju keausan HDPE masih cenderung tinggi, maka diperlukan bahan aditif yang memiliki karakteristik keras supaya nilai laju keausan dapat ditekan sehingga material yang dihasilkan dapat memiliki property mekanik yang lebih baik. Bahan keramik diharapkan dapat mengisi kebutuhan dari pengembangan sifat mekanik HDPE, bahan seperti Al_2O_3 dan Bi_2O_3 merupakan salah dua jenis dari material keramik yang dapat digunakan sebagai bahan aditif komposit berbasis HDPE.

Sifat dari Al_2O_3 yang memiliki daya tahan yang baik terhadap abrasi, dapat bekerja di medan kerja yang memilki temperature tinggi, dan keras, diharapkan dapat membuat kualitas dan kinerja dari HDPE *Doctor Blade* ini menjadi lebih maksimal (D. Dixit, 2016). Sedangkan, untuk mengurangi elektrostatik yang timbul karena gesekan antara *doctor blade* dengan permukaan silinder *roll*, penambahan Bi_2O_3 diharapkan dapat menjadi solusi. Dikarenakan Bi_2O_3 ini adalah material logam semikonduktor dan memiliki sifat dielektrik serta menjadi material kedua setelah raksa yang memiliki konduktivitas termal terendah (Cucka P, 1962).

Disisi lain, semua konsumen *Doctor Blade* ini masih mengandalkan barang impor, belum ada produsen lokal yang memproduksi *Doctor Blade* berbahan dasar plastik/polimer. Pada penelitian ini, diharapkan bisa didapatkan hasil yang dapat digunakan sebagai modal awal produksi secara massal. Peluang tersebut harus sangat dimaksimalkan karena banyaknya kebutuhan, dan supply yang terbatas, jelas menjadi sebuah peluang yang baik dari segi komersil. Terlebih isu lapangan kerja yang tumbuh

dengan lambat tidak segera terselesaikan, peluang Indoneisa menjadi negara yang berdikari masih sangat terbuka lebar, tinggal bagaimana generasi – generasi penerus yang berkompeten ini tergerak untuk secara bersama – sama membangun Negeri.

Dari penjelasan diatas, diharapkan penelitian ini dapat mendapatkan hasil berupa komposisi material penyusun HDPE *Doctor Blade*, serta pengaruh penambahan zat – zat aditif yaitu *alumunium oxide* dan juga *bismuth oxide* terhadap sifat mekanik HDPE *Doctor Blade.*

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada *paper review* ini adalah :

Bagaimana pengaruh penambahan variasi zat aditif *Alumunium Oxide* (Al_2O_3) dan juga *Bismuth Oxide* (Bi_2O_3) terhadap sifat mekanik *High Density Polyethylene*

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada *paper review* ini adalah :

1. Material aditif yang dibahas dalam *paper review* ini hanya fokus pada aluminium oksida dan bismuth oksida.
2. *Paper review* ini tidak membahas proses sintesis material uji serta pengaruh bahan tambahan yang digunakan pada setiap referensi secara detail.
3. *Paper review* ini tidak membahas hasil karakteristik sifat fisik material.
4. *Paper review* ini tidak membahas mengenai perbedaan metode pengujian yang dilakukan pada setiap referensi.

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan pada *paper review ini* antara lain :

Menganalisis pengaruh penambahan variasi zat aditif *Alumunium Oxide* (Al_2O_3) dan juga *Bismuth Oxide* (Bi_2O_3) terhadap sifat mekanik *High Density Polyethylene*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari *paper review* ini adalah untuk dapat mengetahui pengaruh yang diberikan oleh penambahan bahan – bahan aditif yaitu aluminium oksida dan bismuth oksida terhadap sifat mekanik komposit berbahan dasar HDPE untuk aplikasi *doctor blade*.

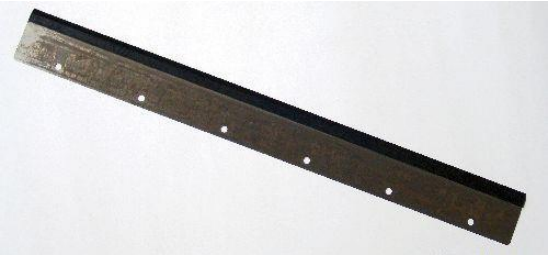
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Doctor Blade

Doctor Blade merupakan salah satu komponen terpenting dalam industri percetakan. *Doctor Blade* digunakan untuk membersihkan permukaan silinder roll setelah bersentuhan langsung dengan material produksi yang baru dicetak, contohnya pada saat produksi kertas, *doctor blade* ini akan membersihkan sisa – sisa material (bubur kertas) yang melekat pada dinding silinder. Selain untuk membersihkan sisa – sisa material. *Doctor Blade* berfungsi untuk menghilangkan tinta (*ink removal*) pada silinder printing pada saat proses cetak sedang berlangsung. Proses ini sangat penting untuk memastikan agar sebaran tinta (*ink dispersion*) tetap merata pada seluruh permukaan cetak (*printing film*), sehingga kualitas cetak (warna dan gradasi) untuk setiap bagian film sesuai dengan yang diinginkan (D.Arun Raj, 2018).

Hanya ada tiga jenis dasar pisau dokter:

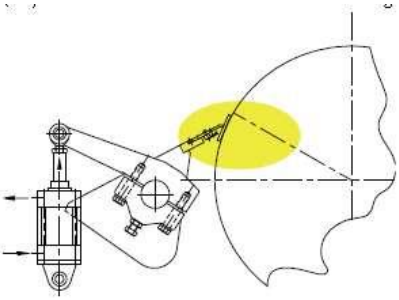
1. Logam (baja, stainless, perunggu, dan pelapis termal termal , yaitu keramik dan karbida pisau logam)
2. Plastik (*polyethylene*)
3. Komposit (struktur laminasi resin yang termasuk bahan pengikat)



Gambar 2.1 Doctor blade logam (S. Ashook, 2018)

Gambar 2.2 Doctor blade komposit serat karbon (S. Ashook, 2018)

Pada akhir 1950-an resin fenol formaldehida, yang biasa disebut *bakelite*, mulai digunakan sebagai material dasar untuk *doctor blade.* Membutuhkan waktu bertahun-tahun bagi material ini untuk bisa digunakan menjadi material *doctor blade* karena aplikasinya memakan biaya yang dinilai relatif tinggi pada awal – awal percobaan dibandingkan dengan logam. Tetapi dengan semakin berkembangnya resin, lalu penemuan jenis – jenis resin baru, dan ditemukannya *binders* / pengikat, keuntungan berupa semakin berkurangnya *roll wear* dan *runnability* yang baik pada *milling machine* mulai terlihat dan material ini mulai digunakan secara massal (D.Arun Raj, 2018). Dari data yang didapatkan dari salah satu perusahaan di bidang industri kertas, HDPE *doctor blade* memiliki nilai keausan sebesar 0,01 – 0,015 mm^3/Nm.



Gambar 2.3 Aplikasi Doctor Blade (D. Arun Raj, 2018)

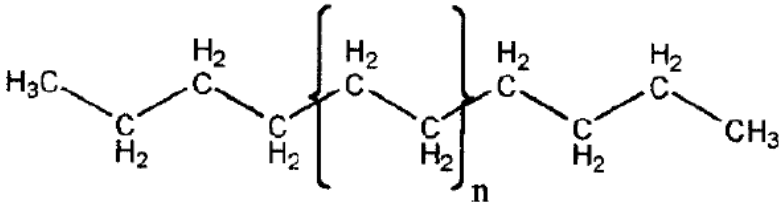
2.2 High Density Polyethylene

Dari awal 1980-an, mesin kertas menjadi jauh lebih cepat, inovasi silinder roll dengan material dasar polimer atau disebut *soft rolls*, mulai digunakan di industri. *Soft rolls* sangat mudah terlukai atau tergores karena gesekan baik oleh pisau metal maupun pisau komposit. Setelah dilakukan riset, ditemukan *Hard Density Polyethylene (* HDPE *)* material dasar baru untuk *Doctor Blade.* HDPE *Doctor Blade* merupakan jenis pisau yang paling baik digunakan untuk *soft rolls*, meskipun jenis *doctor blade* ini juga memiliki kelemahan berupa terperangkapnya partikel abrasif yang dapat menggores penutup *soft rolls* (S. Ashook, 2018). Pada awal 1990-an, didapatkan data bahwa *Composite Doctor Blade* bahkan dapat merusak permukaan *soft rolls*, dan hanya HDPE *Doctor Blade* yang dapat diaplikasikan pada penggunaan *soft rolls.* HDPE *Doctor Blade* ini biasanya berukuran 0.5 – 0.6 cm (5 – 6 mm) (T. Athiprabhakaran, 2018).

Gambar 2.4 HDPE Doctor Blade (S. Ashook, 2018)

Seperti yang tertera pada namanya, HDPE *Doctor Blade* menggunakan *High Density Polyethylene* sebagai material dasar penyusunnya. HDPE *(High Density Polietilen)* adalah polimer termoplastik linear yang dibuat dari monomer etilen dengan proses katalitik. HDPE adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Membutuhkan 1,75 kg minyak bumi (sebagai energi dan bahan baku) untuk membuat 1 kg HDPE. HDPE dikenal dengan rasio kekuatan terhadap kepadatannya yang

tinggi (Thermoforming HDPE, 2012). Kerapatan HDPE berkisar antara 930 hingga 970 kg/m^3 (Typical Properties of Polyethylene, 2011). HDPE dapat didaur ulang, dan memiliki nomor 2 pada simbol daur ulang. Pada tahun 2007, volume produksi HDPE mencapai 30 ton. Berat jenis produk ini adalah sebesar 0,94 hingga 0,96, sangat keras dan kuat, itu disebut polietilena densitas tinggi. Metode tekanan sedang dipolimerisasikan pada 20 – 70 atm, 100 - 200°C, produk yang diperoleh adalah densitas tinggi (S. Ashook, 2018).



Gambar 2.5 Struktur Kimia Polietilena Murni (Nakason, 2006)

HDPE memiliki percabangan yang sangat sedikit, hal ini dikarenakan pemilihan jenis katalis dalam produksinya (katalis Ziegler-Natta) dan kondisi reaksi. Karena percabangan yang sedikit, HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi (120 ^{o}C) serta menghasilkan struktur yang lebih terjejal dengan densitas yang lebih tinggi dan mempunyai ketahanan kimia yang lebih tinggi dari *LDPE*. HDPE sangat tahan terhadap bahan kimia sehingga memiliki aplikasi yang luas, diantaranya:

1. Kemasan kebutuhan sehari - hari
2. Tanki bahan bakar
3. Kayu plastik
4. Meja lipat
5. Kantong plastik

HDPE disintesis pertama kali oleh Imperial Chemical Industries (Inggris) pada tahun 1933 dengan proses tekanan yang tinggi.

Gambar 2.6 Serbuk HDPE (Thermoforming HDPE, 2012)

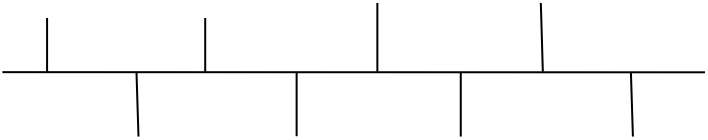
Seiring dengan waktu, proses pembuatan polietilen akhirnya dapat dilakukan dengan tekanan sedikit diatas tekanan atmosfer/udara luar tetapi menggunakan inisiator senyawa organo logam "Ziegler Natta".

Tabel 2.1 Sifat Mekanik HDPE (Sitepu I. W., 2009)

Parameter	Keterangan
Rumus Molekul	$(C_2H_4)n$
Titik Leleh	100ºC – 135ºC
Densitas	0,95 g/cm^3
Kekuatan Tarik	25 MPa
Perpanjangan	15 – 100%
Modulus Elastasitas	4 – 10 MPa
Kekuatan Tekan	22 MPa
Kekuatan Lentur	7 MPa

Banyak yang memilih HDPE dalam penelitian karena mempunyai kelebihan dibandingkan dengan LDPE. Kebanyakan aplikasi HDPE dipadukan dengan zat bahan pengisi yang diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat HDPE. Bahan aditf

tersebut berupa zat-zat dengan berat molekul rendah yang dapat berfungsi sebagai pewarna, bahan pengisi (filler), antioksidan, penyerap sinar ultraviolet, anti lekat dan masih banyak lagi. (Laila K M, 2013).



