

**PENGARUH FRAKSI VOLUME KOMPOSIT *HYBRID* POLIETILEN YANG
DIPERKUAT SERBUK SEKAM PADI DAN SERBUK *CARBON BLACK*
TERHADAP KEKUATAN TEKAN**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

Meru Reza Sulaiman
NIM. 0410622019-62

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2007

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH FRAKSI VOLUME KOMPOSIT *HYBRID* POLIETILEN YANG
DIPERKUAT SERBUK SEKAM PADI DAN SERBUK *CARBON BLACK*
TERHADAP KEKUATAN TEKAN**

SKRIPSI

Konsentrasi Teknik Produksi

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik**



Disusun oleh :

Meru Reza Sulaiman
NIM.0410622019-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Sugiarto, ST, MT
NIP.132 137 966

Moch. Syamsul Ma'arif, ST, MT.
NIP.132 288 243



LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH FRAKSI VOLUME KOMPOSIT *HYBRID* POLIETILEN YANG DIPERKUAT SERBUK SEKAM PADI DAN SERBUK *CARBON BLACK* TERHADAP KEKUATAN TEKAN

Disusun oleh :

Meru Reza Sulaiman
NIM.0410622019-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 14 Juni 2007

Skripsi 1

Ir. Suharto, MT
NIP. 131 131 025

Skripsi 2

Ir. Pratikto, M. MT.
NIP. 130 928 864

Komprehensif

Ir. Djoko Sutikno, M.Eng
NIP : 131 276 249

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 132 159 708



DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| LEMBAR PERSETUJUAN | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| RINGKASAN | ix |
| I. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Penelitian Sebelumnya | 4 |
| 2.2 Material Komposit | 4 |
| 2.3 Manfaat Material Komposit | 5 |
| 2.4 Komposit <i>Hybrid</i> | 6 |
| 2.5 Pengisi (<i>Filler</i>) | 6 |
| 2.6 Klasifikasi Bahan Penguat Komposit | 7 |
| 2.7 Matrik Komposit | 8 |
| 2.8 Polimer | 8 |
| 2.8.1. Termoset Resin | 8 |
| 2.8.2. Termoplastik Resin | 9 |
| 2.9 Serbuk Sekam Padi Sebagai Pengisi (<i>Filler</i>) | 11 |
| 2.10 Serbuk <i>Carbon Black</i> Sebagai Pengisi (<i>Filler</i>) | 12 |
| 2.11 Teori Ikatan Penguat Terhadap Komposit Matrik | 12 |
| 2.12 Proses Pembuatan Komposit | 13 |
| 2.13 Kekuatan Tekan Komposit | 13 |

| | | |
|------------------------------------|--|----|
| 2.14 | Metode Pembuatan Komposit | 14 |
| 2.15 | Hipotesis | 15 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | | |
| 3.1 | Metodologi Penelitian | 16 |
| 3.2 | Tempat dan Waktu Penelitian | 16 |
| 3.3 | Bahan dan Alat Penelitian | 16 |
| 3.3.1 | Bahan | 16 |
| 3.3.2 | Alat | 16 |
| 3.4 | Variabel Penelitian | 16 |
| 3.5 | Prosedur Penelitian | 18 |
| 3.5.1 | Proses Pembuatan Spesimen Komposit | 18 |
| 3.6 | Metode Pengujian | 18 |
| 3.6.1 | Pengujian Kekuatan Tekan Komposit | 18 |
| 3.6.2 | Langkah Kerja Pengujian Kekuatan Tekan | 19 |
| 3.7 | Rancangan Penelitian | 19 |
| 3.8 | Diagram Alir Penelitian | 21 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | | |
| 4.1 | Data Hasil Penelitian | 22 |
| 4.1.1 | Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Komposit Tunggal | 22 |
| 4.1.2 | Data Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Komposit <i>Hybrid</i> | 23 |
| 4.2 | Analisis Varian | 25 |
| 4.3 | Analisis Efek <i>Hybrid</i> | 27 |
| 4.4 | Pembahasan Grafik | 30 |
| 4.4.1 | Analisis Grafik Komposit Tunggal | 30 |
| 4.4.2 | Analisis Grafik Komposit <i>Hybrid</i> | 32 |
| 4.4.3 | Analisis Efek <i>Hybrid</i> Kekuatan Tekan | 38 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN | | |
| 5.1 | Kesimpulan | 42 |
| 5.2 | Saran | 42 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |
| LAMPIRAN | | |

DAFTAR TABEL

| No | Judul | Halaman |
|------------|--|---------|
| Tabel 2.1 | Manfaat Material Komposit | 6 |
| Tabel 2.2 | Beberapa Sifat- sifat fisik serbuk <i>carbon black</i> | 12 |
| Tabel 3.1 | Perbandingan Fraksi volume komposit tunggal | 17 |
| Tabel 3.2 | Perbandingan Fraksi volume komposit <i>Hybrid</i> | 17 |
| Tabel 3.3 | Dimensi Spesimen | 18 |
| Tabel 3.4 | Rancangan Penelitian Komposit | 19 |
| Tabel 3.5 | Tabel Analisis Varian Satu Arah | 20 |
| Tabel 4.1 | Data Hasil Pengujian Serbuk Sekam Padi | 22 |
| Tabel 4.2 | Data Hasil Pengujian Serbuk <i>Carbon Black</i> | 22 |
| Tabel 4.3 | Data Hasil Pengujian Komposit <i>Hybrid</i> 1:3 | 23 |
| Tabel 4.4 | Data Hasil Pengujian Komposit <i>Hybrid</i> 1:7 | 23 |
| Tabel 4.5 | Data Hasil Pengujian Komposit <i>Hybrid</i> 1:1 | 24 |
| Tabel 4.6 | Data Hasil Pengujian Komposit <i>Hybrid</i> 3:1 | 24 |
| Tabel 4.7 | Data Hasil Pengujian Komposit <i>Hybrid</i> 7:1 | 25 |
| Tabel 4.8 | Analisis Varian Satu Arah Serbuk Sekam Padi | 25 |
| Tabel 4.9 | Analisis Varian Satu Arah Serbuk <i>Carbon Black</i> | 25 |
| Tabel 4.10 | Analisis Varian Satu Arah <i>Hybrid</i> 1:3 | 26 |
| Tabel 4.11 | Analisis Varian Satu Arah <i>Hybrid</i> 1:7 | 26 |
| Tabel 4.12 | Analisis Varian Satu Arah <i>Hybrid</i> 1:1 | 26 |
| Tabel 4.13 | Analisis Varian Satu Arah <i>Hybrid</i> 3:1 | 27 |
| Tabel 4.14 | Analisis Varian Satu Arah <i>Hybrid</i> 7:1 | 27 |
| Tabel 4.15 | Analisis Efek <i>Hybrid</i> 1:3 | 28 |
| Tabel 4.16 | Analisis Efek <i>Hybrid</i> 1:7 | 28 |
| Tabel 4.17 | Analisis Efek <i>Hybrid</i> 1:1 | 28 |
| Tabel 4.18 | Analisis Efek <i>Hybrid</i> 3:1 | 29 |
| Tabel 4.19 | Analisis Efek <i>Hybrid</i> 7:1 | 29 |

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

| No | Judul | Halaman |
|------------|---|---------|
| Gambar 2.1 | Arah Penyusunan Pengisi (<i>filler</i>) | 7 |
| Gambar 2.3 | Struktur Kimia LDPE | 10 |
| Gambar 2.4 | Struktur Partikel Serbuk <i>Carbon Black</i> | 12 |
| Gambar 2.5 | <i>Injection Moulding</i> | 15 |
| Gambar 3.1 | Spesimen Pengujian Kekuatan Tekan | 18 |
| Grafik 4.1 | Grafik Hubungan Fraksi Volume Serbuk Sekam Padi Terhadap Kekuatan Tekan | 30 |
| Grafik 4.2 | Grafik Hubungan Fraksi Volume Serbuk <i>Carbon Black</i> Terhadap Kekuatan Tekan | 31 |
| Grafik 4.3 | Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit <i>Hybrid</i> 1:7 Terhadap Kekuatan Tekan | 32 |
| Grafik 4.4 | Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit <i>Hybrid</i> 1:3 Terhadap Kekuatan Tekan | 33 |
| Grafik 4.5 | Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit <i>Hybrid</i> 1:1 Terhadap Kekuatan Tekan | 34 |
| Grafik 4.6 | Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit <i>Hybrid</i> 3:1 Terhadap Kekuatan Tekan | 35 |
| Grafik 4.7 | Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit <i>Hybrid</i> 7:1 Terhadap Kekuatan Tekan | 37 |
| Grafik 4.8 | Grafik Hubungan Hubungan Kekuatan Tekan <i>hybrid</i> 1:7 (Aktual dan Teoritis) Terhadap Fraksi Volume Komposit | 38 |
| Grafik 4.8 | Grafik Hubungan Hubungan Kekuatan Tekan <i>hybrid</i> 1:3 (Aktual dan Teoritis) Terhadap Fraksi Volume Komposit | 39 |
| Grafik 4.8 | Grafik Hubungan Hubungan Kekuatan Tekan <i>hybrid</i> 1:1 (Aktual dan Teoritis) Terhadap Fraksi Volume Komposit | 40 |
| Grafik 4.8 | Grafik Hubungan Hubungan Kekuatan Tekan <i>hybrid</i> 3:1 (Aktual dan Teoritis) Terhadap Fraksi Volume Komposit | 40 |
| Grafik 4.8 | Grafik Hubungan Hubungan Kekuatan Tekan <i>hybrid</i> 7:1 (Aktual dan Teoritis) Terhadap Fraksi Volume Komposit | 41 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No | Judul |
|------------|---|
| Lampiran 1 | Foto Makro Spesimen |
| Lampiran 2 | Properties Serbuk <i>Carbon Black</i> |
| Lampiran 3 | Contoh perhitungan analisis satu arah komposit tunggal serbuk sekam padi. |
| Lampiran 4 | Nilai optimal pada komposit hybrid dengan perbandingan 7:1. |
| Lampiran 5 | Nilai-nilai untuk distribusi F. |

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



RINGKASAN

MERU REZA SULAIMAN, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2007, **Pengaruh Fraksi Volume Komposit *Hybrid* Polietilen Yang Diperkuat Serbuk Sekam Padi Dan Serbuk *Carbon Black* Terhadap Kekuatan Tekan**, Dosen Pembimbing : Sugiarto, ST, MT dan Moch. Syamsul Ma'arif, ST, MT.

Penggunaan material baru sebagai bahan alternatif pengganti bahan- bahan asli telah dimanfaatkan sesuai dengan perkembangan zaman dan juga didukung oleh kemajuan teknologi. Salah satu alternatif yang dipakai adalah serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* karena selama ini kedua penguat tersebut digunakan untuk makanan ternak dan sebagai bahan pembakaran. Serbuk sekam padi merupakan bahan organik yang banyak mengandung lignoselulosa yang menyebabkan sifat kaku dan kuat tetapi karena sifat kekuatan alami yang masih rendah maka dilakukan penggabungan penggunaan serbuk sekam padi dengan serbuk *carbon black* sebagai penguat pada material komposit.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh fraksi volume serbuk pada komposit *hybrid* matrik polietilen yang diperkuat serbuk sekam padi (SP) dan serbuk *carbon black* (CB) terhadap kekuatan tekan serta efek *hybrid* yang terjadi akibat penggabungan kedua jenis serbuk tersebut. Dari penelitian ini diambil masing- masing 5 variasi dari variabel bebas yaitu untuk variasi komposit tunggal sebesar 8%, 16%, 20%, 24%, 28% sedangkan untuk fraksi volume komposit *hybrid* sebesar acuan dari fraksi volume komposit tunggal tetapi dilakukan beberapa variasi agar diketahui salah satu serbuk yang paling dominan. Setelah itu dilakukan pengujian untuk mendapatkan variabel terikat yaitu kekuatan tekan kemudian dilakukan pembahasan dari hasil pengambilan data yang dilakukan.

Dari hasil pembahasan penelitian didapat bahwa peningkatan fraksi volume komposit tunggal maupun fraksi volume komposit *hybrid* matrik polietilen akan meningkatkan kekuatan tekan komposit. Penggabungan serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* sampai batas fraksi volume 28% memberikan efek *hybrid* positif terhadap kekuatan tekan. Hanya pada komposit *hybrid* 1:7 (1% serbuk sekam padi: 7% serbuk *carbon black*) yang mengalami efek *hybrid* negatif. Sedangkan untuk komposit *hybrid* dengan perbandingan 1:7 dan 1:3 tidak memberikan pengaruh terhadap kekuatan tekan karena tidak signifikan terhadap pemilihan fraksi volume.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan material baru sebagai bahan alternatif pengganti bahan- bahan asli telah dimanfaatkan sesuai dengan perkembangan zaman dan juga didukung oleh kemajuan teknologi. Ilmu pengetahuan dan teknologi tentang plastik berkembang pesat sejalan dengan pertumbuhan industri plastik dunia. Material plastik banyak digunakan sebagai pengganti material lainnya seperti logam, karet dan kayu. Plastik memiliki kelebihan dibanding dengan material lain yaitu mampu cetak dengan baik, ringan, mudah didapat dan harganya murah (Sriatie Djaprie, 1997 : 224).