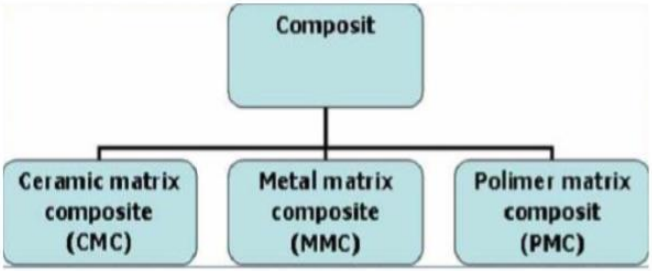
Gambar 2.7 Struktur Rantai Polietiena HDPE (Curlee, 1991)

2.3 Komposit

Komposit didefinisikan sebagai suatu material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda yang dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik. Material campuran tersebut akan menghasilkan material yang baru yang memiliki sifat unggul dari material pembentuknya (Sulistijono, 2012).

Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu

1. Komposit Partikel, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu yang berbentuk partikel, fiber pendek atau whiskers.
2. Komposit Serat, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan memiliki penguat berbentuk serat/fiber
3. Komposit Laminat, yaitu komposit yang terdiri dari beberapa lapisan lamina berpenguat fiber atau lamina berpenguat partikel atau lamina logam atau kombinasi darilamina-lamina dengan material yang berbeda dimana lapisan saling terikat.
4. Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu bisa dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks (Callister, 2010).

a. MMC : Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang menggunakan matriks logam
b. CMC : Ceramic Matriks Composite adalah material dua fasa degan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matrisknya terbuat dari keramik.
c. PMC : Polymer Matriks Composite merupakan komposit yang menggunakan polimer sebagai matriksnya. Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan.

Dalam merancang material komposit, para ilmuwan dan insinyur telah cerdik mengombinasikan berbagai logam, keramik, dan polimer untuk menghasilkan material generasi baru yang luar biasa. Kebanyakan komposit telah diciptakan untuk meningkatkan kombinasikarakteristis mekanis seperti kekakuan dan ketangguhan. Banyak material komposit terdiri dari hanya dua fase; salah atu yang disebut matriks, yang kontinyu dan mengelilingi fase lainnya, sering disebut fase terdispersi. Sifat-sifat komposit merupakan fungsi dari sifat-sifat fase konstituen, jumlah relatifnya, dan geometri dari fase terdispersi (Callister dan Rethwisch, 2010). Keuntungan dari komposit ada banyak,

termasuk massa yang lebih ringan, kemampuan untuk mendapatkan kekuatan dan kekakuan optimal, meningkatkan *fatigue life*, ketahanan korosi, dan dengan desain yang bagus, biaya perakitan berkurang karena bagian detil lebih sedikit.

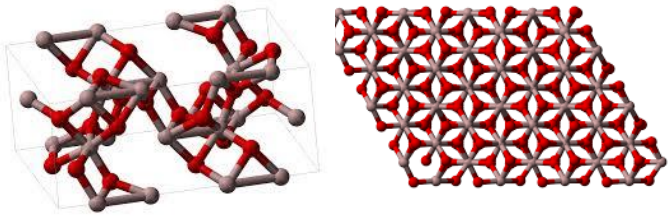
Kekurangan dari komposit meliputi: biaya bahan bakunya yang tinggi, dan komposit biasanya membutuhkan biaya fabrikasi dan perakitan yang tinggi; komposit dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban; komposit juga lemah dalam matriks menerima beban primer pada arah yang tidak merata dan tidak boleh digunakan di mana arah beban yang kompleks; komposit juga rentan terhadap dampak kerusakan dan delaminasi atau pemisahan lapisan yang dapat terjadi; dan komposit lebih sulit untuk diperbaiki dibandingkan dengan struktur logam (Rethwisch, 2010).

2.4 Aditif

Aditif merupakan komponen esensial yang ditambahkan pada polimer untuk memodifikasi karakteristik polimer, kekuatan polimer dan ketahanan polimer. Penggunaan aditif dalam modifiksi polimer telah memberikan peranan penting bagi dunia polimer (Pfaender, 2006). Aditif polimer diklasifikasikan dalam berbagai kelas diantaranya adalah aditif penguat dan bahan pengisi (filler). Aditif penguat berfungsi untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan polimer serta meningkatkan modulus dan kekerasan polimer. Tingkat kekuatan mekanik dari polimer disesuaikan pada aplikasi polimer tersebut. Bahan pengisi dapat dianggap sebagai bahan pengisi struktur polimer atau aditif polimer yang tidak bersambung (Xanthos, 2005). Penambahan aditif paling efektif sebesar 5% terbukti dapat menambah sifat mekanik dari HDPE (Laila, 2013). Bahan pengisi merupakan aditif yang mempunyai fasa padat yang masuk dalam matrik polimer (Harper, 2002). Fungsi utama bahan pengisi adalah untuk mengurangi biaya produksi polimer, mempercepat proses molding dan meningkatkan koduktivitas termal polimer. Bahan pengisi juga berfungsi untuk meningkatkan nilai modulus dan kekuatan polimer (Xanthos, 2005).

2.4.1 Alumunium Oxide (Al_2O_3)

Aluminium oksida (alumina) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia Al_2O_3. Alumunium oksida adalah oksida tahan api dengan biaya rendah, kekerasan superior, dan ketahanan tinggi terhadap oksidasi dan korosi pada temperature tinggi (Advances in Ceramic Matrix Composites, 2014).



Gambar 2.9 Struktur kristal mineral korondum alumina (Hudson, et. al., 2002).

Alumunimum oksida memiliki sifat mekanik yang sangat baik. Penambahan senyawa ini dapat memberikan *impact* strength, ketahanan terhadap bahan kimia serta ketahanan abrasi yang baik terhadap material yang ditambahkan (D.Dixit, 2016). Secara alami, alumina terdiri dari mineral korondum, dan memiiki bentuk kristal seperti ditunjukkan pada Gambar 2.19.

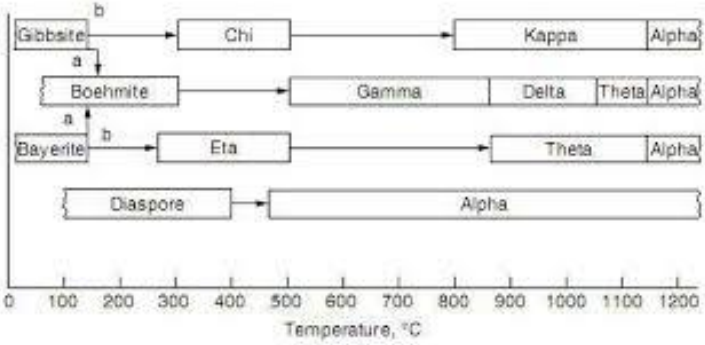
Aluminium oksida atau biasa disebut alumina ini pada dasarnya merupakan hasil pemurnian dari bijih bauksit. auksit merupakan bijih utama pembentuk aluminium dimana komposisinya berupa senyawa oksida dari aluminium yaitu Al2O3 dan Al(OH)3. Selain aluminium, juga terdapat senyawa lain seperti Fe2O3, SiO2, dan TiO2. Di Indonesia, bauksit banyak terdapat di Pulau Bintan dan Kalimantan Barat (Aziz, 2010). Bauksit dapat menghasilkan alumina melalui berbagai macam proses. Proses pengolahan alumina yang terakhir ditemukan dan masih digunakan hingga sekarang yaitu Proses Bayer. Proses Bayer merupakan suatu proses pemurnian bijih bauksit untuk menghasilkan aluminium dalam bentuk oksidanya atau yang disebut alumina. Tahap-tahap pada proses Bayer ini meliputi ekstraksi, presipitasi,

dan kalsinasi. Proses Bayer ini menggunakan larutan NaOH untuk membantu proses pemurnian alumina. Alumina ini kemudian akan diproses secara lebih lanjut untuk menghasilkan aluminium murni dengan menggunakan metode *Hall-Heroult process* (Handoko, 2009).

Gambar 2.10 Proses Bayer (Devi, 2016)

Bahan dasar bijih bauksit dihaluskan dan dicampurkan dengan NaOH dengan tujuan untuk mengikat SiO_2 yang terdapat pada bijih bauksit. Pemanasan dilakukan selama 90 menit agar unsur SiO_2 pada bauksit dapat terbuang.Pengendapan dilakukan agar kandungan Fe_2O_3 pada larutan suspense dapat mengendap, selanjutnya dilakukan penyaringan untuk membuang Fe_2O_3 yang terdapat pada larutan. Proses evaporasi merupakan pemanasan kembali larutan pada suhu 200°C kemudian ditambahkan larutan HCl untuk menurunkan pH sampel. Penurunan pH dilihat secara kuantitatif, dimana sampel berubah warna menjadi cairan putih kemerahan. Sampel dicuci menggunakan aqudest kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kandungan garam dalam sampel sampai menjadi padatan AlOOH. AlOOH merupakan senyawa yang terdiri dari Al_2O_3 dan H2O. Senyawa AlOOH inilah yang nantinya akan diproses ke dalam proses solgel untuk mendapatkan nanopartikel Al_2O_3 (Devi, 2016).

Gambar 2.11 Serbuk Alumina (Advances in Ceramic Matrix Composites, 2014)



Gambar 2.12 Transformasi Fasa Alumina (Kumar, 2014)

Senyawa ini termasuk dalam kelompok material aplikasi karena memiliki sifat – sifat yang sangat mendukung pemanfaatannya dalam beragam peruntukan. Senyawa ini diketahui merupakan insulator listrik yang baik, sehingga digunakan secara luas sebagai bahan isolator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar (Xu, et al., 1994). Alumina

juga dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai adsorben (Ghababazade, et al., 2007). Sifat lain dari alumina yang sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi (Mirjalili, et. al., 2011) dan titik lebur yang tinggi, yakni mencapai 2053- 2072℃ v (Budvari, 2001).

Secara umum alumina ditemukan dalam tiga fasa, yang dikenal sebagai γ, β, dan α alumina. Ketiga fasa di atas diketahui memiliki sifat-sifat yang berbeda, sehingga memiliki aplikasi yang khas (unik). Beta alumina (β-Al2O3) memiliki sifat tahan api yang sangat baik sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi keramik seperti pembuatan tungku furnace (Arribart and Vincent, 2001). Alfa alumina (α-Al2O3) mempunyai struktur kristal heksagonal dengan parameter kisi a = 4, 7588 dan c = 12, 9910 nm. Alfa alumina banyak digunakan sebagai salah satu bahan refraktori dari kelompok oksida, karena bahan tersebut mempunyai sifat fisik, mekanik dan termal yang sangat baik (Mirjalili, et al., 2011). Fasa paling stabil dari alumina adalah fasa Alfa alumina (α-Al2O3), dalam proses perlakuan termal α-Al2O3 diperoleh melalui transformasi fasa yang diawali dari Boehmite AlO(OH) yaitu: Secara lebih jelas transformasi fasa alumina ditunjukkan dalam Gambar 2.11. Alumina merupakan material dengan kekerasan yang tinggi dan tahan terhadap serangan asam. Densitas dari Alumina sebesar 3.95 gr/cam^3. Dan jika mengacu pada produk turunannya yaoti aluminium, maka diperkirakan alumina memiliki kekuatan tarik sebesar 69 Mpa dan kekerasan 100 HRB atau jika dikonversikan menjadi 76.8 Shore D.

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Aluminium Oksida

Sifat Mekanik	Nilai
Densitas	3,95 gr/cm^3
Kekuatan tarik	69 Mpa
Kekerasan	76,8 Shore D

2.4.2 Bismuth Oxide (Bi_2O_3)

Bismuth oxide adalah senyawa bismuth yang paling diperlukan di dalam bidang perindustrian. Senyawa ini juga merupakan titik awal dalam proses atau percobaan kimia yang berkaitan dengan unsur bismuth.

Gambar 2.13 Serbuk Bismuth Oksida (Onac, 2001))

Senyawa ini dapat ditemui secara alami dalam bentuk mineral bismuth (monoklinik) dan sfaerobismoit (tetragonal, jauh lebih langka), tetapi biasanya diperoleh sebagai produk sampingan dari proses peleburan bijih tembaga dan timbal (Patnaik, 2003).

Bismuth oxide merupakan suatu material logam oksida semikonduktor yang telah menarik banyak perhatian karena material ini menunjukkan sifat elektrik yang unggul yaitu permitivitas dielektrik yang tinggi (Leonite, 2001). Karena kunikan karakteristik yang ia miliki ini, bismuth oxide telah dipelajari untuk diterapkan di berbagai macam bidang, seperti *fuel cells, sensor tevhnology, oxide varistors, iocin conductors, functional ceramics* (Wang Y, 2011). Keberadaan bismuth didalam kandungan Bi_2O_3 sangat berpengaruh pada sifat semikonduktor yang dimiliknya. Bismut adalah suatu unsur kimia dalam table periodik yang memiliki nomor atom 83, nerupakan sebuah logam dengan kristal trivalen yang memiliki sifat kimia mirip dengan arsen dan antimon. Dari semua jenis logam, unsur ini paling bersifat diamagnetik dan merupakan unsur kedua setelah raksa yang memiliki konduktivitas termal terendah (Cucka P, 1962

). Pada dasarnya bismuth merupakan material keramik yang identic dengan karakter yang keras dan kaku. Densitas bismuth oksida ada di angka 8.9 g/cm^3, kemudian jika ditinjau dengan produk turunannya yaotu bismuth, maka nilai kekerasan material ini ada di angka 52 HRB atau 62.4 Shore D.

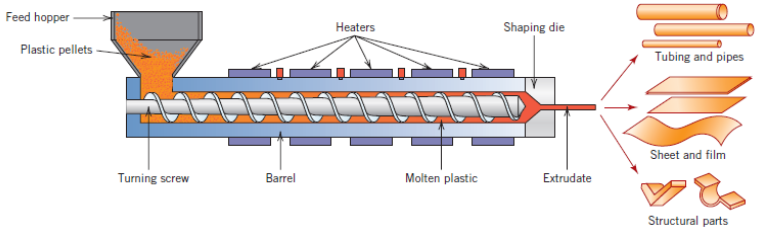
Dari penjelasan diatas, penambahan Bi_2O_3 ini diharapkan dapat memberikan sifat semikonduktor dan dielektrik ke HDPE *Doctor Blade* supaya saat diaplikasikan, tidak terjadi gelombang elektrostatik yang terjadi akibat gesekan *Doctor Blade* dengan *Roll* pada *Milling Machine.*

2.5 Metode Pembuatan

Ada beberapa metode yang digunakan untuk proses manufaktur dari polimer, namun metode yang paling direkomendasikan adalah metode pencetakan ekstruksi. Pencetakan ekstruksi adalah fabrikasi polimer berupa penekanan ke luar cetakan terbuka pada temperature tinggi. Proses ini berupa polimer menerima bebean/gaya geser dan tekan pada temperature tinggi keluar cetakan. Pencetakan ekstruksi terdiri dari beberapa tahap :

a) Tahap 1 berupa penyiapan bahan baku pelet (polimer pelet awal dan aditif)
b) Tahap 2 berupa penimbangan komposisi bahan baku (polimer pelet awal dan aditif)
c) Tahap 3 berupa pemasukan bahan baku ke hopper dan camber (chamber/ruang) silinder
d) Tahap 4 berupa pemanasan dinding silinder/barel oleh pemanas listrik (electric heater), pendinginan barel dan pemanasan cetakan terbuka (die orifice) pada temperatur tinggi. Polimer mengalami pencairan/pelelehan
e) Tahap 5 berupa penekanan menggunakan penekan (ram/plunger) pada tekanan tinggi ke luar cetakan terbuka. Polimer mengalami perubahan menjadi viskos dan mengalir keluar cetakan (ekstrusi) secara kontinu

f) Tahap 6 berupa kecepatan penekanan yang rendah untuk proses pendinginan produk komponen
g) Tahap 7 berupa pendinginan menggunakan peniup udara, siraman air dan bak air

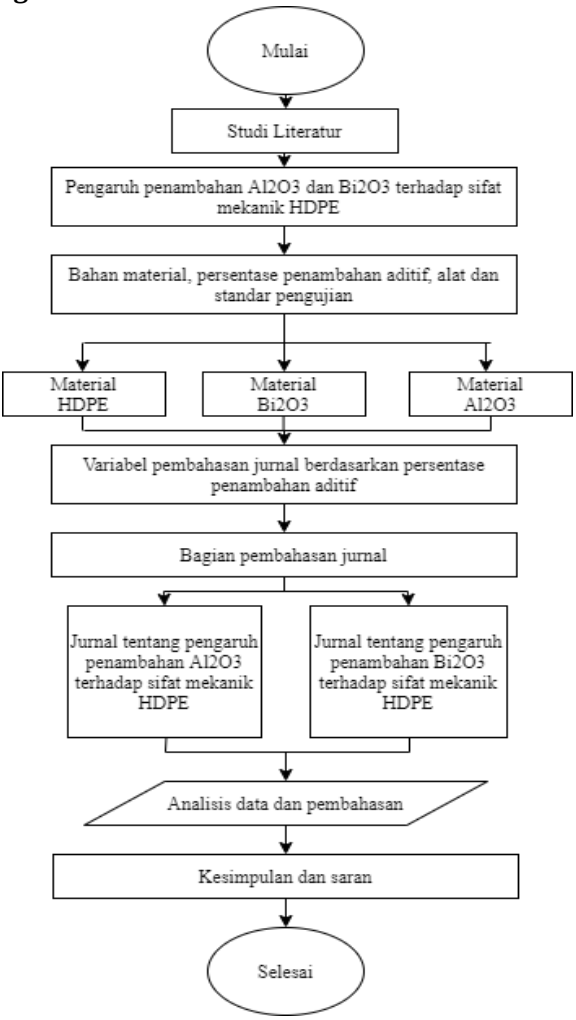


Gambar 2.14 Metode Pencetakan Ekstrusi (Chawla, 2013)

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir penilitian

3.2 Bahan dan Metode

Adapun bahan dan metode dari beberapa referensi pada *paper review* disajikan dalam Tabel 3.1 dan Tabel 3.2

Tabel 3.1 Pengaruh penambahan Al_2O_3 terhadap sifat mekanik

Referensi	Jenis Material Dasar	Jenis Material Aditif	Variabel	Jenis Pengujian
Muharrami, Laila Khamsatul. 2013. "*Uji Karakterisasi Tarik dan Thermal HDPE Dengan filler abu layang dan silane*" Jurnal Rekayasa	HDPE	Alumina-Silikat (0,5.10.15.20) % massa	0% Al2SiO5 5% Al2SiO5 10% Al2SiO5 15% Al2SiO5 20% Al2SiO5	Uji Tarik
Mahboba, Yousuf Jamal. 2019 "*Enhancing wear rate of high-density polyethylene (HDPE) by adding ceramic particles to propose an option for artificial hip joint liner*" ICMSMT 2019	HDPE	Al2O3 dan ZrO2 (0, 3, 6, 9) % Massa	0% Aditif 3% Aditif 6% Aditif 9% Aditif	Uji Densitas, Uji Keausan
Nabhan, A. 2018. "*Tribological and Mechanical Properties of HDPE Reinforced by Al2O3 Nanoparticles for Bearing Materials*". International Journal of Advanced Science and Technology	HDPE	Al2O3	10% 20% 30% 40% 50% 5%	Uji Kekerasan, Uji Keausan

Dr Rahman, J Fazlur. 2013. "*Hybrid Polymer Matrix Composites for Biomedical Applications*" International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)	HDPE	Al2O3	5% 10% 15% 20%	Uji Densitas, Uji Kekerasan
Bodhka, Subhadip. 2016. "*Friction and Wear Properties of Novel HDPE–HAp–Al2O3 Biocomposites against Alumina Counterface*". Laboratory of Advanced Ceramics	HDPE	Al2O3	20% 40%	Uji Keausan
Nath, Shekthar. 2016. "*HDPE-Al2O3-HAp Composites for Biomedical Applications: Processing and Characterizations*". Laboratory for Advanced Ceramics.	HDPE	Al2O3	20% 40%	Uji Densitas, Uji Kekerasan
Kharel, Nischal. 2018. "*Mechanical Properties of HDPE Reinforced with carbon fiber Powder with and without filler addition*". International Research Journal of Engineering and Technology	HDPE	Al2O3	2% 4% 6%	Uji Tarik
Mysiukiewicz, Olga. 2020. "*Mechanical, Thermal and Rheological Properties of Polyethylene-Based Composites Filled with Micrometric Aluminum Powder*". MDPI	HDPE	Al2O3	1% 2% 5% 10% 20%	Uji Tarik

Sau'de, N. 2012. "*A Study on the Mechanical Properties of Polymer-Ceramic Composite Using Injection Moulding*". Applied Mechanics and Materials Vol. 159	HDPE	Al2O3	15% 25% 35% 45%	Uji Kekerasan

Tabel 3.3 Pengaruh penambahan Bi_2O_3 terhadap sifat mekanik HDPE

Referensi	Jenis Material Dasar	Jenis Material Aditif	Variabel	Jenis Pengujian
Sheela, M, 2020. *"Preparation and characterization of bismuth-filled high-density polyethylene composites for gamma-ray shielding"*.	HDPE	Bi2O3	0% Bi2O3 10% Bi2O3 20% Bi2O3 40% Bi2O3	Uji Tarik, Uji Densitas

3.3 Proses Pengujian

Adapun proses pengujian secara umum yang dilakukan pada beberapa referensi adalah sebagao berikut:

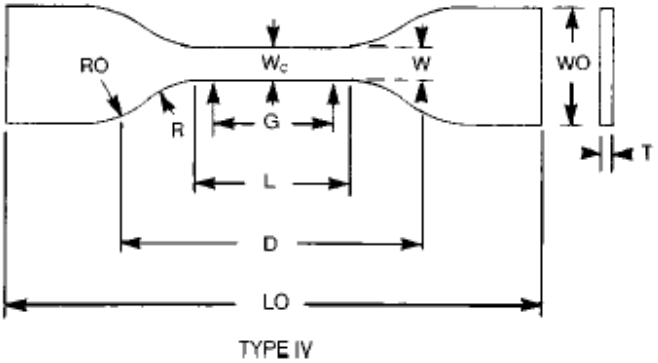
3.3.1 Pengujian Tarik

Kekuatan yang biasanya ditentukan dari suatu hasil pengujian tarik adalah kuat luluh (*Yield Strength*) dan kuat tarik (*Ultimate Tensile Strength*). Kekuatan tarik atau kekuatan tarik

maksimum (*Ultimate Tensile Strength* / UTS), adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji.

$$S_u = \frac{P_{maks}}{A_o} \tag{3.1}$$

di mana, S_u = Kuat tarik
P_{maks} = Beban maksimum
A_0 = Luas penampang awal



Gambar 3.2 Dimensi Spesimen ASTM D638-63 (ASTM, 1997)

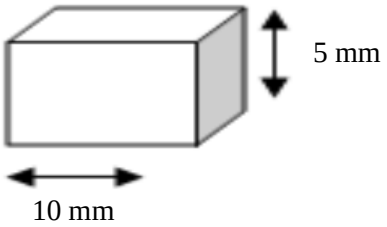
Tabel 3.4 Dimensi specimen uji tarik (ASTM, 2013)

Bagian	Panjang (mm)
W (*Width of narrow section*)	6
L (*Length of narrow section*)	33
WO (*Width overall*)	20
LO (*Length overall*)	150
G (*Gage length*)	25
D (*Distance between grips*)	65
R (*Radius of fillet)*	14
RO (*Outter Radius*)	25

Tegangan tarik adalah nilai yang paling sering dituliskan sebagai hasil suatu uji tarik, tetapi pada kenyataannya nilai tersebut kurang bersifat mendasar dalam kaitannya dengan kekuatan bahan. Untuk berapa lama, telah menjadi kebiasaan mendasarkan kekuatan struktur pada kekuatan tarik, dikurangi dengan faktor keamanan yang sesuai.