Dalam bidang teknik, material diharuskan memiliki kekuatan yang cukup tinggi. Untuk meningkatkan kekuatan, dalam prosesnya plastik tersebut harus ditambah suatu pengisi (*filler*) sebagai penguat didalamnya. Penguat tersebut dapat berupa serbuk atau serat. Material yang terdiri dari penguat yang diikat dengan polimer sering disebut material komposit. Serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* sebagai pengisi (*filler*) yang ditambahkan kedalam plastik yang berfungsi sebagai matrik bertujuan untuk meningkatkan kekakuan dan mengurangi densitas (Sriatie Djaprie, 1997 : 224).

Salah satu bahan alternatif yang digunakan sebagai serbuk alami adalah serbuk sekam padi (*rice husk flour*) dan *carbon black*. Serbuk sekam padi merupakan bahan organik yang banyak mengandung lignoselulosa. Bahan lignoselulosa terdiri dari serat-serat selulosa yang diselaputi oleh matriks yang disebut lignin. Bahan lignoselulosa menyebabkan sifat kaku dan kuat (Soenardjo, 1991 : 123) sedangkan serbuk *carbon black* merupakan hasil pembakaran tidak sempurna dari kayu yang berwarna hitam yang memiliki kelebihan selain meningkatkan kekuatan juga sebagai penyetabil, dapat menyerap atau menyaring UV dan meningkatkan konduktivitas listrik (Anonim, 2001, Karakteristik *carbon black*, <http://www.Exxonmobil.com>).

Pemberian serbuk pada pembuatan komposit dapat memberikan pengaruh terhadap sifat komposit tersebut baik berupa sifat kimia, sifat mekanik dan sifat fisik (Ismunandar, 2003 : 142). Salah satu sifat komposit yang berpenguat serbuk alam adalah kekuatan tekan yang baik sehingga dari sifat tersebut dapat dikembangkan material komposit yang diperkuat serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black*, pada

akhir- akhir ini semakin banyak digunakan dalam industri otomotif dan pembuatan palu plastik.

Dari sedikit uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai seberapa jauh pengaruh fraksi volume komposit *hybrid* polietilen yang diperkuat serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* terhadap kekuatan tekan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat ditarik suatu rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimanakah pengaruh fraksi volume komposit tunggal polietilen yaitu serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* terhadap kekuatan tekan ?
2. Bagaimanakah pengaruh fraksi volume komposit *hybrid* polietilen yang diperkuat serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* terhadap kekuatan tekan

1.3. Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak terlalu luas maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

- a. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekuatan tekan.
- b. Jenis matrik adalah biji plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*).
- c. Ukuran ayakan serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* adalah antara 200- 250 μm dan antara 300- 400 μm .
- d. Temperatur *injection moulding* adalah 150⁰C.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian skripsi ini adalah :

Untuk mengetahui fraksi volume komposit *hybrid* polietilen yang diperkuat serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* terhadap kekuatan tekan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

Penelitian ini diharapkan memberi manfaat bagi pengembangan material baru khususnya material komposit yang memanfaatkan bahan baku pertanian sebagai bahan utamanya. Selain itu sebagai upaya pengembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi dimasa mendatang.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Eko Wahyu Hidayat (2005) meneliti tentang pengaruh tekanan injeksi dan fraksi volume *carbon black* terhadap kekuatan tarik komposit *polietilene*. Variasi tekanan injeksi adalah 7,8,9,10 bar dan fraksi volume *carbon black* adalah 5%,15%,25%,35%. Hasil penelitian didapatkan bahwa peningkatan tekanan injeksi berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit *polietilene* sedangkan kekuatan tarik terus meningkat seiring peningkatan tekanan injeksi dan fraksi volume. Pada fraksi volume 25% dengan tekanan injeksi 10 bar kekuatan tariknya sebesar 2,405 kg/m². Pada foto makro terlihat bahwa pada fraksi volume 35% timbul retakan pada bagian reduksi dan akan merambat sehingga terjadi perpatahan rapuh.

RetnoWati (2006) meneliti tentang pemanfaatan serbuk sekam padi dengan resin (*polyester* dan *polystirene*). Komposisinya adalah 20:80. Pengujian bahan yang dilakukan adalah uji impak, uji tarik, uji tahan nyala, uji tahan kimia. Hasil penelitian adalah kekuatan mekanik akan meningkat bila serbuk sekam padi homogen dan seiring kecilnya ukuran serbuk tersebut. Hasil uji tarik untuk tegangan terjadi pada spesimen matrik *polystirene* yaitu 113,028 MPa dan untuk regangan matrik *polyester* yaitu 1,264%

2.2. Material Komposit

Komposit adalah suatu material yang tersusun atas dua atau lebih yang memiliki perbedaan karakteristik, sifat kimia dan tidak selalu melarutkan kemudian dicampurkan dan disusun secara sistematis untuk memperoleh sifat tertentu yang berbeda dari sifat pembentuknya. Komposit terdiri dari dua unsur pembentuk yaitu matrik dan pengisi (*filler*). Matrik adalah unsur sebagai pengikat sedangkan *filler* sebagai bahan penguat yang akan menanggung beban jika material tersebut menerima gaya dari luar. Penambahan *filler* kedalam matrik bertujuan untuk mengurangi densitas, meningkatkan kekakuan dan mengurangi biaya per unit volume. Dari pencampuran tersebut akan menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya (Sriati Djaprie, Ilmu dan Teknologi Bahan, 1991: 591).

Hal yang perlu diperhatikan pada komposit yang diperkuat agar dapat membentuk produk yang efektif adalah : (Schwartz Mel. M, 1997 : 48)

1. Penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dari matriknya.
2. Harus ada ikatan permukaan yang kuat antara penguat dan matrik.

Keuntungan penggunaan bahan komposit adalah :

1. Bobotnya ringan tapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik.
2. Mempunyai massa jenis yang ringan jika dibandingkan dengan logam.
3. Hasil akhir yang lebih baik.
4. Biaya produksi lebih murah.
5. Umur pemakaian lama.
6. Tahan terhadap korosi.

Sedangkan kekurangan dari material komposit adalah :

1. Komposit tertentu peka terhadap perubahan temperatur yang drastis.
2. Beberapa penyusun bahan komposit mudah terbakar.
3. Perbaikan lebih sulit bila terjadi kerusakan.
4. Mempunyai kekerasan yang rendah.

Material komposit tersusun atas :

1. Bahan penguat (*particulate*) sebagai penahan beban.
2. Bahan pengikat (matrik / resin) sebagai perekat

2.3. Manfaat Material Komposit

Material komposit sangat bermanfaat bagi kehidupan kita. Banyak barang-barang disekitar kita terbuat dari bahan komposit. Material komposit banyak digunakan hampir diseluruh bidang industri misalnya bidang industri otomotif, elektronik, rumah tangga maupun penerbangan. Contoh penggunaan material komposit dalam berbagai industri dapat dilihat pada tabel 2.1.

Table 2.1. Manfaat material komposit

| <i>Industrial Sector</i> | <i>Example</i> |
|--------------------------|---|
| <i>Aerospace</i> | <i>Interior panel, wings, landing gear, fuel tank, seats, floor, tail panels.</i> |
| <i>Automotive</i> | <i>Body panels, spoiler, lamp housing, bumper, instrument panel.</i> |
| <i>Boath</i> | <i>Deck, interior panel</i> |
| <i>Domestic</i> | <i>Chairs, tables, baths, shoer unit, interior and exterior.</i> |

Sumber : F. L Matthew and R. D. Rowling, *Composite Material* 1993.

2.4. Komposit *Hybrid*

Komposit ini terbuat dari gabungan dua atau lebih pengisi (partikel dan serat) dan matrik yang membentuk satu kesatuan struktur dalam skala makroskopik. Komposit *hybrid* dapat berupa gabungan dari berbagai jenis bahan penguat yang digabung dalam satu matrik seperti penggabungan dua serbuk yang berbeda dalam satu matrik bahkan juga bisa dikombinasikan seperti serbuk dengan serat yang digabung dalam satu matrik.

Efek *hybrid* menentukan apakah campuran serbuk penguat yang dipilih sesuai dengan jenis matrik yang dipergunakan dalam pembuatan komposit *hybrid*. Efek *hybrid* positif berarti penggabungan kedua jenis serbuk pada masing- masing fraksi volume memberikan kontribusi pada sifat mekanik dan campuran serbuk penguat yang dipilih sesuai dengan jenis matrik yang dipilih. Jika efek *hybrid* negatif berarti campuran serbuk yang dipilih tidak memberikan kontribusi terhadap sifat mekanik. Terdapat kecenderungan hanya satu jenis serbuk saja yang dominan yang memberikan kontribusi terhadap sifat mekanik.

2.5. Pengisi (*Filler*)

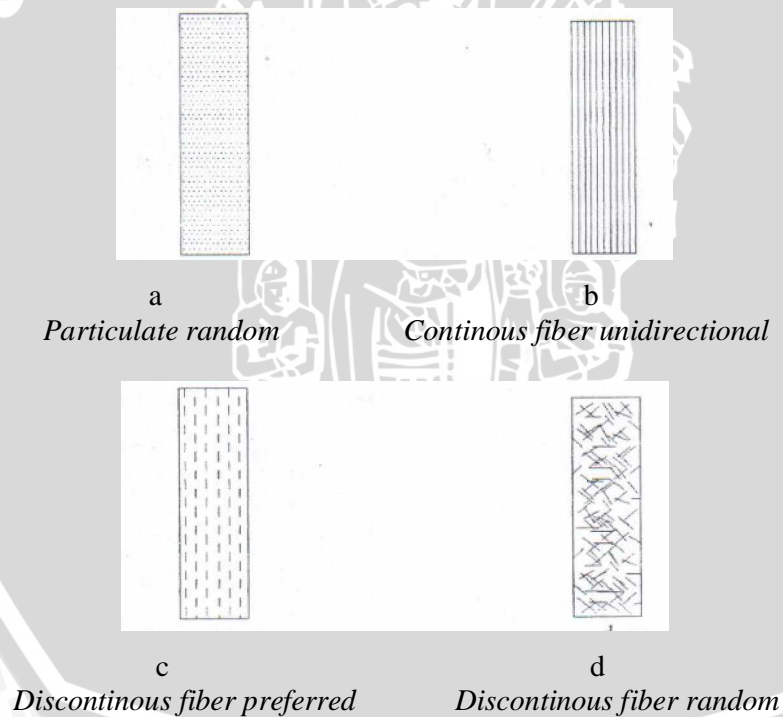
Adalah bahan yang digunakan untuk ditambahkan pada resin untuk meningkatkan sifat- sifatnya atau untuk mengurangi ongkos produksi (Tata Surdia, 2000 : 246). Pengisi berfungsi sebagai penguat pada matrik. Ukuran serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* berbeda karena dengan ukuran semakin kecil akan semakin mudah butir tersebut bergabung dengan butir lain.

2.6. Klasifikasi Bahan Penguat Komposit

Bahan komposit dapat digolongkan beberapa jenis tergantung pada jenis matrik dan penguat baik berupa serbuk atau serat. Secara garis besar bahan komposit terdiri dari dua macam yaitu : bahan komposit partikel dan bahan komposit serat. Bahan komposit yang penguatnya terdiri dari partikel disebut bahan komposit partikel secara definisi adalah bukan serat karena tidak memiliki panjang (Schwartz, 1997 : 42) :

Keuntungan penggunaan dari polimer komposit serbuk antara lain :

1. Mudah dibentuk dengan menggunakan beberapa metode.
2. Bersifat isotropik sehingga material mempunyai sifat mekanik yang sama pada segala arah.
3. Memberikan efek terhadap sifat mekanik pada material seperti kekerasan, ketahanan mulur dan kekuatan tekan.



Gambar 2.1. Arah penyusunan pengisi (filler)

Sumber : F. L Matthew and R. D. Rowling, *Composite Material* 1993 : 8.