3.3.2 Pengujian Densitas

Uji densitas dilakukan sesuai dengan standar ASTM D792. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen dengan dimensi seperti pada gambar 3.13.



Gambar 3.3 Ukuran spesimen pengujian densitas

Berdasarkan prinsip hokum Archimedes menyatakan bahwa massa sebuah benda sebanding dengan massa air yang dipindahkan. Dari prinsip tersebut dilakukan penimbangan massa spesimen di udara dan massa spesimen di air. Mengacu pada ASTM 792 tahun 1998 yang berjudul "*Standard Tset Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement"* didapatkan nilai *specific gravity* dinyatakan pada persamaan dibawah

$$\textit{Specific gravity} = \frac{a}{(a-b)} \qquad (3.2)$$

Sehingga massa jenis dari spesimen dinyatakan pada persamaan berikut

Density = *Specific gravity x Density of water* (3.3)

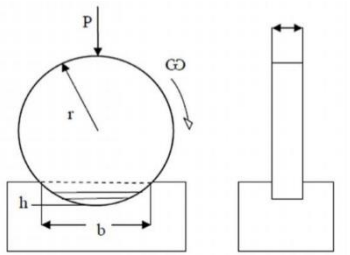
3.3.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk menganalisis tingkat kekerasan dari sampel komposit Serat Karbon/Epoksi. Dimensi spesimen dan prosedur yang dilakukan menggunakan sumber acuan standar ASTM D2240 - Durometer Hardness. Dimana ketebalan minimal sampel yaitu 6 mm. Durometer ini bekerja mengukur ketahanan material terhadap penetrasi indentor seperti jarum berpegas. Skala yang digunakan pada pengujian ini adalah dalam nilai Shore D (ASTM E2583).

3.3.4 Pengujian Keausan

Pengujian keausan mengacu pada standar ASTM G99-95. Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui laju keausan dari spesimen uji.

Prinsip dasar pengujian keausan yaitu material akan diberikan beban gesek dari piringan yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan ini akan menghasilkan kontak yang pada akhirnya akan menggerus sebagian spesimen uji. Besarnya jejak permukaan inilah yang digunakan untuk menentukan laju keausan spesimen uji. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang tergerus dari spesimen uji. Skema uji keausan ditunjukkan pada Gambar 3.18.



Gambar 3.4 Skema Uji Keausan Metode Ogoshi (Sulardiaka, 2010).

Dimensi specimen uji untuk pengujian keausan yaitu 50x30x5 mm. Pengujian keausan menggunakan parameter beban normal yaitu P= 2.12 kg, kecepatan V = 0.244 m/detik, dan *sliding distance* Lo = 100 m. Dimensi untuk piringan pengausan sebesar r = 13.5 mm dan tebal B = 1.497 mm. Pembuatan spesimen uji keausan dipotong dengan ukuran sesuai standar dari hasil cetakan. Nilai keausan dapat ditentukan dengan rumus pada persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$W_s = \frac{1{,}5\, Wo}{PoLo} \qquad (3.4)$$

Dimana Ws adalah specific wear (mm^3/Nm), Wo adalah volume material (mm^3), Po adalah beban normal (N), dan Lo adalah *sliding distance* (m) (Sulardjaka, 2010).

3.4 Ruang Lingkup Pembahasan

Adapaun ruang lingkup pembahasan pada penelitian ini

Tabel 3.5 Tabel ruang lingkup pembahasan

Material Matriks	Material aditif	Kekuatan Tarik	Kekerasan	Densitas	Keausan	Referensi
HDPE	Al2O3	√				Muharrami, 2013
				√	√	Yousuf, 2019
			√		√	Nabhan, 2018
			√	√		Dr Rahman, 2013

					√	Bodhka, 2016
			√	√		Shekthar, 2016
		√				Kharel, 2018
		√				Olga, 2020
			√			Sau'de, 20120
HDPE	Bi2O3	√		√		Sheela, 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Pada bab 4 ini akan dipaparkan hasil serta analisa dari beberapa sumber terkait yang membahas tentang komposit berbasis HDPE. Akan dipaparkan pula perbandingan langsung antara beberapa hasil yang didapatkan dan dilakukan pembahasan tentang sebab-akibat dari hasil yang telah didapat. Koridor dari pencarian beberapa penelitian ini adalah komposit dengan bahan dasar HDPE disertai bahan aditif alumunium oksida dan juga bismuth oksida. Untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan aditif tersebut terhadap sifat mekanik dari HDPE, diperlukan beberapa pengujian mekanik antara lain uji tarik, uji kekerasan, uji densitas, dan uji keausan. Dari empat pengujian tersebut dihasilkan beberapa hasil dari sumber yang berbeda, kemudian beberapa hasil tadi akan dibandingkan, kemudian disajikan analisa dari perbadingan data – data tersebut.

4.1.1 Kekuatan Tarik

Dilihat pada penelitian yang dilakukan oleh Muharrami pada tahun 2013, seperti pada nomor 1, digunakan 5 variabel dalam penambahan alumina-silikat, yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Masing – masing variabel tersebut menghasilkan nilai kekuatan tarik dengan grafik seperti Gambar 4.1, dengan nilai sebesar 25 Mpa; 25 Mpa; 21 Mpa; 20,7 Mpa; dan 20 Mpa, dengan kekuatan tarik maksimal pada penelitian ini tercapai pada penambahan filler 5% dimana dapat disimpulkan bahwa ikatan antara HDPE dan filler yang paling tinggi pada penelitian tersebut adalah pada HDPE-filler 5%, yang angkanya sebenanrnya sama dengan nilai kekuatan tarik HDPE murni.

Tabel 4.1 Hasil uji tarik penelitian Muharrami

Filler	Kekuatan Tarik
0% Al_2O_3	25 Mpa
5% Al_2O_3	25 Mpa

10% Al_2O_3	21 Mpa
15% Al_2O_3	20,7 Mpa
20% Al_2O_3	20 Mpa

Kemudian penelitian keuda dilakukan oleh Nischal Kharel. Pada penelitiannya, Kharel menggunakan 3 variabel dengan jumlah persentase yang cukup kecil, yaitu 2%, 4% dan 6%. Hasilnya menunjukan perilaku yang sama dengan penelitian dari Muharrami, grafik menunjukkan penurunan pada nilai kekuatan tarik. Penurunan ini berbanding lurus dengan menignkatnya jumlah Al_2O_3. Nilai kekuatan yang dihasilkan adalah 10,71 Mpa pada 2% penambahan, 9,54 Mpa pada 4% penambahan dan 8,72 Mpa pada 6% penambahan *filler*. Perilaku yang sama juga ditunjukkan pada penelitian selanjutnya.

Tabel 4.2 Nilai uji tarik penelitian Nischal

Filler	Kekuatan Tarik
2% Al_2O_3	10,71 Mpa
4% Al_2O_3	95,4 Mpa
6% Al_2O_3	8,72 Mpa

Penelitian ini Dilakukan oleh Olga Mysiukiewicz. Olga menggunakan variabel penambahan *filler* dengan angka 1%, 2%, 5%, 10%, dan 20%. Hasilnya, masing – masing variabel menghasilkan nilai sebesar 24.8 Mpa, 25.2 Mpa, 24.2 Mpa, 23.6 Mpa, dan 21.3 Mpa.

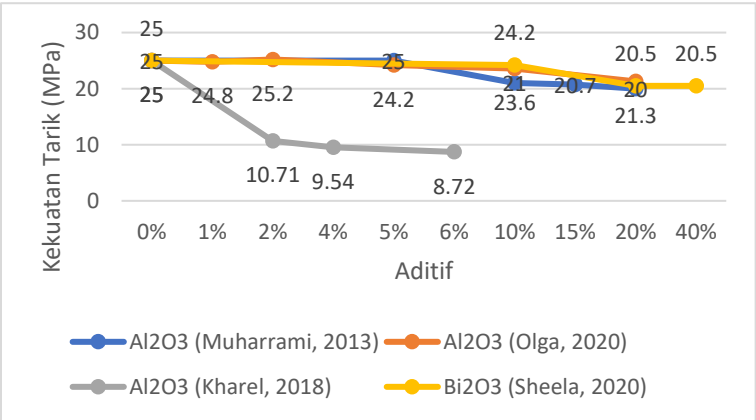
Tabel 4.3 Nilai uji tarik penelitian Olga

Filler	Kekuatan Tarik
1% Al_2O_3	24,8 Mpa
2% Al_2O_3	25,2 Mpa
5% Al_2O_3	24,2 Mpa
10% Al_2O_3	23,6 Mpa
20% Al_2O_3	21,3 Mpa

Kemudian penambahan Bi_2O_3 juga dapat mempengaruhi kekuatan tarik dari material ini. Penelitian tersebut dilakukan oleh M. Sheela pada tahun 2020. Dengan judul "*Preparation and Characterization of bismuth-filled HDPE composites for gamma-ray shielding*", Sheela mendapatkan hasil seperti yang tertera pada Tabel 4.7. Penelitian ini menggunakan persentase massa dari penambahan pengisi sebagai variabel, yaitu 0%, 10%, 20% dan 40%. Seperti yang dipaparkan pada Tabel 4.8, masing – masing variabel memberikan pengaruh pada sifat mekanik dari HDPE yaitu pada kekuatan tarik dan juga densitasnya. Untuk kekuatan tarik, masing – masing variabel menghasilkan 23,4 Mpa; 24,2 Mpa; 20,5 Mpa; dan 20,5 Mpa. Penambahan Bi_2O_3 memberikan dampak yang baik pada terhadap kekuatan tarik dari HDPE.

Tabel 4.4 Nilai uji tarik penelitian Sheela

Filler	Kekuatan Tarik
0% Bi_2O_3	23,4 Mpa
10% Bi_2O_3	24,2 Mpa
20% Bi_2O_3	20,5 Mpa
40% Bi_2O_3	20.5 Mpa



Gambar 4.1 Pengaruh penambahan aditif terhadap nilai kekuatan tarik

Dari Gambar 4.1, dapat diamati bahwa penambahan *filler* Al_2O_3 dan Bi_2O_3 akan menurunkan nilai kekuatan tarik dari HDPE. Pada keadaan murni 100%, HDPE memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 25.6 Mpa. Ada 3 penelitian yang melakukan percobaan dengan menjadikan Al_2O_3 sebagai *filler*, yaitu oleh Muharrami, Kharel dan juga Olga. Dari ketiga penelitian tersebut dihasilkan bahwa penambahan alumina dapat menurunkan nilai kekuatan tarik dari HDPE. Penurunan ini disebabkan oleh sifat dari alumina yang keras. Pada dasarnya memang alumina merupakan material keramik, memiliki tingkat kekerasan yang tinggi dan juga kaku. Sesuai dengan *rules of mixture*, sifat kaku dari alumina tersebut terbawa hingga merubah nilai kekuatan tarik dari HDPE. Selain itu, karena ini merupakan jenis material komposit particular, keberadaan *filler* diantara rantai polimer akan membuat panjang kritisnya kecil, dibawah dari kebutuhan polimer untuk menahan suatu beban. Kemudian jika dilihat pada penelitian Muharrami, ekuatan tarik pada penelitian tersebut mengalami penurunan pada konsentrasi pada penambahan filler 10%-20%. Penurunan ini disebabkan oleh kadar filler yang ditambahkan terlalu berlebih sehingga *filler* tidak lagi mengikat *filler* secara optimal. Dan yang terjadi adalah *filler* saling menempel pada sampel akhirnya bahan polimer menjadi bersifat rapuh dan fenomena inilah yang menyebabkan penurunan kuat tarik dari film HDPE-filler. Pada penambahan *filler* sebesar 5%, *filler* terdispersi merata pada HDPE-*filler* dan tidak terjadi penumpukan *filler* pada sampel. Sedangkan pada penambahan 10% keatas tidak terdispersi secara merata karena kadarnya terlalu berlebihan pada HDPE-filler. Hal ini bisa dikatakan bahwa film HDPE-filler 5% bersifat ductile lentur sedangkan film HDPE-filler 10%-20% bersifat mudah retak. Kenaikan kekuatan tarik sesaat seperti ini juga terjadi pada pentilitan yang dilakukan oleh Olga dan Sheela. Walaupun Sheela menggunakan bismuth oksida sebagai *filler*, namun perilaku yang serupa juga terjadi.