2.7. Matrik Komposit

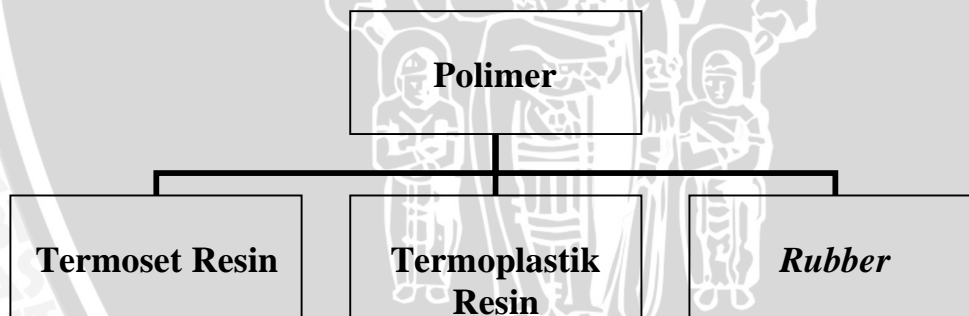
Matrik adalah bahan yang berfungsi sebagai mengikat penguat satu dengan yang lainnya. Matrik berfungsi sebagai perekat atau pemegang dan pelindung serbuk dari kerusakan *eksternal* dan matrik juga berfungsi sebagai pendistribusi beban yang dikenakan pada material komposit serbuk. Bahan yang biasanya dipakai sebagai matrik adalah *metal* atau polimer.

Fungsi matrik dalam material komposit adalah :

1. Menjaga agar *particulate* dalam struktur kompositnya.
2. Membantu mendistribusikan beban yang diterima oleh komposit.
3. Melindungi pengisi dari kerusakan oleh lingkungan sekitarnya.
4. Melindungi *particulate* dari kerusakan eksternal.

2.8. Polimer

Polimer terdiri dari bahan organik yang terdiri dari unsur yang mengandung karbon. Bagian terkecil dari polimer disebut monomer. Material ini terdiri dari plastik dan elastomer.



Gambar 2.2. Arah penyusunan pengisi (*filler*)

Sumber : F. L. Matthew and R. D. Rowling, *Composite Material* 1993 : 7

2.8.1. Termoset Resin

Tipe plastik ini dibentuk dengan reaksi kimia dan tidak dapat dipanaskan dan dibentuk kembali meskipun demikian jika suhu yang diberikan terlalu tinggi material ini dapat saja terdegradasi atau terurai. Sebagian besar plastik tipe ini terdiri dari jaringan atom karbon yang berikatan secara beraturan guna membentuk ikatan yang rigid.

Beberapa kelebihan penggunaan termoset sebagai matrik adalah (Schwartz, 1997 : 46) :

1. Mengikat pengisi dengan mudah dan baik.
2. Memiliki viskositas yang rendah.
3. Memiliki kelengketan dan kekakuan yang baik dengan bahan penguat.

Macam- macam dari plastik jenis termoset antara lain :

1. Poliester

Merupakan resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti termoset lainnya sehingga tidak memerlukan penekanan saat pencetakan.

2. Epoksi

Resin ini banyak digunakan untuk aplikasi rekayasa karena memiliki sifat- sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan resin lain antara lain karena kekuatan tarik dan tekan yang tinggi, tahan terhadap kimia, stabilitas ukuran yang baik, ketahanan termal yang tinggi dan mudah dibentuk tanpa dipanaskan terlebih dahulu.

3. Fenol

Resin ini yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Memiliki sifat kestabilan dimensi yang baik, rambatan patahan yang lambat, ketahanan kimia yang baik dan emisi racun yang rendah pada saat terbakar. Material ini banyak digunakan sebagai bahan elektronika dan otomotif.

2.8.2. Termoplastik Resin

Jenis plastik ini membutuhkan panas agar dapat dibentuk dan bila setelah proses pendinginan material ini tetap dapat menjaga bentuk seperti waktu dicetak. Material jenis ini dapat dipanaskan dan dapat dibentuk kembali secara continue dan tidak akan mempunyai pengaruh terhadap sifat- sifatnya. Sebagian besar material ini disusun dari rantai karbon yang sangat panjang yang berikatan secara rigid.

Macam- macam termoplastik adalah :

1. Polietilene

Resin ini dibuat dengan jalan polimerisasi dari gas etilen yang diperoleh dengan memberi gas hidrogen petroleum pada pemecahan minyak, gas alam atau etilen. Pada penelitian ini matrik yang digunakan adalah matrik polimer polietilen jenis

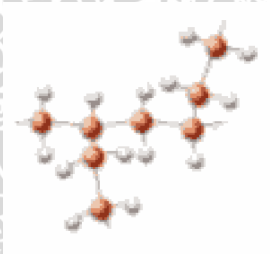
LDPE (*Low Density Polyethylene*). Kelebihan LDPE yaitu mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik. Temperatur untuk melelehkan biji plastik LDPE adalah 150°C .

Sifat- sifat dari *polyethylene* adalah :

- Kekuatan tariknya semakin naik bila massa jenisnya naik tetapi berbanding terbalik dengan kekuatan impact.
- Mempunyai sifat- sifat kimia yang stabil dan tahan terhadap berbagai bahan kimia kecuali kalida dan oksida.
- Mempunyai mampu cetak yang baik.

Polietilene dapat digolongkan tiga macam yaitu :

- *Low density polyethylene* (LDPE) massa jenis $0,910 - 0,926 \text{ g/cm}^3$.
- *Medium density polyethylene* (MDPE) massa jenis $0,926 - 0,940 \text{ g/cm}^3$.
- *High density polyethylene* (HDPE) massa jenis $0,941 - 0,965 \text{ g/cm}^3$.



Gambar 2.3. Struktur Kimia Low Density *Polyethylene* (LDPE)
Sumber : www.tenax.net/industry/raw/material.

2. Polipropilene

Resin ini mempunyai massa jenis yang rendah dan kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer. Resin ini mempunyai penyusutan yang lebih kecil saat proses cetak sehingga memiliki kestabilan yang lebih baik dan banyak digunakan untuk meja dan mainan.

3. Nilon

Nilon mempunyai ketahanan terhadap reaksi kimia dan *melting point* 260°C . Merupakan plastik berstruktur kristalin, tangguh dan memiliki sifat listrik yang baik tetapi memiliki kestabilan dimensi yang rendah.

4. Polistiren

Resin ini tidak memiliki warna merupakan resin transparan dimana memiliki massa jenis yang rendah dari pada polipropilene dan *polyethylene* dan sedikit menyerap air tetapi strukturnya rapuh serta memiliki tahanan panas dan kimia rendah.

5. Acetals

Acetals memiliki kekakuan yang baik, ketahanan leleh yang baik, stabilitas dimensional yang baik, koefisien gesek yang kecil dan ketahanan temperatur 90°C.

6. Polysulfones

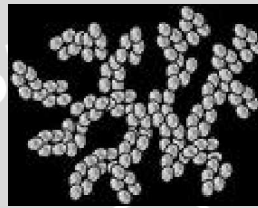
Polysulfones mempunyai penampakan yang transparan. Material ini mempunyai ketangguhan dan ketahanan panas yang baik dan kekakuan yang baik juga sampai temperatur 174°C. Penggunaan material ini untuk komponen TV dan peralatan kedokteran.

2.9. Serbuk sekam Padi Sebagai Pengisi (*Filler*)

Padi memiliki bagian terluar yang disebut sekam. Sekam padi merupakan bahan alami yang banyak mengandung *lignoselulosa*. Bahan *lignoselulosa* terdiri dari serat-serat selulosa yang diselaputi oleh matriks yang disebut *lignin*, bahan *lignoselulosa* yang menyebabkan timbulnya sifat kuat dan kaku (Albert, 1982 : 134). Komposit serbuk sekam padi terdiri dari potongan kecil sekam padi dalam bentuk serbuk yang direkatkan dengan resin. Pembuatan komposit dengan menggunakan matriks dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sekam padi yang menghasilkan produk yang inovatif sebagai bahan pengganti kayu. Produk bahan komposit yang berlignoselulosa non kayu memiliki keunggulan seperti biaya produksi murah, kerapatan rendah, bersifat biodegradable serta sifat- sifatnya tahan korosi dan ringan (Febrianto, 1999 : 145). Sekam padi memiliki massa jenis rata- rata 0,67- 0,74 g/cm³. Adanya tinggi kandungan *silika* yang tinggi menunjukkan bahwa lapisan luar dari sekam menghasilkan kekerasan ± 5,5- 6,5 skala Mohs. Sehingga sekam padi dapat dijadikan sebagai bahan abrasif dan juga menyebabkan derajat kekerasan yang tinggi dan suhu terdekomposisi 180°C (Luh, 1991 : 270).

2.10. Serbuk Carbon Black Sebagai Pengisi (*Filler*)

Serbuk *Carbon black* adalah elemen karbon berbentuk partikel yang sangat halus dan lunak memiliki struktur molekul *amorf* berwarna hitam karena hasil dari proses pembakaran. Jenis *carbon black* didasarkan pada karakteristik distribusi ukuran partikel, derajat pengumpulan dan pengelompokannya dan jenis *adsorber* kimia pada permukaannya. Penggunaan secara umum *carbon black* adalah dalam produksi karet, tinta, cat dan *aditive* plastik.



Gambar 2.4. Struktur Partikel Serbuk *Carbon Black*

Sumber : <http://www.Lenntech.com>

Tabel 2.2. Beberapa sifat- sifat fisik serbuk *carbon black*.

| | |
|---|---------|
| <i>Atomic number</i> | 6 |
| <i>Molecular Weight (g/mol)</i> | 12,0111 |
| <i>Melting Point (°C)</i> | 3727 |
| <i>Boiling Point (°C)</i> | 4830 |
| <i>Surface Area (m²/g)</i> | 90-460 |
| <i>Thermal Conductivity (cal/s-cm-°C)</i> | 0,057 |
| <i>Mohs Hardness @ 20°C</i> | 2-2,9 |
| <i>pH</i> | 3-10 |

Sumber : [http:// www. Readecom/Products/Carbons/carbon_black.html](http://www.Readecom/Products/Carbons/carbon_black.html).

2.11. Teori Ikatan Penguat terhadap Komposit Matrik

Ikatan yang dapat terjadi pada material komposit diantara matrik dan penguatnya antara lain (F. L Matthews and R.D. Rowling, 1994 : 61) :

1. Ikatan mekanik (*Mechanical Bonding*)

Matrik cair menyebar keseluruh permukaan penguat dan mengisi setiap lekuk dari permukaan sehingga terjadi mekanisme saling mengunci. Semakin kasar permukaan penguat semakin kuat ikatan yang terbentuk.

2. Ikatan Elektrostatik (*Electrostatic Bonding*)

Ikatan ini terjadi antara matrik dan penguat ketika salah satu permukaan mempunyai muatan positif dan permukaan lainnya mempunyai muatan negatif sehingga akan terjadi tarik menarik antar kedua permukaan.

3. Ikatan Kimia (*Chemical Bonding*)

Ikatan kimia adalah ikatan yang terbentuk antara kelompok kimia pada permukaan penguat dan kelompok yang sesuai pada matrik. Sehingga kekuatan ikatannya tergantung pada jumlah ikatan perluasan dan tipe dari ikatan itu.

4. Ikatan Reaksi

Atom atau molekul dari dua komponen dalam komposit dapat bereaksi pada permukaannya sehingga terjadi ikatan reaksi dan membentuk lapisan permukaan yang mempunyai sifat berbeda dari kedua komponen komposit tersebut. Ikatan ini dapat terjadi karena adanya difusi atom-atom permukaan dari komponen komposit yang terjadi pada suhu tinggi.

2.12. Proses pembuatan Komposit

Proses pembuatan komposit yang paling umum dipakai adalah (F. L Matthew and R. D. Rowling, 1994 : 179) :

1. Pembuatan secara fasa padat.

Yaitu dengan mencampurkan pengikat dan penguat dalam keadaan padat dan kemudian ditekan dalam keadaan panas.

2. Pembuatan secara fasa cair.

Dengan mencampurkan pengikat yang telah cair dengan penguat yang padat. Prosesnya dilakukan dengan pengadukan manual.

3. *Deposition.*

Dengan menyemprotkan penguat pada pengikat yang telah cair kemudian membentuk butir- butir cairan dan penguat juga disemprotkan kebutir- butir cairan tersebut sehingga terbentuk campuran yang merata.

4. Proses in situ

Dengan mencampurkan pengikat padat dengan penguat menggunakan kumparan induksi yang bergerak pada tempat tertentu.

2.13. Kekuatan Tekan Komposit

Pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban tekan pada sumbu batang uji standar yang dijepit kedua ujungnya kemudian ditekan umumnya kekuatan tekan lebih besar dari kekuatan tarik.