4.1.2 Kekerasan

Pada penelitian nomor 5, yang dilakukan oleh A. Nabhan pada tahun 2018, menunjukkan bahwa penambahan alumina sebanyak 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5% dapat menaikan kekerasan dari HDPE seiring dengan bertambahnya jumlah alumina. Penambahan 0,1% didapatkan hasil 64 Shore D, lalu 0,2% didapatkan 65,5 Shore D, kemudian 0,3% didapatkan 67,6%, lalu 0,4% didapatkan kekerasan 68,1 Shore D, dan pada 0,5% didapatkan kekerasan sebesar 68,5%.

Tabel 4.5 Nilai uji kekerasan penelitian Nabhan

Filler	Kekerasan (Shore D)
1% Al_2O_3	64
2% Al_2O_3	65,5
3% Al_2O_3	67,6
4% Al_2O_3	68,1
5% Al_2O_3	68,5

Peneleitian ketiga, dilakukan pada tahun 2013, dengan Dr. Rahman yang melakukan penelitian. Dapat dilihat pada nomor 6, perilaku yang ditimbulkan sama dengan pada nomor 5, kekerasan dari HDPE ikut meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah alumina yang ditambahkan. Menggunakan 5 variabel penambahan, yaitu sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%, didapatkan hasil masing masing sebesar 41 Shore D, 46 Shore D, 50 Shore D, dan juga 54 Shore D. Diamati bahwa, kekerasan komposit polimer ini meningkat dengan meningkatnya persentase penguatan. Kekerasan maksimum adalah 55 shore D.

Tabel 4.6 Nilai uji kekerasan penelitian Dr Rahman

Filler	Kekerasan (Shore D)
5% Al_2O_3	41
10% Al_2O_3	46
15% Al_2O_3	50
20% Al_2O_3	54

Berikutnya adalah penelitian dari Shektar Nath. Menggunakan 2 variabel dalam penambahan alumina, yaitu 20% dan 40%, menghasilkan nilai masing – masing 61 Shore D dan juga 70,4 Shore D Penambahan alumina terbukti sangat signifikan dalam meningkatkan kekerasan dai HDPE.

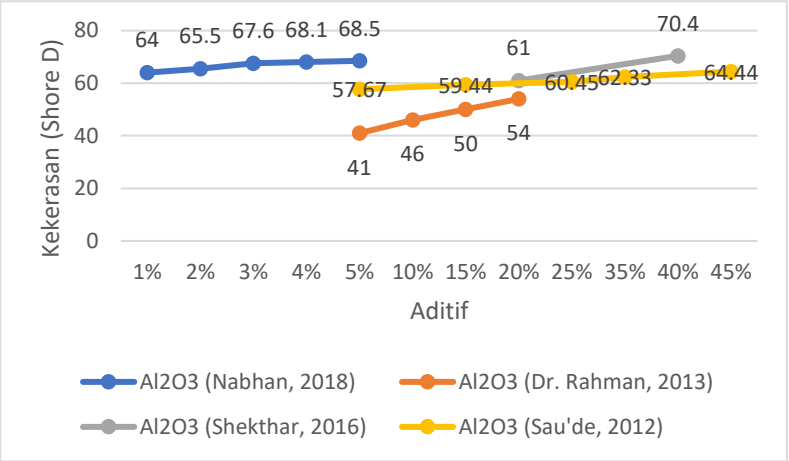
Tabel 4.7 Nilai uji kekerasan penelitian Shektar

Filler	Kekerasan (Shore D)
20% Al_2O_3	61
40% Al_2O_3	70,4

Pada tahun 2012, N. Sau'de juga melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan alumina terhadap nilai kekerasan HDPE. Sau'de menggunakan 5 variabel dalam penambahan alumina terhadap matriks HDPE, yaitu 5%, 15%, 25%, 35% dan 45%. Dan nilai yang dihasilkan lagi – lagi menunjukkan perilaku yang sama dengan penelitian lainnya, nilai kekerasan dari HDPE naik seiring dengan bertambahnya kadar alumina yang ditambahkan. Dengan 5% alumina menghasilkan angka 57,67 Shore D, 15% alumina menghasilkan 59,44 Shore D, 25% alumina menghasilkan 60,45 Shore D, 35% alumina menghasilkan 62,33 Shore D, dan 45% alumina menghasilkan 64,44 Shore D. Kenaikan angka yang identic dengan penelitian yang lainnya.

Tabel 4.8 Nilai uji kekerasan penelitian Sau'de

Filler	Kekerasan (Shore D)
5% Al_2O_3	57,67
15% Al_2O_3	59,44
25% Al_2O_3	60,45
35% Al_2O_3	62,33
45% Al_2O_3	64,44



Gambar 4.2 Pengaruh penambahan aditif terhadap nilai kekerasan

Berdasarkan grafik perbandingan diatas, dapat disimpulkan bahwa penambahan aditif Al_2O_3 mutlak dapat meningkatkan nilai kekerasan dari komposit matriks HDPE. Seperti penjelasan pada pengujian tarik, bahwa sifat dasar dari alumina yang keras dan kaku akan memberikan dampak terhadap sifat mekanik material matriksnya sesuai dengan *rules of mixture*. Alumina yang dicampurkan kedalam matriks dari polimer komposit dapat mengurangi pori-pori dan memiliki kekakuan dan kekuatan tinggi per satuan berat. Sehingga, dispersi konten Al_2O_3 terhadap matriks HDPE menjadi faktor kunci dalam perubahan nilai kekasaran komposit tersebut.

4.1.3 Densitas

Dari sisi densitas, didapatkan 3 penelitian terdahulu yang menyajikan data tentang perubahan densitas dari HDPE setelah ditambahkan alumina. Pertama dapat dilihat pada nomor 4 di Tabel 4.1, Yousuf Jamal Mahboba melakukan penelitian pada tahun 2019, dengan 4 variabel penambahan, yaitu 0%, 3%, 6%, dan 9% alumina, dapat dilihat pada Tabel 4.8. Masing – masing variabel

menghasilkan nilai densitas sebesar 0,95 g/cm^3, 1,05 g/cm^3, 1,15 g/cm^3, dan 1,25 g/cm^3. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa densitas material meningkat beriringan dengan meningkatnya kadar alumina yang ditambahkan.

Tabel 4.9 Nilai uji densitas penelitian Yousuf

Filler	Densitas (g/cm^3)
0% Al_2O_3	0,95
3% Al_2O_3	1,05
6% Al_2O_3	1,15
9% Al_2O_3	1,25

Kemudian penelitian berikutnya dilakukan oleh Dr. Rahman. Beliau menggunakan 4 variabel dalam penambahan alumina, yaitu sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20%. Nilai densitas yang dihasilkan masing – masing sebesar 1,22 g/cm^3, 1,26 g/cm^3, 1,35 g/cm^3, dan 1,38 g/cm^3, seperti yang tertera pada Tabel 4.9. Perilaku yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Yousuf Jamal Mahboba ditunjukkan oleh hasil penelitian ini, densitas komposit polimer meningkat dengan meningkatnya persentase penguatan, dengan tingkat densitas tertinggi adalah 1,38 g/cm^3, dengan penambahan 20% Alumina.

Tabel 4.10 Nilai uji densitas penelitian Dr Rahman

Filler	Densitas (g/cm^3)
5% Al_2O_3	1,22
10% Al_2O_3	1,26
15% Al_2O_3	1,35
20% Al_2O_3	1,38

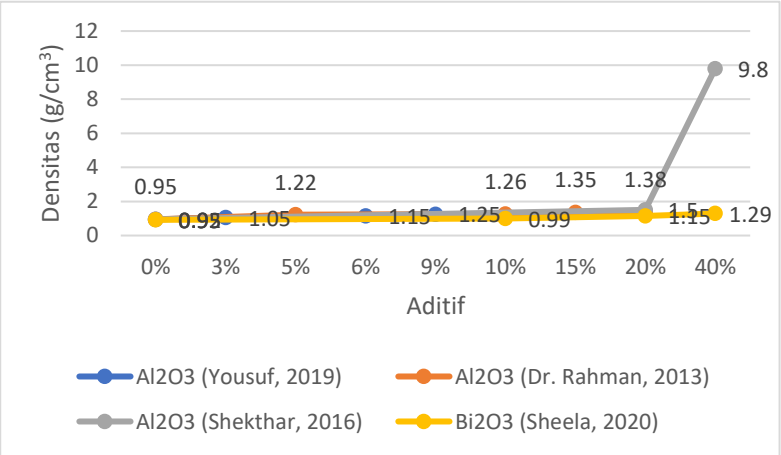
Berikutnya, penelitian dari Shekthar Nath, menggunakan 2 variabel, 20% dan 40% penambahan alumina. hasilnya sama seperti 2 penelitian diatas, bahwa penambahan alumina dapat meningkatkan nilai densitas dari material. Penambahan 20% alumina menghasilkan nilai densitas 1,5 g/cm^3 dan 40% alumina

mendapatkan hasil sebesar 9,85 g/cm^3, data dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Nilai uji densitas penelitian Shekthar

Filler	Densitas
20% Al_2O_3	1,5
40% Al_2O_3	9,8

Penambahan aditif lain seperti Bi_2O_3 juga ternyata dapat memberikan pengaruh terhadap densitas dari material ini. Penambahan Bi_2O_3 berbanding lurus dengan bertamabahnya nilai densitas dari material komopist HDPE/Bi_2O_3. Dengan menggunakan variabel konsentrasi sebesar 0%, 10%, 20% dan 40%, masing – masing variabel menghasilkan angka 0,92 g/cm^3; 0,99 g/cm^3; 1,15 g/cm^3; dan 1,29 g/cm^3. hasil penelitian ini menunjukan bahwa ketika konsentrasi bismut meningkat, maka sifat mekanik dari material tersebut juga akan meningkat (Sheela M, 2020).



Gambar 4.3 Pengaruh penambahan aditif terhadap nilai densitas

Dilihat dari grafik perandingan diatas, dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan aditif keramik baik itu alumina maupun bismuth oksida dapat meningkatkan nilai densitas. Hal ini terjadi karena mengingat ini merupakan komposit partikuler, dimana pertikel – partikel dari alumina maupun bismuth oksida dapat mengisi celah – celah antar rantai polimer dan mengurangi rongga yang ada sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan nilai kerapatan atau nilai densitas.

4.1.4 Nilai Laju Keausan

Salah satu hal yang terpenting dalam penelitian ini adalah untuk meningkatkan ketahanan aus material atau menurunkan tingkat keausan material. Ditemukan 3 penelitian yang menyajikan data tentang pengaruh prnambahan alumina terhadap HDPE. Yang pertama adalah penelitian dari Yousuf Jamal Mahboba di tahun 2019. Kali ini beliau menggunakan 4 variabel, yaitu 0%, 3%, 6%, dan 9% alumina. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.12, nilai yang dihasilkan untuk masing – masing variable adalah 0,028 (mm^3/Nm); 0,013 (mm^3/Nm); 0,007 (mm^3/Nm); 0,014 (mm^3/Nm). Penambahan 3% - 6% nampaknya memberikan pengaruh baik terhadap ketahanan aus material HDPE/Alumina ini, namum pada penambahan 9% alumina terdapat penurunan. Tingkat keausan spesifik terbaik spesimen adalah pada 94% HDPE dan 6% Al_2O_3 menunjukkan hasil terbaik dengan laju keausan 0.007 mm^3/Nm.

Tabel 4.12 Nilai uji laju keausan penelitian Yousuf

Filler	Keausan (mm^3/Nm)
0% Al_2O_3	0,028
3% Al_2O_3	0,013
6% Al_2O_3	0,007
9% Al_2O_3	0,014

Penelitian berikutnya dilakukan oleh A. Nabhan pada tahun 2018, menggunakan 5 variabel yaitu, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, dan 0,5%. Dari nilai yang dihasilkan, dapat diamati bahwa penambahan

alumina dapat memperbaiki sifat ketahanan aus yang dimiliki oleh HDPE. Ketahanan aus spesimen HDPE / Al_2O_3 sangat meningkat dengan penambahan Al_2O_3 seperti yang diamati pada Tabel 4.13. Laju keausan yang terjadi nampak berkurang saat penambahan Al_2O_3.

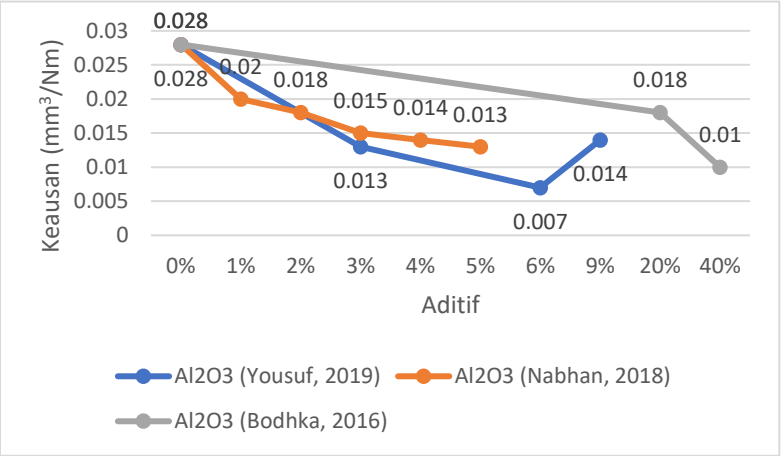
Tabel 4.13 Nilai uji laju keausan penelitian Nabhan

Filler	Keausan (mm^3/Nm)
1% Al_2O_3	0,02
2% Al_2O_3	0,018
3% Al_2O_3	0,015
4% Al_2O_3	0,014
5% Al_2O_3	0,013

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Subhadip Bodhka. Penelitian ini menggunakan 2 variabel penambahan alumina yaitu 20% dan juga 40%. Hasilnya, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.6, masing – masing variable memiliki mnghasilkan nilai 0,018 (mm^3/Nm) dan juga 0,01 (mm^3/Nm). Hasil penelitian ini jelas menunjukkan bahwa komposit yang diperkuat dengan pengisi keramik menunjukkan peningkatan ketahanan aus dibandingkan dengan HDPE yang tidak diberi pengisi, semua partikel terikat dan seperti tidak diberikan ruang gerak oleh keberadaan alumina di dalam material tersebut. Dari data keausan pada Tabel 4.14, dapat disimpulkan bahwa penambahan alumina dapat meningkatkan ketahanan au. Penambahan alumina dengan konsentrasi 20% dapat mengurangi nilai laju keausan dengan 0,018 (mm^3/Nm), dan semakin didukung dengan data bahwa laju keausan terendah didapatkan pada penambahan 40% alumina dengan nilai 0,001 (mm^3/Nm).

Tabel 4.14 Nilai uji laju keausan penelitian Bodhka

Filler	Keausan (mm^3/Nm)
20% Al_2O_3	0,018
40% Al_2O_3	0,01



Gambar 4.4 Pengaruh penambahan aditif terhadap nilai keausan

Hasil dari perbandingan beberapa sumber, menunjukkan bahwa penambahan Alumina dapat menekan nilai laju keausan. Seperti pada yang tersaji pada Gambar 4.4, semakin tinggi persentase penambahan alumina, semakin turun pula nilai laju keausan dari komposit HDPE/alumina ini. Dari situ, dapat di evaluasi bahwa, alumina yang tertanam dengan baik pada matriks dari polimer komposit akan mengisi celah – celah pada pori – pori dan memberikan dampak kekakuan dan kekerasan yang tinggi. Sifat tersebut juga yang dapat menjadi representasi dari berkurangnya laju keausan, sehingga dalam kata lain, penambahamn alumina terhadap HDPE dapat meningkatkan nilai ketahanan aus dari HDPE.

4.1.5 Referensi Penunjang

Sebagai tambahan data untuk menunjang penelitian berbentuk *paper review* ini, akan ditambahkan pengaruh penambahan Silika (SiO_2) terhadap sifat mekanik HDPE. Silikon dioksida, juga dikenal sebagai silika (dari silex Latin) atau asam

silikat, merupakan oksida silicon yang memiliki rumus kimia SiO2 (Iler, 1979). Silika ini paling sering ditemukan di alam sebagai pasir atau kuarsa, serta di dinding sel diatom. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatanikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik.. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan. Proses ini lambat karena dibutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatanikatan dan energi pengaktifannya tinggi. Silika digunakan terutama dalam produksi kaca untuk jendela, gelas minum, botol minuman, dan banyak kegunaan lain. Mayoritas dari serat optik untuk telekomunikasijuga terbuat dari silika. Ini adalah bahan baku utama untuk keramik banyak whitewareseperti tembikar, keramik, porselin, serta industry semen Portland (Lara,2015). Alasan mengapa menggunakan SiO_2 sebagai referensi tambahan adalah karena silika dan alumina serta bismuth oksida sama – sama merupakan material keramik serbuk dengan bentuk oksida. menunjukkan hasil dari *paper review* yang telah dilakukan terhadap tiga sumber.

Tabel 4.15 Pengaruh penambahan SiO_2

No.	Referensi	Jenis Material Dasar	Jenis Material Aditif	Variabel	Hasil			
					Kekuatan Tarik (Mpa)	Densitas (g/cm^3)	Kekerasan (Shore D)	Tingkat Keausan (mm^3/Nm)
1	Hosseini, S Behnam. 2014. "*Effect of nano-SiO2 on physical and mechanical properties of fiber*	HDPE	Silica	2%			56	

	reinforced composites (FRCs)". J Indian Acad Wood Sci			5%		58	
2	Tabar, Mohsen M. 2015. *"Using silicon dioxide (SiO2) nano-powder as reinforcement for walnut shell flour/HDPE composite materials"* J Indian Acad Wood Sci	HDPE	Silica	2%	18.29		
				4%	16.7		
3	Sheykh, MJ. 2017. *"Wear Resistance and Friction Coefficient of SiO2 and ash-filled HDPE Composites. Polymer Bulletin.*	HDPE	Silica	2%			0.024
				3%			0.019

Pada Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa penambahan SiO_2 menunjukkan hasil dengan perilaku yang tidak jauh berbeda dengan penambahan bahan aditif alumina maupun bismuth oksida. Kekuaran tarik menurun seiring dengan bertambahnya jumlah silika yang ditambahkan. Kemudian nilai kekerasan dan ketahanan meningkat dengan seiring meningkatnya jumlah silika yang ditambahkan. Ini menunjukkan bahwa memang penambahan

bahan aditif berupa partikel keramik dapat meningkatkan kekerasan serta ketahanan aus, namun di sisi lain menurunkan nilai kekuatan tarik dari komposit yang dihasilkan.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, kemudian pembahasan akan dijelaskan pada sub-bab ini. Penambahan bahan aditif aluminium oksida dan bismuth oksida terbukti dapat meningkatkan beberapa poin dari sifat mekanik yang dimiliki oleh HDPE. Kebutuhan dari penelitian ini adalah mencari material dengan sifat mekanik terutama ketahanan aus yang baik. Dari analisis data yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa peningkatan sifat mekanik terjadi pada sektor kekerasan, densitas, dan juga ketahanan aus material. Namun, pada pengujian tarik terdapat penurunan. Penurunan ini terjadi dikarenakan oleh sifat bawaan dari material aditif yaitu alumina dan bismuth oksida yang pada dasarnya merupakan material keramik dimana material keramik merupakan material yang identik dengan karakteristik keras, kaku dan juga getas. Hal itulah yang menjadi faktor menurunnya nilai kekuatan tarik dari material. Hal yang dapat menjadi faktor lainnya adalah karena jenis komposit ini merupakan komposit partikular, dimana partikel – partikel dari alumina dan juga bismuth oksida menutupi ruang rantai polimer untuk saling berikatan, sehingga karena panjang medan kritisnya kecil, dibawah dari kebutuhan material untuk menahan beban tarik, maka mengakibatkan berkurangnya nilai kekuatan tarik material ini. Kemudian dari kekerasan dan densitas keduanya menunjukkan peningkatan. Ketika nilai kerapatan atau densitas naik, memang sudah seharusnya nilai kekerasan juga ikut meningkat. Jelas penambahan partikel bahan aditif kedalam matriks polimer akan mengisi ruang dan menjejali celah ruang yang ada. Ditambah lagi karakteristik keras yang dibawa oleh material aditif tentu akan ikut mempengaruhi komposit yang akan terbentuk, sesuai seperti *rules of mixtures*. Kemudian dari Tabel 4.15 juga dapat dilihat bahwa

secara angka, laju keausan turun. Turunnya laju keausan ini merupakan hal yang baik karena dengan nilai kelajuan yang turun, maka ketahanan aus dari material ini akan meningkat. Hasil penelitian tersebut jelas menunjukkan bahwa komposit yang diperkuat dengan pengisi keramik menunjukkan peningkatan ketahanan aus dibandingkan dengan HDPE yang tidak diberi pengisi, semua partikel terikat dan seperti tidak diberikan ruang gerak oleh keberadaan alumina di dalam material tersebut.

Tabel 4.16 Perbandingan pengaruh penambahan Al_2O_3 terhadap sifat mekanik HDPE

Sifat Mekanik	Referensi	Pengaruh
Kekuatan Tarik	Muharrami, 2013; Kharel, 2018; Olga, 2020	Penambahan alumina kedalam HDPE memiliki dampak penurunan nilai kekuatan tarik dari HDPE. Rata – rata nilai penurunan sebesar 0,35%. Sedangkan nilai kekuatan tarik tertinggi tetap pada saat HDPE berada pada kondisi murni di angkat 25 Mpa.
Densitas	Yousuf, 2019; Dr Rahman, 2013; Shekthar, 2016.	Peningkatan terjadi pada sektor densitas. Kenaikan nilai densitas mengikuti kenaikan persentase penambahan alumina terhadap HDPE. Rata – rata kenaikan nilai nya sebesar 3% dengan nilai tertinggi adalah 9,85 g/cm^3 dengan penambahan 40% alumina.
Kekerasan	Nabhan, 2018; Dr Rahman, 2013;	Sama halnya seperti densitas, nilai kekerasan juga meningkat seiring dengan kenaikan jumla penambahan alumina. Rata – rata

	Shekthae, 2016; Sau'de, 2012.	kenaikan nilai kekerasan sebesar 0,18% dengan nilai tertinggi pada 70,4 Shore D dengan panambahan 40% alumina.
Laju Keausan	Yousuf, 2019; Nabhan, 2018; Bodhka, 2016.	Laju keausan menurun ketika alumina digunakan sebagai *filler* untuk matriks HDPE. Rata – rata penurunan nilai laju keausan sebesar 0,56% dengan nilai terkecil sebesar 0,007 mm^3/Nm dengan penambahan 6% alumina yang terdispersi secara merata.

Tabel 4.17 Perbandingan pengaruh penambahan Bi_2O_3 terhadap sifat mekanik HDPE

Sifat Mekanik	Referensi	Pengaruh
Kekuatan Tarik	M Sheela, 2020	Selain alumina, penambahan bismuth oksida juga dapat mengurangi nilai kekuatan tarik dari komposit. Dari hasil yang didapatkan, penambahan bismuth oksida dapat menurunkan nilai kekuatan tarik sebesar 0,18% dengan nilai tertinggi 25 Mpa dan terendah 20,5 Mpa.
Densitas	M Sheela, 2020	Peningkatan terjadi di segi densitas. Kenaikan nilai densitas mengikuti kenaikan persentase penambahan bismuth oksida terhadap HDPE. Rata – rata

	kenaikan nilai nya sebesar 4,16% dengan nilai tertinggi adalah 1,29 g/cm^3 dengan penambahan 40% Bismuth oksida.