Kekuatan tekan σ_c didapat persamaan :

$$\sigma_c = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(2-1)$$

P_{maks} adalah beban tekan maksimum (N) yang menyebabkan bahan hancur dan A adalah luas penampang asal (mm²). Pada komposit hibrid, kekuatan tekan komposit hibrid (σ_{HCN}) dapat juga ditentukan berdasarkan *rule of hybrid micture* (Hashemi,1997 : 56) yaitu :

$$\sigma_{cHCN} = \sigma_{cfA} \cdot X_{fA} + \sigma_{cfB} \cdot X_{fB} \dots\dots\dots(2-2)$$

dimana :

σ_{cHCN} = Kekuatan tekan komposit *hibrid*

σ_{1cfA} = Kekuatan tekan komposit dengan serbuk A

σ_{1cfB} = Kekuatan tekan komposit dengan serbuk B

X_{fA} = Rasio *hibrid* serbuk tunggal A

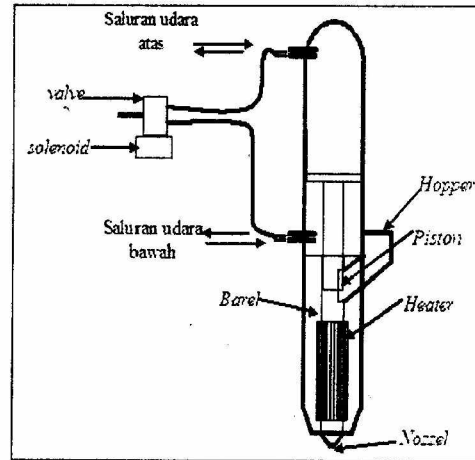
X_{fB} = Rasio *hibrid* serbuk tunggal B

2.15. Metode Pembuatan Komposit

Terdapat tiga macam metode yang dapat digunakan untuk membuat komposit (Ronald F. Gibson : 1994) yaitu :

a. *Injection Moulding*

Pada penelitian ini menggunakan proses injeksi dilakukan dengan cara memberikan tekanan injeksi pada bahan plastik yang telah meleleh oleh sejumlah energi panas untuk dimasukkan kedalam cetakan sehingga didapat bentuk yang diinginkan. Kelebihannya adalah tingkat produksi tinggi, dihasilkan produk tanpa proses pengerjaan akhir, dapat mencetak produk yang sama, produk ukuran kecil dapat dibuat dan ongkos produksi murah.



Gambar 2.5. Injection Moulding

Sumber : [www. Bbc. Co. uk /.../procssstechniquesrev7.shtml](http://www.Bbc.Co.uk/.../procssstechniquesrev7.shtml).

b. Spray Up

Dalam pembuatan komposit dengan menggunakan metode *spray up* ini menggunakan alat penyemprot. Alat penyemprot tersebut berisi resin dan pengisi yang secara bersamaan disemprotkan kedalam cetakan.

c. Hand Lay Up

Proses pembuatan komposit dengan metode *hand lay up* merupakan pembuatan komposit dengan metode lapisan demi lapisan sampai diperoleh ketebalan yang diinginkan. Dimana setiap lapisan berisi matriks dan *filler*. Setelah memperoleh ketebalan yang diinginkan digunakan *roller* untuk meratakan dan menghilangkan udara yang terjebak di atasnya.

2.16. Hipotesis

Semakin besar fraksi volume serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* kekuatan tekan komposit meningkat pada komposit serbuk tunggal. Kekuatan komposit polimer diperkuat serbuk sekam padi lebih besar dari kekuatan komposit polimer diperkuat serbuk *carbon black* sehingga dapat diduga penambahan fraksi volume serbuk sekam padi pada komposit *hybrid polyetilene* akan meningkatkan kekuatan tekan komposit *hybrid*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen nyata (*true experimental research*) yaitu dengan cara pembuatan spesimen kemudian dilakukan pengujian untuk memperoleh data.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Data yang diambil pada penelitian ini dilakukan di :

1. Lab. Pengecoran Logam Universitas Brawijaya Malang.
2. Lab. Uji Bahan Politeknik Negeri Malang.

3.3. Bahan dan Alat Penelitian

3.3.1. Bahan

1. Biji plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*).
2. Serbuk sekam padi (*Rice Husk Flour*) jenis R 64.
3. Serbuk *Carbon black* merk dash black grade N234.

3.3.2. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Mesin *injection moulding*
- b. Mesin uji tekan *Universal Compressive strength testing Machine*.
- c. Timbangan Digital.
- d. Mesin pengayak *rotap*.
- e. Cetakan spesimen uji tekan.

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari 3 macam yaitu :

1. Variabel bebas
 - Fraksi volume serbuk sekam padi (*Rice Husk Flour*)
 - Fraksi volume serbuk *carbon black*
 - Fraksi volume *hybrid*

Tabel 3.1. Perbandingan fraksi volume komposit serbuk tunggal.

| <i>Filler</i> | Fraksi Volume serbuk tunggal | | | | |
|----------------------------|------------------------------|------|------|------|------|
| Serbuk Sekam Padi | 8 % | 16 % | 20 % | 24 % | 28 % |
| Serbuk <i>Carbon black</i> | 8 % | 16 % | 20 % | 24 % | 28 % |

Tabel 3.2. Perbandingan fraksi volume komposit serbuk *hybrid*.

| Perbandingan fraksi volume komposit serbuk <i>hybrid</i> antara serbuk sekam padi dengan serbuk <i>carbon black</i> (%) | | | | | |
|---|---------|----------|--------------|-----------|--------------|
| | 8 % | 16 % | 20 % | 24 % | 28 % |
| 1 : 7 | 1% : 7% | 2% : 14% | 2,5% : 17,5% | 3% : 21% | 3,5% : 24,5% |
| 1 : 3 | 2% : 6% | 4% : 12% | 5% : 15% | 6% : 18% | 7% : 21% |
| 1 : 1 | 4% : 4% | 8% : 8% | 10% : 10% | 12% : 12% | 14% : 14% |
| 3 : 1 | 6% : 2% | 12% : 4% | 15% : 5% | 18% : 6% | 21% : 7% |
| 7 : 1 | 7% : 1% | 14% : 2% | 17,5% : 2,5% | 21% : 3% | 24,5% : 3,5% |

Contoh perhitungan pengambilan fraksi volume adalah :

8 %

$$\begin{aligned} \text{Matrik} &= \text{Volume spesimen} \times \% \text{ volume matrik} \times \rho \text{ LDPE} \\ &= 3,22 \text{ cm}^3 \times 0,92 \times 0,926 \text{ g/cm}^3 \\ &= 2,7 \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Filler sekam padi} &= \text{volume spesimen} \times \% \text{ volume filler} \times \rho \text{ serbuk sekam padi} \\ &= 3,22 \text{ cm}^3 \times 0,08 \times 0,67 \text{ g/cm}^3 \\ &= 0,17 \text{ gr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Filler carbon black} &= \text{volume spesimen} \times \% \text{ volume filler} \times \rho \text{ serbuk carbon black} \\ &= 3,22 \text{ cm}^3 \times 0,08 \times 0,32 \text{ g/cm}^3 \\ &= 0,08 \text{ gr.} \end{aligned}$$

2. Variabel Terikat

Variabel ini dipengaruhi oleh variabel lain pada penelitian ini variabel yang terikat adalah kekuatan tekan.

3. Variabel terkendali

Variabel terkendalinya adalah penggunaan resin polietilen LDPE (*Low Density Polyethylene*) sebagai matrik dan tekanan yang digunakan adalah 120 bar.

3.5. Prosedur Penelitian

Proses pembuatan spesimen komposit adalah sebagai berikut :

1. Serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* dilakukan proses pengeringan agar kandungan air berkurang.
2. Serbuk ditimbang sesuai dengan fraksi volume baik fraksi volume komposit serbuk tunggal dan komposit serbuk *hybrid* yang ditentukan.
3. Dilakukan proses *injection moulding* dengan temperatur 150⁰C dengan waktu tunggu 5 menit agar resin dapat mencair kemudian dicetak menggunakan cetakan yang telah disiapkan.
4. Dengan suhu ruang $\pm 27^{\circ}\text{C}$ spesimen yang telah dilakukan proses *injection moulding* dilakukan pengujian kekuatan tekan.
5. Pengambilan data.

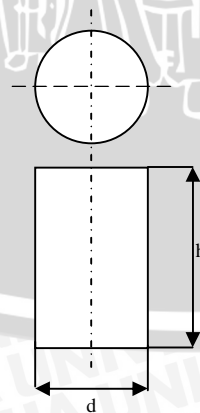
3.6. Metode Pengujian

3.6.1. Pengujian kekuatan Tekan Komposit

Spesimen pengujian tekan dibuat dengan proses *injection moulding* pada cetakan yang telah disiapkan sesuai dengan ASTM D 695. Proses dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing- masing komposisi fraksi volume.

Tabel 3.3. Dimensi spesimen.

| Spesimen | Diameter (d) | Height (h) |
|----------|------------------|----------------|
| 1 | 12,7 mm | 25,4 mm |



Gambar 3.1. Spesimen Pengujian Kekuatan tekan Komposit
Sumber : ASTM D 695, *Compressive Properties of Plastic*.

3.6.2. Langkah kerja pengujian kekuatan tekan

1. Mempersiapkan benda uji
2. Set jarum penunjuk pada angka 0.
3. Set jarum *dial indicator* pada angka 0.
4. Meletakkan benda uji pada dudukan.
5. Menempelkan beban pada permukaan benda uji.
6. Mencatat nilai gaya yang terjadi saat mulai sampai terjadi keretakan.

3.7. Rancangan Penelitian

3.7.1. Rancangan data komposit serbuk tunggal dan serbuk *hybrid*

Tabel 3.4. Rancangan penelitian data kekuatan tekan serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black*.

| Faktor | Perbandingan fraksi volume serbuk sekam padi dan carbon black (%) | | | | |
|-----------|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | A ₁ 8 % | A ₂ 16 % | A ₃ 20% | A ₄ 24% | A ₅ 28% |
| Replikasi | Kekuatan tekan (N.mm ²) | | | | |
| 1 | X ₁₁ | X ₂₁ | X ₃₁ | X ₄₁ | X ₅₁ |
| 2 | X ₁₂ | X ₂₂ | X ₃₂ | X ₄₂ | X ₅₂ |
| 3 | X ₁₃ | X ₂₃ | X ₃₃ | X ₄₃ | X ₅₃ |
| Jumlah | ∑i ₁ | ∑i ₂ | ∑i ₃ | ∑i ₄ | ∑i ₅ |
| Rata-rata | σ m ₁ | σ m ₂ | σ m ₃ | σ m ₄ | σ m ₅ |

Hifni, M, Analisis Varian dan Penerapannya, 1991 : 57

Keterangan :

Y = Data kekuatan tekan material komposit matrik polietilen.

Y_{ij} = Data pengamatan berupa kekuatan tekan material komposit pada perlakuan fraksi volume ke i dan ulangan ke j.

Berdasarkan data tabel dapat ditentukan analisa varian untuk kekuatan tekan yaitu:

- Jumlah seluruh perlakuan : $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}$

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan : $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2$

- Faktor koreksi : $FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{\sum n.i}$
- Jumlah kuadrat total : $JKT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - FK$
- Jumlah kuadrat perlakuan : $JKP = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^k Y_{ij} \right)^2}{n.i} \right] - FK$
- Jumlah kuadrat galat : $JKG = JKT - JKP$
- Kuadrat tengah perlakuan : $KTP = \frac{JKP}{k-1}$
- Kuadrat tengah galat : $KTG = \frac{JKG}{n-k}$
- $F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$

Tabel 3.5. Tabel analisis varian satu arah

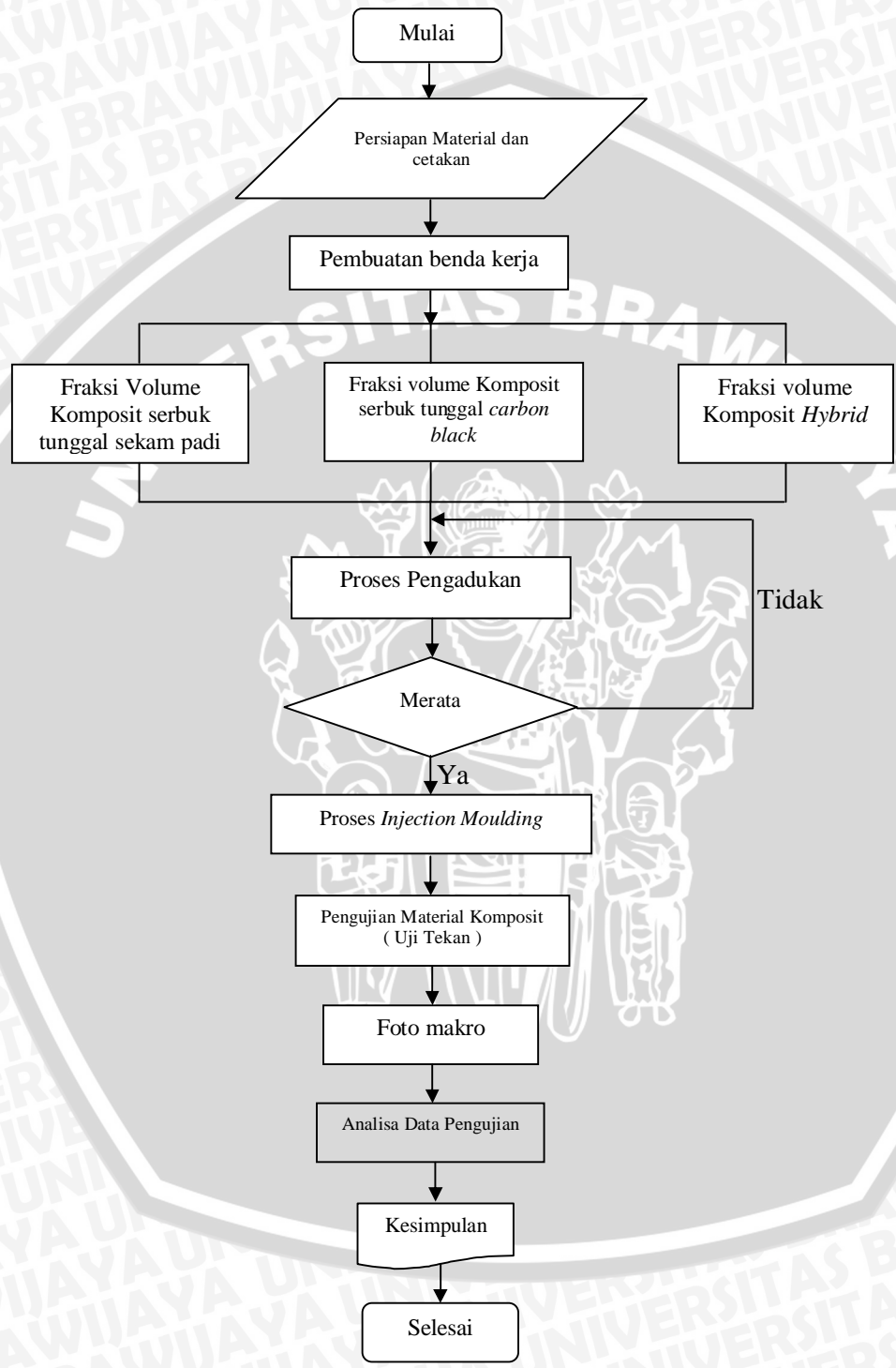
| Sumber varian | db | JK | KT | F _{hitung} | F _{tabel} |
|---------------|-----|-----|-----|---------------------|--------------------|
| Perlakuan | k-1 | JKP | KTP | F _{hitung} | F _{tabel} |
| Galat | n-k | JKG | KTG | | |

Kesimpulan yang diperoleh dari uji F ini adalah sebagai berikut :

- Bila $F_A \text{ hitung} > F_A \text{ tabel}$ maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima. Berarti faktor A (fraksi volume serbuk sekam padi atau serbuk *carbon black*) berpengaruh terhadap kekuatan tekan material komposit.
- Bila $F_B \text{ hitung} > F_B \text{ tabel}$ maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima. Berarti faktor B (fraksi volume serbuk *hybrid*) berpengaruh terhadap kekuatan tekan material komposit.

Kemudian mencari kecenderungan dari faktor- faktor tersebut terhadap kekuatan tekan yang terbentuk pada proses pembuatan material komposit kedalam grafik dan mencari persamaan regresi dari grafik tersebut.

3.8. Diagram Alir Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Penelitian

4.1.1. Data hasil pengujian kekuatan tekan komposit tunggal

Tabel 4.1. Data hasil pengujian kekuatan tekan pada komposit tunggal serbuk sekam padi (*rice husk flour*).

| Faktor | Perbandingan fraksi volume komposit tunggal serbuk sekam padi (%) | | | | |
|-----------|---|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | SP ₁ 8 % | SP ₂ 16 % | SP ₃ 20% | SP ₄ 24% | SP ₅ 28% |
| Replikasi | Kekuatan tekan (N/mm ²) | | | | |
| 1 | 18,561 | 19,746 | 22,115 | 22,510 | 25,274 |
| 2 | 18,166 | 21,325 | 21,325 | 24,090 | 24,682 |
| 3 | 19,746 | 21,523 | 22,510 | 23,102 | 24,880 |
| Jumlah | 56,473 | 62,594 | 65,951 | 69,702 | 74,836 |
| Rata-rata | 18,824 | 20,865 | 21,984 | 23,234 | 24,945 |

Tabel 4.2. Data hasil pengujian kekuatan tekan pada komposit tunggal serbuk *carbon black*

| Faktor | Perbandingan fraksi volume komposit tunggal serbuk <i>carbon black</i> (%) | | | | |
|-----------|--|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | CB ₁ 8 % | CB ₂ 16 % | CB ₃ 20% | CB ₄ 24% | CB ₅ 28 % |
| Replikasi | Kekuatan tekan (N/mm ²) | | | | |
| 1 | 10,268 | 16,191 | 16,191 | 15,797 | 16,191 |
| 2 | 11,058 | 14,217 | 17,179 | 17,771 | 19,351 |
| 3 | 10,663 | 15,994 | 17,376 | 18,561 | 19,351 |
| Jumlah | 31,989 | 46,402 | 50,746 | 52,129 | 54,893 |
| Rata-rata | 10,663 | 15,457 | 16,915 | 17,376 | 18,298 |

4.1.1. Data hasil pengujian kekuatan tekan Komposit *Hybrid*

Tabel 4.3. Data hasil pengujian kekuatan tekan pada komposit *hybrid* dengan perbandingan 1 : 7

| Faktor | Perbandingan fraksi volume komposit <i>hybrid</i> antara serbuk sekam padi dan serbuk <i>carbon black</i> (%) | | | | |
|-----------|---|----------|------------|----------|------------|
| | 1% : 7% | 2% : 14% | 2,5%:17,5% | 3% : 21% | 3,5%:24,5% |
| Replikasi | Kekuatan tekan (N/mm ²) | | | | |
| 1 | 16,191 | 17,179 | 19,548 | 19,943 | 19,548 |
| 2 | 18,956 | 19,351 | 18,956 | 18,561 | 19,351 |
| 3 | 17,376 | 19,153 | 18,561 | 18,758 | 18,561 |
| Jumlah | 52,523 | 55,683 | 57,065 | 57,262 | 57,460 |
| Rata-rata | 17,508 | 18,561 | 19,022 | 19,097 | 19,153 |

Tabel 4.4. Data hasil pengujian kekuatan tekan pada komposit *hybrid* dengan perbandingan 1 : 3

| Faktor | Perbandingan fraksi volume komposit <i>hybrid</i> antara serbuk sekam padi dan serbuk <i>carbon black</i> (%) | | | | |
|-----------|---|----------|----------|----------|---------|
| | 2% : 6% | 4% : 12% | 5% : 15% | 6% : 18% | 7%: 21% |
| Replikasi | Kekuatan tekan (N/mm ²) | | | | |
| 1 | 18,561 | 18,561 | 19,746 | 18,956 | 20,141 |
| 2 | 18,956 | 20,536 | 20,141 | 21,325 | 20,141 |
| 3 | 18,956 | 19,943 | 19,943 | 19,746 | 19,943 |
| Jumlah | 56,473 | 59,040 | 59,830 | 60,027 | 60,225 |
| Rata-rata | 18,824 | 19,680 | 19,943 | 20,009 | 20,075 |

Tabel 4.5. Data hasil pengujian kekuatan tekan pada komposit *hybrid* dengan perbandingan 1 : 1

| Faktor | Perbandingan fraksi volume komposit <i>hybrid</i> antara serbuk sekam padi dan serbuk <i>carbon black</i> (%) | | | | |
|-----------|---|---------|-----------|-----------|---------|
| | 4% : 4% | 8% : 8% | 10% : 10% | 12% : 12% | 14%:14% |
| Replikasi | Kekuatan tekan (N/mm ²) | | | | |
| 1 | 18,561 | 21,325 | 20,930 | 21,325 | 21,325 |
| 2 | 19,548 | 20,930 | 22,115 | 21,128 | 22,708 |
| 3 | 19,351 | 19,746 | 20,141 | 21,325 | 22,905 |
| Jumlah | 57,460 | 62,001 | 63,186 | 63,778 | 66,938 |
| Rata-rata | 19,153 | 20,667 | 21,062 | 21,260 | 22,313 |

Tabel 4.6. Data hasil pengujian kekuatan tekan pada komposit *hybrid* dengan perbandingan 3 : 1

| Faktor | Perbandingan fraksi volume komposit <i>hybrid</i> antara serbuk sekam padi dan serbuk <i>carbon black</i> (%) | | | | |
|-----------|---|----------|----------|----------|---------|
| | 6% : 2% | 12% : 4% | 15% : 5% | 18% : 6% | 21%: 7% |
| Replikasi | Kekuatan tekan (N/mm ²) | | | | |
| 1 | 19,351 | 20,338 | 22,708 | 22,708 | 22,510 |
| 2 | 21,325 | 22,708 | 23,102 | 23,102 | 23,102 |
| 3 | 19,943 | 23,695 | 22,510 | 22,510 | 23,695 |
| Jumlah | 60,619 | 66,741 | 68,320 | 68,320 | 69,307 |
| Rata-rata | 20,206 | 22,247 | 22,773 | 22,773 | 23,102 |

Tabel 4.7. Data hasil pengujian kekuatan tekan pada komposit *hybrid* dengan perbandingan 7 : 1

| Faktor | Perbandingan fraksi volume komposit <i>hybrid</i> antara serbuk sekam padi dan serbuk <i>carbon black</i> (%) | | | | |
|-----------|---|----------|------------|----------|------------|
| | 7% : 1% | 14% : 2% | 17,5%:2,5% | 21% : 3% | 24,5%:3,5% |
| Replikasi | Kekuatan tekan (N/mm ²) | | | | |
| 1 | 19,548 | 22,510 | 22,510 | 23,695 | 23,695 |
| 2 | 22,115 | 22,313 | 23,102 | 23,695 | 23,695 |
| 3 | 21,325 | 23,695 | 23,695 | 22,115 | 22,905 |
| Jumlah | 62,989 | 68,518 | 69,307 | 69,505 | 70,295 |
| Rata-rata | 20,996 | 22,839 | 23,102 | 23,158 | 23,432 |

4.2. Analisis Varian

4.2.1. Analisis varian Data Kekuatan Tekan

Tabel 4.8. Analisis varian satu arah kekuatan tekan komposit serbuk sekam padi

| Sumber varian | db | JK | KT | F _{hitung} | F _{tabel} |
|---------------|----|-------|--------|---------------------|--------------------|
| Perlakuan | 4 | 64,70 | 16,18 | 30,019 | 3,48 |
| Galat | 10 | 5,39 | 0,539 | | |
| Total | 14 | 70,09 | 16,719 | | |

Dari tabel diatas diperoleh hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dapat diketahui bahwa fraksi volume serbuk sekam padi mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tekan komposit serbuk tunggal sekam padi.

Tabel 4.9. Analisis varian satu arah kekuatan tekan komposit serbuk *carbon black*.

| Sumber varian | db | JK | KT | F _{hitung} | F _{tabel} |
|---------------|----|---------|--------|---------------------|--------------------|
| Perlakuan | 4 | 109,352 | 27,338 | 21,34 | 3,48 |
| Galat | 10 | 12,81 | 1,281 | | |
| Total | 14 | 122,162 | 29,261 | | |

Dari tabel diatas diperoleh hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dapat diketahui bahwa fraksi volume serbuk *carbon black* mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tekan komposit serbuk tunggal *carbon black*.

Tabel 4.10. Analisis varian satu arah pengujian kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 1:7.

| Sumber varian | db | JK | KT | F _{hitung} | F _{tabel} |
|---------------|----|--------|-------|---------------------|--------------------|
| Perlakuan | 4 | 6,721 | 1,680 | 2,140 | 3,48 |
| Galat | 10 | 7,854 | 0,785 | | |
| Total | 14 | 14,575 | 2,465 | | |

Dari tabel diatas diperoleh hasil $F_{hitung} < F_{tabel}$ sehingga dapat diketahui bahwa fraksi volume komposit *hybrid* 1:7 tidak berpengaruh yang nyata terhadap kekuatan tekan komposit *hybrid*.