Tabel 4.18 Persentase rata – rata perubahan nilai sifat mekanik

Material Aditif	Persentasi kenaikan rata -rata			
	Kekuatan Tarik	Densitas	Kekerasan	Keausan
Al2O3	-0.35%	3%	0.18%	-0.56%
Bi2O3	-0.18%	4.16%	-	-

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, maka diperolah kesimpulan seperti berikut:

1. Penambahan bahan aditif aluminium oksida atau alumina dan juga bismuth oksida dapat mempengaruhi sifat mekanik dari material HDPE. Pengaruh baik terjadi pada 3 properti, yaitu pada segi densitas, kekerasan, dan juga ketahanan aus. Sedangkan penurunan terjadi pada segi kekuatan tarik. Kenaikan dan penurunan tersebut terjadi akibat pengaruh dari sifat bawaan dari jenis material aditif yang pada dasarnya merupakan material keramik. Penambahan aditif keramik dinilai cocok, karena pengaplikasian *doctor blade* mengharuskan material dari benda tersebut harus memiliki nilai ketahanan aus yang tinggi atau memiliki nilai laju keausan yang rendah.

5.2 Saran

Adapun saran pada *paper review* ini adalah sebagai berikut:

1. Karena analisis pada laporan ini berupa *paper review*, sehingga perlu dilakukan penelitian secara eksperimental guna mengetahui pengaruh sebenarnya dan persentase penambahan bahan aditif (alumina dan bismuth oksida) yang menghasilkan hasil paling maksimal.
2. Menambahkan material aditif berjenis *plasticizer* untuk mengurangi penurunan nilai kekuatan tarik.
3. Menganalisis pengaruh penambahan alumina dan bismuth terhadap sifat fisik HDPE.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

DAFTAR PUSTAKA

al, Xu et. 1994. "Characteristic of Al2O3-SiC Nanocomposite Prepared by Sol-Gel Processing." **Journal of the Ceramic Society of Japan** 312-314.

Ali, Laila K. M. 2013. "Effect of P and Zn Fertilization on Wheat Yield and Nutrient Uptake in Calcareous Soil." **Journal of Soil Science and Agricultural Engineering** 555-569.

Arribart, H., dan B. V. Bernadette. 2001. **The Dibner Institute History of Science and Technology**.

Aziz, M. 2010. "Ekstraksi Alumina Dari Residu Bauksit Untuk Bahan Baku Zeolit Sintesis Dengan Produk Samping Konsentrat." **Jurnal Zeolit Indonesia Vol 9**.

Basahel, Sulaiman N, dan Tarek Ali. 2012. "Influence of Crystal." **Nano Scale** 100-107.

Betollahi, A., C. H. Hosseini-Bay, dan C. H. Sarpoolaki. 2010. "Synthesis and Characterization of Al2O3-ZrO2 Nanocomposite Powder by Sucrose Process." **J. Mater. Sci. Mater. Electron** 130-136.

Bodhka, Sibhadip. 2016. "Friction and Wear Properties of Novel HDPE-HAp-Al2O3 Biocomposites against Alumina Counterface." **Laboratory of Advanced Ceramics.**

Callister, W. D., dan D. G. Rethwisch. 2010. *Materials Science and* **Engineering an Introduction. 8th ed.** USA: John & Sons, Inc.

Chawla, L. S. 2013. "Polymer Matrix Composites." Dalam **Composites Materials**, 137-195. Mumbai: Springer Science.

Cucka, P., dan C. S. Barret. 1962. "Acta Crystallogr." 15.

Curlee, T., Das, S. 1991. "Identifying and Assessing of Opportunity for Plastics Recycling." **Resources Conserv Recycle** 343-63.

Dixit, D., R. Pal, G. Kapoor, dan M. Stabenau. 2016. "Lightweight Composites Materials Processing." **Military and Law-Enforcement Application***s* 157-216.

Ghababazabe, R., A. Mirhabibi, J. Pourasad, A. Brown, A. Brydson, dan M. J. Amiri. 2007. "Study of the Phase Composition and Stability of Explosive Synthesis Nanosized Al2O3." **Journal Surface Science.**

Godwin, Allen D. 2011. "Plasticizer." Dalam *Applied Plastics Engineering Handbook*, 487-501. Texas: Plastics Design Library.

Groves, I. F., dan R. S. Whitehouse. 1993. "Characterisation of Polymer Masterbatch by Modern Thermal Methods of Analysis." **Journal of Thermal Anlysis** 587-596.

Hosseini, S Behnam. 2014. "Effect of nano-SiO2 on Physical and Mechanical Properties of Fiber Reinforced Composites." **J Indian Acad Wood Sci.**

Hudson, L. K., C. Misra, Perotta, J. Anthony, K. Wefers, dan F. S. Williams. 2002. "Alumunium Oxide." **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 557.**

Khamid, Abdul. 2011. Rancang Bangun Alat Uji Bending dan Hasil Pengujian Untuk Bahan Besi Co*r*. Final Project, Semarang: Universitas Diponegoro.

Kharel, Nischal. 2018. "Mechanical Properties of HDPE Reinforced with Carbon Fiber Powder with and without Filler Addition." **International Research Journal of Engineering and Technology**.

Kumar, Eva, Amit Bhatnagar, William Hogland, Marcia Marques, dan Mika Sillanpaa. 2014. "Interaction of Anionic Pollutants with Al-based Adsorbents in Aqueous Media." **Chemical Engineering Journal** 443-456.

Low, I. M. 2014. Advanceds in Ceramic Matrix Composites. London: Woodhead Publishing.

Mahboba, Yousuf Jamal. 2019. "Enchacing wear rate of high density polyethylene (HDPE) by adding ceramic particles to propose an option for artificial hip joint liner." **ICMST** .

McKelvey, David, Gary Menary, Peter Martin, dan Shiyong Yan. 2017. **Thermoforming of HDPE**. Northern Ireland: AIP Publishing.

Mirjalili, F. 2011. "Preparation of Nano-Scale alpha-Al2O3 Powder by the Sol-Gel Method." **Ceramics Silikat***y*, 12: 378-383.

Muharrami, Laila Khamsatul. 2013. "Uji Karakterisasi Tarik dan Thermal HDPE dengan filler abu layang dan silane." **Jurnal Rekayasa.**

Mysiukiewicz, Olga. 2020. "Mechanical Thermal and Rheological Properties of Polyethylene-based Composites Filled with Micrometric Aluminium Powder." **MDPI.**

Nabhan, A. 2018. "Tribological and Mechanical Properties of HDPE Reinforced by Al2O3 particles for Bearing Materials." **International Journal of Advanced Science and Technology.**

Nath, Shekthar. 2016. "HDPE-Al2O3-Hap Composites for Biomedical Applications: Processing and Characterizations." **Laboratory for Advanced Ceramics**.

Onac, B. P., W. B. White, dan I. Viehmann. 2001. "Leonite, Konyaite and Syngenite." **Tausoare Cave, Rodnei Mts** 103-109.

Patnaik, Pradyot. 1997. **Handbook of Inorganic Chemicals**.

Pfaender, Rudolf. 2006. "How Will Additives Shape the Future of Plastics?" **Polymer Degradation and Stability** 2249-2256.

Rahman, Dr J Fazlur. 2013. "Hybrid Polymer Matrix Composites for Biomedical Applications." **Journal of Modern Engineering Research (IJMER)**.

RAJ, D.ARUN, S.ASHOK BOOPATHI, T.ATHIPRABHAKARAN, S.ARAVIND SAMY, dan S.AROCKIA REEMAS. 2018. "Design and Analysis of Doctoring Blade." **International Journal of Research in Advanced Technology - IJORAT** 3-8.

Sasdipan, K., A. Kaesman, C. Kummerlowe, N. Vennemann, dan C. Nakason. 2014. "Recycleability of Novel Dynamically Cured Copolyester/Epoxidized Natural Rubber Blends." **Journal of Material Cycles and Waste Management** 156-167.

Sau'de, N. 2012. "A Study on the Mechanical Properties of Polymer-Ceramic Composites Using Injection Moulding." **Applied Mechanics and Materials.**

Sheela, M. 2020. "Preparation and Characterization of Bismuth-filled High Density Polyethylene Composites for Gamma-ray Shielding."

Sulardjaka. 2010. "Analisis Cacat Cor Pada Proses Pengecoran Burner Kompor (Studi Kasus Di PT. Suyuti Sido Maju, Ceper)." **ROTASI** 27-33.

Sulistijono. 2012. Mekanika Material Komposit. Surabaya: ITS Press.

T, Muljana H Handoko. 2009. "Pengaruh Laju Alir Gas Karbondioksida dan Lama Pembakaran dalam Pemurnian Alumina dari Spent Catalyst." **Parahyangan: Universitas Katolik Parahyangan** .

Wells, A. F. 1984. "Structural Inorganic Chemistry." *J. Chem. Education.*

Xanthos, M. 2005. "Modification of Polymer Mechanical and Rheological Properties with Functional Fillers." **Functional Fillers for Plastics**.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Hasil Review Jurnal Pengaruh Penambahan Material Alumina Terhadap HDPE

Referensi	Jenis Material Aditif	Variabel	Kekuatan Tarik	Densitas	Kekerasan	Tingkat Keausan
Muharrami, Laila Khamsatul. 2013. "*Uji Karakterisasi Tarik dan Thermal HDPE Dengan filler abu layang dan silane"* Jurnal Rekayasa	Alumina-Silikat (0,5.10.15.20) % massa	0% Al2SiO5	25 Mpa			
		5% Al2SiO5	25 Mpa			
		10 % Al2SiO5	21 Mpa			
		15 % Al2SiO5	20.7 Mpa			
		20 % Al2SiO5	20 Mpa			

Mahboba, Yousuf Jamal. 2019 "*Enhancing wear rate of high-density polyethylene (HDPE) by adding ceramic particles to propose an option for artificial hip joint liner"* ICMSMT 2019	Al2O3 dan ZrO2 (0, 3, 6, 9) % Massa	0% Aditif	0.95 g/cm^3		0.028 (mm^3/Nm)
		3% Aditif	1.0503 8 g/cm^3		0.013 (mm^3/Nm)
		6% Aditif	1.1507 6 g/cm^3		0.007 ((mm^3/Nm)
		9% Aditif	1.2511 4 g/cm^3		0.014(mm^3/Nm)
Nabhan, A. 2018. "*Tribological and Mechanical Properties of HDPE Reinforced by Al2O3 Nanoparticles*	Al2O3	10 %		64 Shore D	0.02 (mm^3/Nm)
		20 %		65.5 Shore D	0.018 (mm^3/Nm)
		30 %		67.6 Shore D	0.015 (mm^3/Nm)

for Bearing Materials". International Journal of Advanced Science and Technology		40 %		68.1 Shore D	0.014 (mm^3/Nm)
		50 %		68.5 Shore D	0.013 (mm^3/Nm)
Dr Rahman, J Fazlur. 2013. "*Hybrid Polymer Matrix Composites for Biomedical Applications"* International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)	Al2O3	5%	1.22 g/cm^3	41 Shore D	
		10 %	1.26 g/cm^3	46 Shore D	
		15 %	1.35 g/cm^3	50 Shore D	
		20 %	1.38 g/cm^3	54 Shore D	
Bodhka, Subhadip. 2016. "*Friction and Wear*	Al2O3	20 %			0.018 (mm^3/Nm)

Properties of Novel HDPE–HAp–Al2O3 Biocomposites against Alumina Counterface". Laboratory of Advanced Ceramics		40 %				0.01 (mm^3/ Nm)
Nath, Shekthar. 2016. "*HDPE-Al2O3-HAp Composites for Biomedical Applications: Processing and Characterizations".*Laboratory for Advanced Ceramics.	Al2O3	20 %		1.5 g/cm^3	61 Shore D	
		40 %		9.85 g/cm^3	70.4 Shore D	
Kharel, Nischal. 2018. "*Mechanical Properties of HDPE Reinforced with carbon fiber Powder with and without*	Al2O3	2%	10.71 Mpa			
		4%	9.54 Mpa			

filler addition". International Research Journal of Engineering and Technology		6%	8.72 Mpa	
		1%	24.8 Mpa	
Mysiukiewicz, Olga. 2020. "*Mechanical, Thermal and Rheological Properties of Polyethylene-Based Composites Filled with Micrometric Aluminum Powder".* MDPI		2%	25.2 Mpa	
	Al2O3	5%	24.2 Mpa	
		10 %	23.6 Mpa	
		20 %	21.3 Mpa	
Sau'de, N. 2012. "*A Study on the Mechanical*	Al2O3	5%		57.6 7 Shor e D