Tabel 4.11. Analisis varian satu arah pengujian kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 1:3.

| Sumber varian | db | JK | KT | F _{hitung} | F _{tabel} |
|---------------|----|-------|--------|---------------------|--------------------|
| Perlakuan | 4 | 3,19 | 0,798 | 1,54 | 3,48 |
| Galat | 10 | 5,169 | 0,5169 | | |
| Total | 14 | 8,359 | 1,32 | | |

Dari tabel diatas diperoleh hasil $F_{hitung} < F_{tabel}$ sehingga dapat diketahui bahwa fraksi volume komposit *hybrid* 1:3 tidak berpengaruh yang nyata terhadap kekuatan tekan komposit *hybrid*.

Tabel 4.12. Analisis varian satu arah pengujian kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 1:1.

| Sumber varian | db | JK | KT | F _{hitung} | F _{tabel} |
|---------------|----|--------|-------|---------------------|--------------------|
| Perlakuan | 4 | 21,128 | 5,28 | 10,688 | 3,48 |
| Galat | 10 | 4,94 | 0,494 | | |
| Total | 14 | 26,068 | 5,774 | | |

Dari tabel diatas diperoleh hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dapat diketahui bahwa fraksi volume komposit *hybrid* 1:1 mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tekan komposit *hybrid*.

Tabel 4.13. Analisis varian satu arah pengujian kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 3:1.

| Sumber varian | db | JK | KT | F _{hitung} | F _{tabel} |
|---------------|----|--------|-------|---------------------|--------------------|
| Perlakuan | 4 | 16,339 | 4,08 | 4,498 | 3,48 |
| Galat | 10 | 9,07 | 0,907 | | |
| Total | 14 | 25,409 | 4,987 | | |

Dari tabel diatas diperoleh hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dapat diketahui bahwa fraksi volume komposit *hybrid* 3:1 mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tekan komposit *hybrid*.

Tabel 4.14. Analisis varian satu arah pengujian kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 7:1.

| Sumber varian | db | JK | KT | F _{hitung} | F _{tabel} |
|---------------|----|--------|--------|---------------------|--------------------|
| Perlakuan | 4 | 11,515 | 2,879 | 3,912 | 3,48 |
| Galat | 10 | 7,359 | 0,7359 | | |
| Total | 14 | 18,874 | 3,6149 | | |

Dari tabel diatas diperoleh hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dapat diketahui bahwa fraksi volume komposit *hybrid* 7:1 mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tekan komposit *hybrid*.

4.3. Analisis Efek Hybrid

4.3.1. Analisis efek *hybrid* kekuatan tekan

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 selanjutnya dapat diperoleh kekuatan tekan teoritis komposit *hybrid* 1:7 berdasarkan *rule of hybrid mixture* dengan persamaan :

$$\sigma_{HCN} = \sigma_{cfA} \cdot X_{fA} + \sigma_{cfB} \cdot X_{fB}$$

Contoh perhitungan untuk mencari kekuatan tekan pada komposit *hybrid* 1:7 dengan komposisi 1% serbuk sekam padi : 7% serbuk *carbon black* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sigma_{1HC} &= 18,824x \frac{1}{8} + 18,298x \frac{7}{8} \\ &= 18,364 \end{aligned}$$

Cara yang sama juga dapat dihitung kekuatan tekan teoritis komposit *hybrid* yang lainnya.

Tabel 4.15. Analisis efek *hybrid* untuk kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 1 : 7.

| Kode | Sekam Padi : <i>Carbon Black</i> | Rumus | Kekuatan tekan N/mm ² | | Selisih | Efek <i>hybrid</i> |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------|-----------------------|
| | | | σ Aktual | σ Teoritis | | |
| H ₁ | 1% : 7% | SP ₁ +CB ₅ | 17,508 | 18,364 | -0,856 | - |
| H ₂ | 2% : 14% | SP ₂ +CB ₄ | 18,561 | 17,812 | 0,749 | + |
| H ₃ | 2,5%:17,5% | SP ₃ +CB ₃ | 19,022 | 17,550 | 1,472 | + |
| H ₄ | 3% : 21% | SP ₄ +CB ₂ | 19,087 | 15,439 | 3,650 | + |
| H ₅ | 3,5%:24,5% | SP ₅ +CB ₁ | 19,153 | 12,448 | 6,705 | + |

Tabel 4.16. Analisis efek *hybrid* untuk kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 1 : 3.

| Kode | Sekam Padi : <i>Carbon Black</i> | Rumus | Kekuatan tekan N/mm ² | | Selisih | Efek <i>hybrid</i> |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------|-----------------------|
| | | | σ Aktual | σ Teoritis | | |
| H ₁ | 2% : 6% | SP ₁ +CB ₅ | 18,824 | 18,430 | 0,394 | + |
| H ₂ | 4% : 12% | SP ₂ +CB ₄ | 19,080 | 18,250 | 0,830 | + |
| H ₃ | 5%:15% | SP ₃ +CB ₃ | 19,943 | 18,182 | 1,761 | + |
| H ₄ | 6% : 18% | SP ₄ +CB ₂ | 20,009 | 17,409 | 2,598 | + |
| H ₅ | 7%:21% | SP ₅ +CB ₁ | 20,075 | 14,233 | 5,842 | + |

Tabel 4.17. Analisis efek *hybrid* untuk kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 1 : 1.

| Kode | Sekam Padi : <i>Carbon Black</i> | Rumus | Kekuatan tekan N/mm ² | | Selisih | Efek <i>hybrid</i> |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------|-----------------------|
| | | | σ Aktual | σ Teoritis | | |
| H ₁ | 4% : 4% | SP ₁ +CB ₅ | 19,153 | 18,561 | 0,592 | + |
| H ₂ | 8% : 8% | SP ₂ +CB ₄ | 20,667 | 19,121 | 1,546 | + |
| H ₃ | 10%:10% | SP ₃ +CB ₃ | 21,062 | 19,450 | 1,612 | + |
| H ₄ | 12% : 12% | SP ₄ +CB ₂ | 21,260 | 19,351 | 1,910 | + |
| H ₅ | 14%:14% | SP ₅ +CB ₁ | 22,313 | 17,804 | 4,510 | + |

Tabel 4.18. Analisis efek *hybrid* untuk kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 3 : 1.

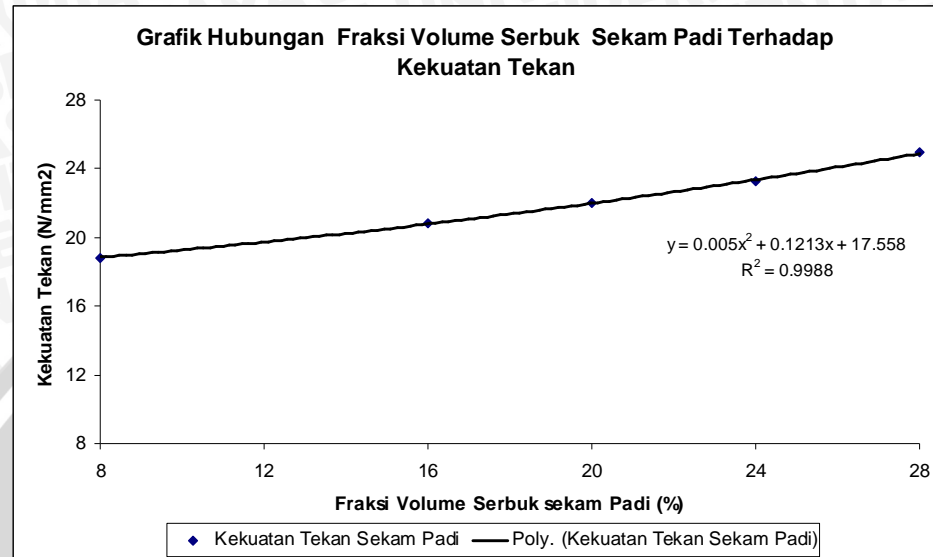
| Kode | Sekam Padi : <i>Carbon Black</i> | Rumus | Kekuatan tekan N/mm ² | | Selisih | Efek <i>hybrid</i> |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|---------|--------------------|
| | | | σ Aktual | σ Teoritis | | |
| H ₁ | 6% : 2% | SP ₁ +CB ₅ | 20,206 | 18,692 | 1,514 | + |
| H ₂ | 12% : 4% | SP ₂ +CB ₄ | 22,247 | 19,993 | 2,254 | + |
| H ₃ | 15%:5% | SP ₃ +CB ₃ | 22,773 | 20,720 | 2,053 | + |
| H ₄ | 18% : 6% | SP ₄ +CB ₂ | 22,773 | 21,292 | 1,481 | + |
| H ₅ | 21%:7% | SP ₅ +CB ₁ | 23,102 | 21,375 | 1,727 | + |

Tabel 4.19. Analisis efek *hybrid* untuk kekuatan tekan komposit *hybrid* dengan perbandingan 7 : 1.

| Kode | Sekam Padi : <i>Carbon Black</i> | Rumus | Kekuatan tekan N/mm ² | | Selisih | Efek <i>hybrid</i> |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|---------|-----------------------|
| | | | σ Aktual | σ Teoritis | | |
| H ₁ | 7% : 1% | SP ₁ +CB ₅ | 20,996 | 18,760 | 2,240 | + |
| H ₂ | 14% : 2% | SP ₂ +CB ₄ | 22,839 | 20,430 | 2,410 | + |
| H ₃ | 17,5%:2,5% | SP ₃ +CB ₃ | 23,102 | 21,350 | 1,752 | + |
| H ₄ | 21% : 3% | SP ₄ +CB ₂ | 23,168 | 22,263 | 0,905 | + |
| H ₅ | 24,5%:3,5% | SP ₅ +CB ₁ | 23,432 | 23,160 | 0,272 | + |

4.4. Pembahasan Grafik

4.4.1. Analisis Grafik Komposit Tunggal



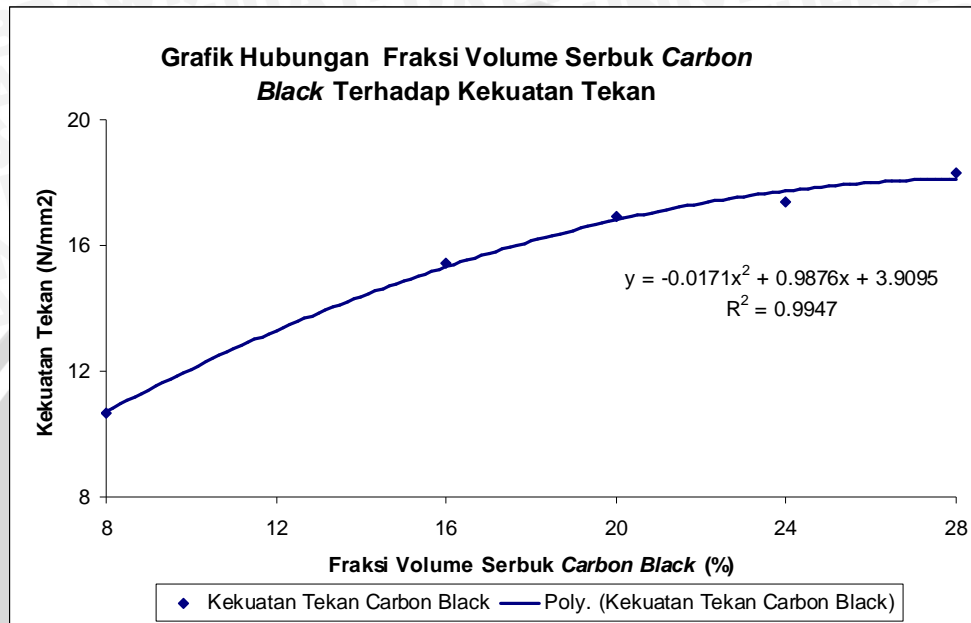
Grafik 4.1. Analisis grafik komposit tunggal serbuk sekam padi

Berdasarkan grafik 4.1 bahwa, kekuatan tekan meningkat secara polinomial bersamaan dengan meningkatnya fraksi volume serbuk sekam padi menyebabkan kekuatan tekan meningkat. Dari fraksi volume komposit yang diperkuat serbuk tunggal yang telah diuji yaitu : 8%, 16%, 20%, 24% dan 28% maka komposit yang diperkuat serbuk sekam padi diketahui memiliki kekuatan tekan rata-rata paling rendah 18,824 N/mm² pada fraksi volume 8% dan nilai kekuatan tekan rata-rata paling tinggi 24,945 N/mm² pada fraksi volume 28%.

Peningkatan kekuatan tekan hingga fraksi volume 28% menunjukkan bahwa penambahan serbuk sekam padi sebagai *filler* memberikan efek penguatan positif terhadap sifat mekanik komposit polietilene. Pengujian kekuatan tekan material komposit yang menggunakan serbuk sekam padi adalah salah satu cara yang menunjukkan sifat penguatan oleh sekam padi.

Kekuatan tekan semakin meningkat seiring dengan penambahan serbuk sekam padi karena jumlah matrik sebagai perekat *filler* semakin berkurang. Sifat sekam padi yang mempunyai tekstur kasar dan keras akan mendominasi spesimen komposit. Hal ini dikarenakan serbuk sekam padi memiliki sifat yang lebih kuat dari matrik sebelum dilakukan *injection moulding* telah mengalami proses pengeringan sehingga kekerasan

dan kekuatannya meningkat pula. Suhu untuk *injection moulding* untuk melelehkan LDPE 150⁰ C akan mengakibatkan matrik mengikat *filler* dengan baik sehingga kekuatan tekan meningkat.

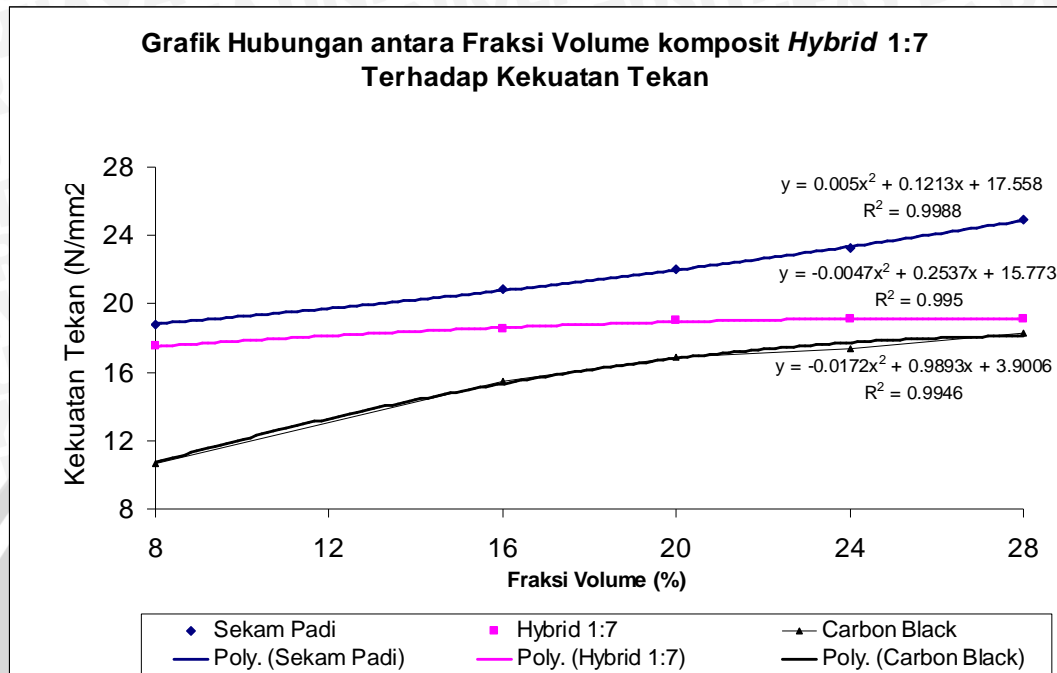


Grafik 4.2. Analisis grafik komposit tunggal serbuk *carbon black*

Berdasarkan grafik 4.2 bahwa, kekuatan tekan meningkat secara polinomial bersamaan dengan meningkatnya fraksi volume serbuk *carbon black*. Dari komposit yang diperkuat serbuk tunggal yang telah diuji yaitu : 8%, 16%, 20%, 24% dan 28% diketahui kekuatan tekan rata- rata paling rendah 10,663 N/mm² pada fraksi volume 8% dan kekuatan tekan rata- rata paling tinggi 18,298 N/mm² diperoleh pada fraksi volume 28%. Dengan demikian semakin banyak serbuk *carbon black* sebagai penguat komposit akan meningkatkan kekuatannya.

Pada fraksi volume tersebut partikel serbuk *carbon black* lebih merata keseluruhan bagian komposit dimana sebagian besar partikel penguat dapat terikat oleh matrik sehingga terjadi pengerasan karena sifat dislokasi dalam matrik terhalang oleh partikel serbuk *carbon black*. Dari penampilan spesimen tampak bahwa, setiap fraksi volume mengalami perbedaan semakin tinggi fraksi volume maka serbuk *carbon black* akan bertambah yang mengisi setiap sudut spesimen. Pada grafik diatas menunjukkan kekuatan tekan komposit tunggal dengan matrik polietilene mengalami peningkatan hal ini dikarenakan daya ikat polietilene sebagai matrik terhadap serbuk *carbon black* bertambah adanya gabungan struktur partikel dengan matrik.

4.4.2. Analisis Grafik Komposit *Hybrid*



Grafik 4.3. Analisis grafik komposit *hybrid* dengan perbandingan 1 : 7

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa, kekuatan tekan komposit *hybrid* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serbuk sekam padi atau seiring dengan penurunan fraksi volume serbuk *carbon black*. Kekuatan tekan rata-rata paling rendah 17,508 N/mm² pada fraksi volume *hybrid* 1%:7% dan kekuatan tekan paling tinggi 19,153 N/mm² pada fraksi volume 3,5%:24,5%.

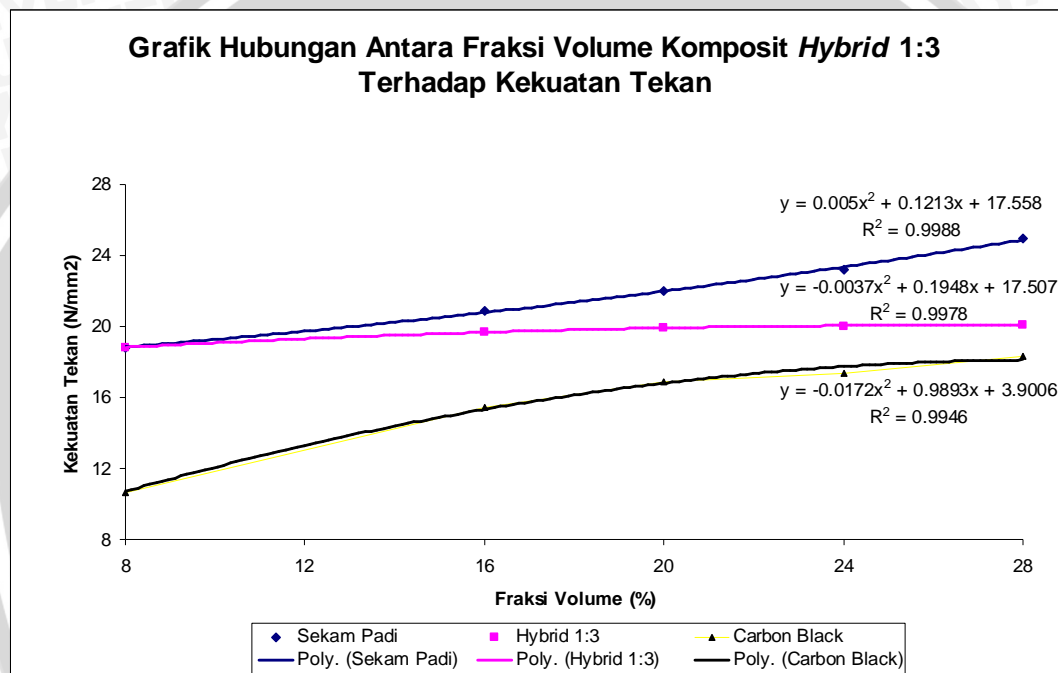
Secara aktual peningkatan kekuatan tekan komposit *hybrid* yang diperkuat serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* sampai pada fraksi volume 3,5%:24,5% menunjukkan bahwa, penambahan serbuk sekam padi sebagai penguat komposit memberikan efek penguatan positif terhadap sifat komposit polietilene. Pada grafik diatas terlihat bahwa kekuatan tekan komposit *hybrid* rata-rata masih dibawah kekuatan tekan serbuk sekam padi sedangkan serbuk *carbon black* tidak dapat memberikan efek penguatan yang sempurna bila digabungkan dengan serbuk sekam padi karena kekuatan tekan serbuk *carbon black* terlalu kecil bila dibandingkan dengan kekuatan tekan serbuk sekam padi.

Peningkatan kekuatan tekan pada komposit *hybrid* ini ditandai dengan semakin meningkatnya fraksi volume serbuk sekam padi dan penurunan fraksi volume serbuk

carbon black. Hal ini sesuai dengan persamaan *rule of hybrid mixture* untuk kekuatan tekan, sebagaimana dirumuskan :

$$\sigma_{cHCN} = \sigma_{cfA} \cdot X_{fA} + \sigma_{cfB} \cdot X_{fB}$$

Dari perhitungan kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk tunggal pada table 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa, kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk sekam padi dan komposit yang diperkuat serbuk *carbon black* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume.



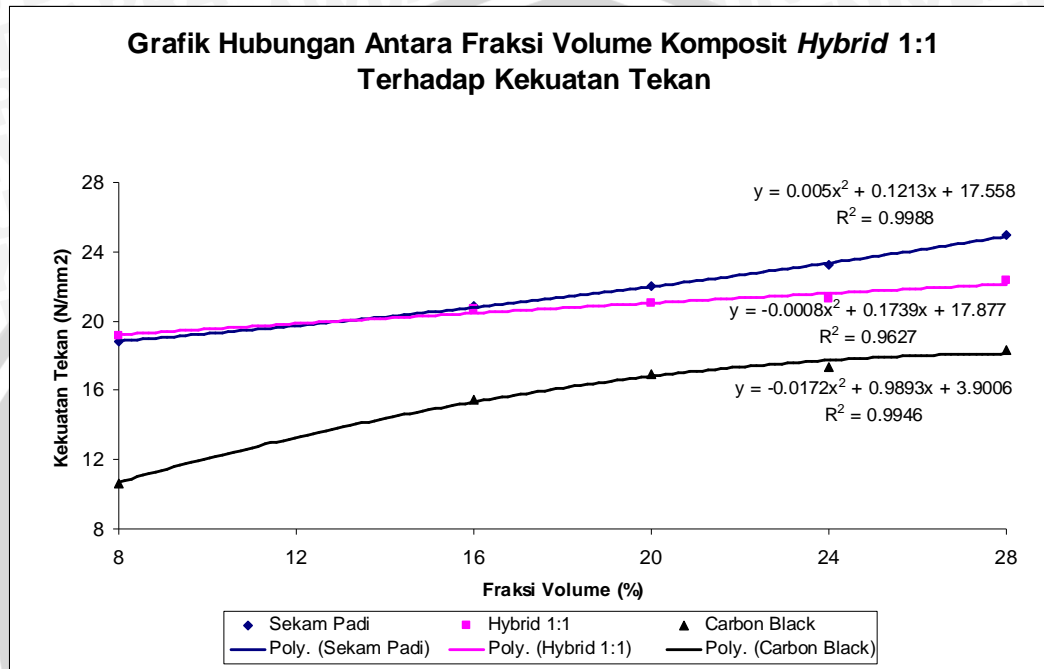
Grafik 4.4. Analisis grafik komposit *hybrid* dengan perbandingan 1 : 3

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa, kekuatan tekan komposit *hybrid* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serbuk sekam padi atau seiring dengan penurunan fraksi volume serbuk *carbon black*. Kekuatan tekan paling rendah 18,824 N/mm² pada fraksi volume *hybrid* 2%:6% dan kekuatan tekan paling tinggi 20,075 N/mm² pada fraksi volume 7%:21%. Peningkatan kekuatan tekan pada komposit *hybrid* ditandai dengan semakin meningkatnya fraksi volume serbuk sekam padi dengan penurunan fraksi volume serbuk *carbon black*, hal ini sesuai dengan persamaan *rule of hybrid mixture* sebagaimana dirumuskan :

$$\sigma_{cHCN} = \sigma_{cfA} \cdot X_{fA} + \sigma_{cfB} \cdot X_{fB}$$

Dari perhitungan kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk tunggal pada tabel 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk sekam

padi dan komposit yang diperkuat serbuk *carbon black* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serbuk penguatnya. Akan tetapi peningkatan kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk sekam padi lebih tinggi dibandingkan peningkatan kekuatan tekan komposit diperkuat serbuk *carbon black*.



Gambar 4.5. Analisis grafik komposit *hybrid* dengan perbandingan 1:1

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa, kekuatan tekan komposit *hybrid* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serbuk sekam padi atau seiring dengan penurunan fraksi volume serbuk *carbon black*. Kekuatan tekan paling rendah 19,153 N/mm² pada fraksi volume *hybrid* 4%:4% dan kekuatan tekan paling tinggi 22,313 N/mm² pada fraksi volume 14%:14%.