Properties of Polymer-Ceramic Composite Using Injection Moulding". Applied Mechanics and Materials Vol. 159	15 %	59.44 Shore D
	25 %	60.45 Shore D
	35 %	62.33 Shore D
	45 %	64.44 Shore D

Lampiran 2

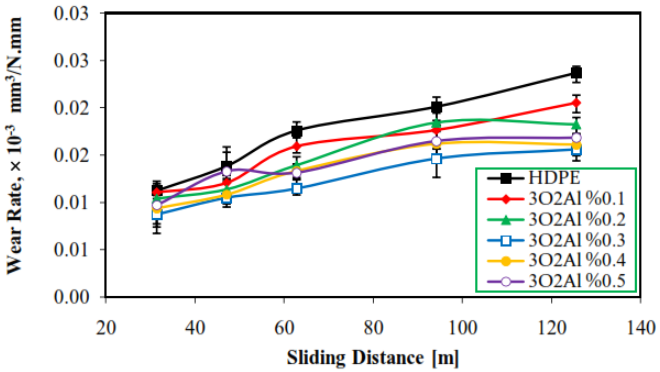
Hasil Review Jurnal Pengaruh Penambahan Material Bismuth Oksida Terhadap HDPE

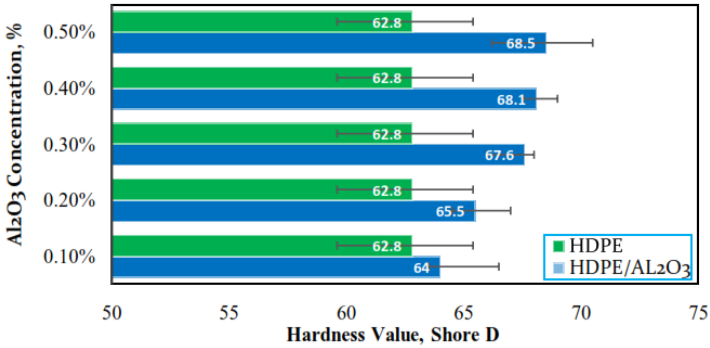
Referensi	Jenis Material Aditif	Variabel	Kekuatan Tarik	Densitas	Kekerasan	Keausan	Konduktivitas listrik
Sheela, M, 2020. *"Preparation and chara*	Bi_2O_3	0% Bi_2O_3	23.4 Mpa	0.92 g/cm3			
		10% Bi_2O_3	24.2 Mpa	0.99 g/cm3			

cteriz ation of bismu th-filled high-d ensity polyet hylene comp osites for gamm a-ray shield ing".	20% Bi2O 3	20.5 Mpa	1.15 g/cm 3
	40% Bi2O 3	20.5 Mpa	1.29 g/cm 3

Lampiran 3

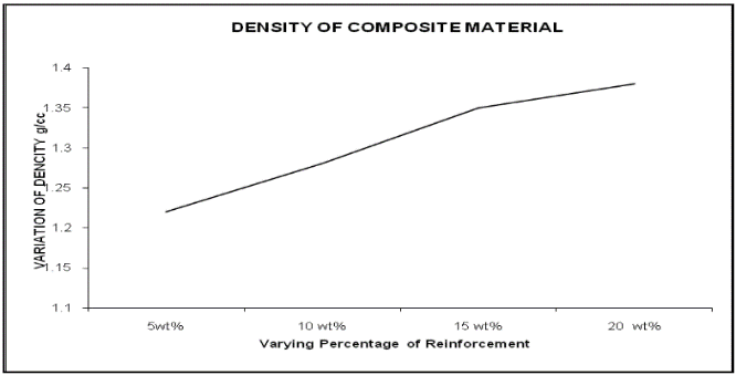
Grafik hasil review jurnal Nabhan, A. 2018. "Tribological and Mechanical Properties of HDPE Reinforced by Al2O3 Nanoparticles for Bearing Materials". International Journal of Advanced Science and Technology

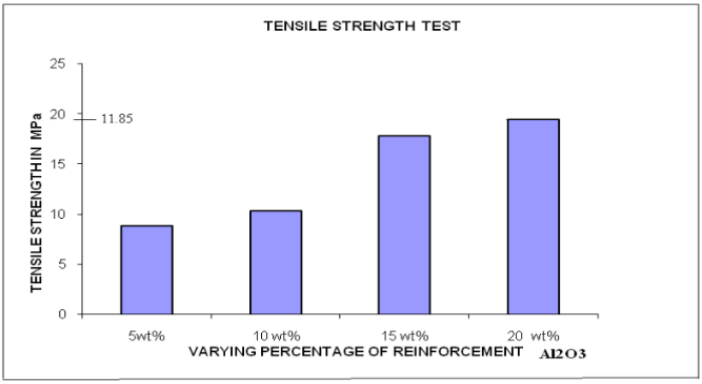


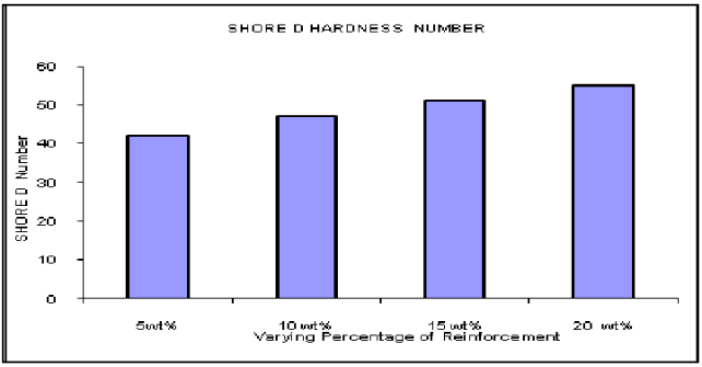


Lampiran 4

Grafik hasil review jurnal Dr Hanif, Muhammad. 2013. "Hybrid Polymer Matrix Composites for Biomedical Applications" International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)




TENSILE STRENGTH TEST
TENSILE STRENGTH IN MPa
25
20
11.85
15
10
5
0
5wt%
10 wt%
15 wt%
20 wt%
VARYING PERCENTAGE OF REINFORCEMENT
Al2O3


SHORE D HARDNESS NUMBER
SHORE D Number
60
50
40
30
20
10
0
5wt%
10 wt%
15 wt%
20 wt%
Varying Percentage of Reinforcement

Lampiran 5

Hasil *review* tambahan mengenai penambahan material aditif sejenis yaitu SiO_2 terhadap HDPE sebagai data penunjang

No.	Referensi	Jenis Material Dasar	Jenis Material Aditif	Variabel	Hasil			
					Kekuatan Tarik (Mpa)	Densitas (g/cm^3)	Kekerasan (Shore D)	Tingkat Keausan (mm^3/Nm)
1	Hosseini, S Behnam. 2014. "*Effect of nano-SiO2 on physical and mechanical properties of fiber reinforced composites (FRCs)*". J Indian Acad Wood Sci	HDPE	Silica	2%			56	
				5%			58	
2	Tabar, Mohsen M. 2015. "*Using silicon dioxide (SiO2) nano-powder as reinforcement for walnut shell flour/HDPE composite materials*" J Indian Acad Wood Sci	HDPE	Silica	2%	18.29			
				4%	16.7			

3	Sheykh, MJ. 2017. "*Wear Resistance and Friction Coefficient of SiO2 and ash-filled HDPE Composites. Polymer Bulletin.*	HDPE	Silica	2%	0.024
				3%	0.019

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

UCAPAN TERIMA KASIH

Merupakan sebuah pencapaian bagi penulis pribadi untuk dapat akhirnya menyelesaikan tugas akhir ini. Dalam perjalannnya, penulis menerima serta mendapatkan dukungan baik secara moril dan materil dari berbagai pihaj. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ayah, ibuk, dek Aya dan seluruh keluarga besar yang tidak pernah berhenti mendoakan serta memberi dukungan moril ataupun materiil kepada penulis.
2. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS yang telah banyak membantu penulis dalam penilitian ini.
3. Muhammad Najib H P, teman penulis dari sejak tahun pertama berkuliah, hingga akhirnya dapat bersama – sama menyelesaikan kewajiban lulus dari perguruan tinggi.
4. Prama, Buyung, Nawe, Jojo dan Jodi, selaku band untuk mempersiapkan single penulis yang tak kunjung rampun berjudul Seribu Candi.
5. Keluarga besar MT18 yang selalu memberikan kenangan baik di kondisi yang menyenangkan maupun menyusahkan, selalu berusaha membuat setiap momen berarti bagi penulis.
6. Keluarga besar ITS Jazz Surabaya, yang memberikan wadah bagi penulis untuk dapat mengekpresikan hobi bermusik penulis.
7. Unit Kerja Khusus HMMT 18/19, yang telah membantu penulis menyelesaikan tanggung jawab sebagai kepala unit.
8. Seluruh panitia Silver Parade VI yang telah bersama – sama membangkitkan kembali Silver Parade dan memberikan pengalaman kepada generasi penerus akan pentingnya berkepanitiaan.

9. BPH-PI HMMT 18/19 yang selalu membuat pusing penulis, yang selalu membuat penulis susah tidur, karena didalamnya banyak sekali terjadi gesekan pendapat serta pandangan, namun disitulah penulis dapat mengerti ap a arti dari kata ikhlas.
10. Iyok, Aldo, dan Niken, partner penulis dalam belajar tentang event di kepanitiaan ITS Expo sejak tahun pertama hingga mencapai jabatan tertinggi sebagai konseptor serta BPH panitia ITS Expo.
11. Seluruh panitia ITS Expo yang pernah bekerja sama dengan penulis dan membantu perkembangan penulis dalam hal diluar akademik.
12. Abyan Farrasi, manusia keras kepala yang selalu terbuka akan perkembangan dunia dan visi – visi yang selalu terjaga.
13. Teman – teman "Benar-benar Berinovasi" yang menjadi tempat untuk berbagi suka dan duka serta membuat Laboratorium Material Inovasi menjadi nyaman dan menyenangkan selama pengerjaan tugas akhir.
14. Nurunnisa Rachmadani selaku wanita terbaik bagi penulis yang selalu menemani penulis dalam segala kondisi, selalu memberikan dukungan, serta selalu sabar menghadapi penulis disaat penulis sedang mengalami hari yang buruk, dan selalu setia menemani penulis.
15. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebtukan satu persatu.

Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua yang membutuhkan.

Surabaya, 25 Juli 2020
Penulis

Hanggayu Aly Sabtiadi

BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap Hanggayu Aly Sabtiadi. Lahir di Kota Semarang pada tanggal 28 Agustus 1999 merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Yansri Mislejar Budi dan Aryani Dwi Satiti. Penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Permata Internusa Semarang, SD Hj. Isriati Baiturrahman I Semarang, SMP Nasima Semarang, dan SMA Negeri 11 Semarang. Kemudian pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama menjalani masa perkuliahaan, penulis mengikuti kegiatan pelatihan LKMM Pra TD, LKMW TD, BMS, LKMM TD dan PMO HMMT FTI ITS. Penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan di tingkat institute seperti ITS EXPO pada tahun 2017 dan 2019. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan berorganisasi di Senat Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (SM3) sebagai staff pada kepengurusan HMMT 2017/2018 serta di Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT FTI-ITS) sebagai kepala Unit Kerja Khusus (UKK) pada kepengurusan 2018/2019. Pada tahun 2019, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Inka Multi Solusi (IMS) selama kurang lebih 1 bulan. Penulis melakukan penelitian di bidang Material Inovatif dengan tugas akhir berjudul "Analisis Pengaruh Penambahan Bahan Aditif (Aluminium Oksida dan Bismuth Oksida) Terhadap Sifat Mekanik *High Density Polyethylene* untuk Aplikasi *Doctor Blade"*. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email alyhangga@gmail.com dan nomor telepon 081904403023.