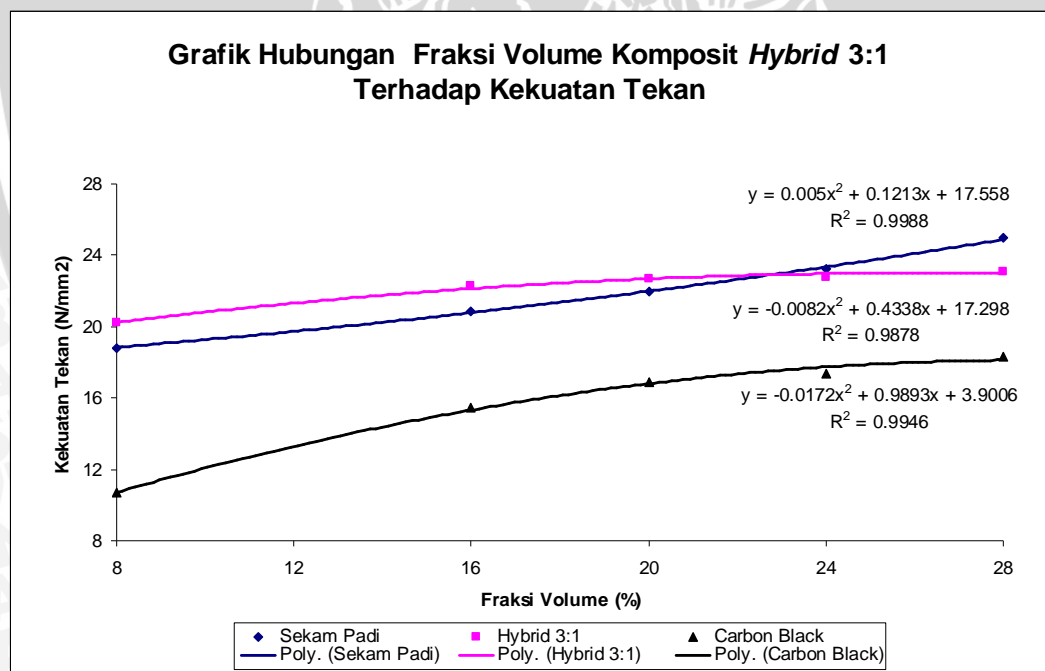
Secara aktual peningkatan kekuatan tekan komposit *hybrid* yang diperkuat serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* sampai pada fraksi volume 14%:14% menunjukkan bahwa penambahan serbuk sekam padi sebagai penguat komposit memberikan efek penguatan positif terhadap sifat komposit polietilene. Pada grafik diatas terlihat bahwa kekuatan tekan komposit *hybrid* rata-rata diatas kekuatan tekan serbuk sekam padi sampai pada fraksi volume 13 % peningkatan *hybrid* ini karena perbandingan fraksi volume yang sama memberikan kontribusi kekuatan tekan yang tinggi. Dilihat dari foto makro pada komposit *hybrid* 1:1, penyebaran serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* merata pada spesimen sehingga menghasilkan penguatan pada

spesimen komposit *hybrid* dengan kekuatan tekan yang melebihi serbuk sekam padi. Sedangkan serbuk *carbon black* tidak dapat memberikan efek penguatan yang sempurna bila digabungkan dengan serbuk sekam padi karena kekuatan tekan serbuk *carbon black* terlalu kecil bila dibandingkan dengan kekuatan tekan serbuk sekam padi.

Peningkatan kekuatan tekan pada komposit *hybrid* ditandai dengan semakin meningkatnya fraksi volume serbuk sekam padi dan dengan penurunan fraksi volume serbuk *carbon black*, hal ini sesuai dengan persamaan *rule of hybrid mixture* sebagaimana dirumuskan :

$$\sigma_{cHCN} = \sigma_{cfA} \cdot X_{fA} + \sigma_{cfB} \cdot X_{fB}$$

Dari perhitungan kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk tunggal pada table 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk sekam padi dan komposit yang diperkuat serbuk *carbon black* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serbuk penguatnya. Akan tetapi peningkatan kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk sekam padi lebih tinggi dibandingkan peningkatan kekuatan tekan komposit diperkuat serbuk *carbon black*.



Gambar 4.6. Analisis grafik komposit *hybrid* dengan perbandingan 3 : 1

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa, kekuatan tekan komposit *hybrid* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serbuk sekam padi atau seiring dengan penurunan fraksi volume serbuk *carbon black*. Kekuatan tekan paling rendah

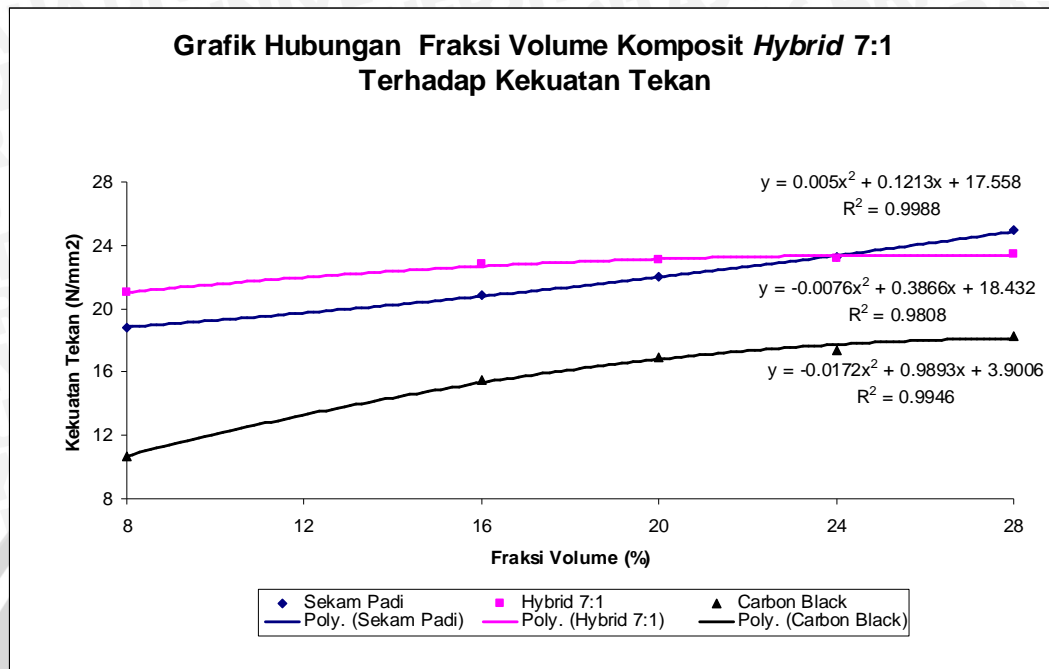
20,206 N/mm² pada fraksi volume *hybrid* 6%:2% dan nilai kekuatan tekan paling tinggi 23,102 N/mm² pada fraksi volume 21%:7%.

Secara aktual peningkatan kekuatan tekan komposit *hybrid* yang diperkuat serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* sampai pada fraksi volume 21%:7% menunjukkan bahwa penambahan serbuk sekam padi sebagai penguat komposit memberikan efek penguatan positif terhadap sifat komposit polietilene. Pada grafik diatas terlihat bahwa kekuatan tekan komposit *hybrid* rata-rata diatas kekuatan tekan serbuk sekam padi sampai pada fraksi volume 22% peningkatan *hybrid* ini karena perbandingan fraksi volume kedua jenis penguat tersebut memiliki kekuatan yang berbeda dimana perbandingan serbuk sekam padi lebih tinggi dibanding dengan serbuk *carbon black* sehingga memberikan kontribusi kekuatan tekan yang tinggi. Dilihat dari foto makro pada komposit *hybrid* 3:1, penyebaran serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* merata pada spesimen sehingga menghasilkan penguatan pada komposit *hybrid* dengan kekuatan tekan yang melebihi serbuk sekam padi sedangkan serbuk *carbon black* tidak dapat memberikan efek penguatan yang sempurna bila digabungkan dengan serbuk sekam padi karena kekuatan tekan serbuk *carbon black* terlalu kecil bila dibandingkan dengan kekuatan tekan serbuk sekam padi.

Peningkatan kekuatan tekan pada komposit *hybrid* ditandai dengan semakin meningkatnya fraksi volume serbuk sekam padi dan dengan penurunan fraksi volume serbuk *carbon black*, hal ini sesuai dengan persamaan *rule of hybrid mixture* sebagaimana dirumuskan :

$$\sigma_{cHCN} = \sigma_{cfA} \cdot X_{fA} + \sigma_{cfB} \cdot X_{fB}$$

Dari perhitungan kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk tunggal pada table 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa, kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk sekam padi dan komposit yang diperkuat serbuk *carbon black* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serbuk penguatnya. Akan tetapi peningkatan kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk sekam padi lebih tinggi dibandingkan peningkatan kekuatan tekan komposit diperkuat serbuk *carbon black*.



Gambar 4.7. Analisis grafik komposit *hybrid* dengan perbandingan 7:1

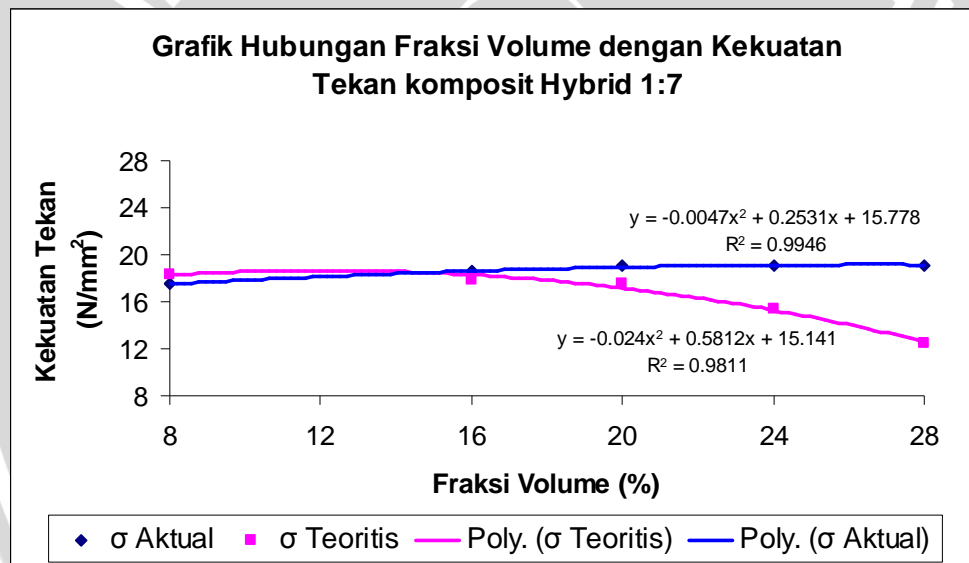
Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa kekuatan tekan komposit *hybrid* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serbuk sekam padi atau seiring dengan penurunan fraksi volume serbuk *carbon black*. Kekuatan tekan paling rendah 20,996N/mm² pada fraksi volume *hybrid* 7%:1% dan kekuatan tekan paling tinggi 23,432 N/mm² pada fraksi volume 24,5%:3,5%.

Secara aktual peningkatan kekuatan tekan komposit *hybrid* yang diperkuat serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* sampai pada fraksi volume 24,5%:3,5% menunjukkan bahwa penambahan serbuk sekam padi sebagai penguat komposit memberikan efek penguatan positif terhadap sifat komposit polietilene. Pada grafik diatas terlihat bahwa kekuatan tekan komposit *hybrid* rata-rata diatas kekuatan tekan serbuk sekam padi sampai pada fraksi volume 24% hampir sama dengan kekuatan komposit *hybrid* 3:1 tetapi awal kekuatan tekan yang berbeda peningkatan *hybrid* ini karena perbandingan fraksi volume kedua jenis penguat tersebut memiliki kekuatan yang berbeda dimana perbandingan serbuk sekam padi lebih tinggi dibanding dengan serbuk *carbon black* sehingga memberikan kontribusi kekuatan tekan yang tinggi. Dilihat dari foto makro pada komposit *hybrid* 7:1, penyebaran serbuk sekam padi dan serbuk *carbon black* merata pada spesimen sehingga menghasilkan penguatan pada spesimen komposit *hybrid* dengan kekuatan tekan yang melebihi serbuk sekam padi.

Sedangkan serbuk *carbon black* tidak dapat memberikan efek penguatan yang sempurna bila digabungkan dengan serbuk sekam padi karena kekuatan tekan serbuk *carbon black* terlalu kecil bila dibandingkan dengan kekuatan tekan serbuk sekam padi.

Dari perhitungan kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk tunggal pada table 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk sekam padi dan komposit yang diperkuat serbuk *carbon black* meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume serbuk penguatnya. Akan tetapi peningkatan kekuatan tekan komposit yang diperkuat serbuk sekam padi lebih tinggi dibandingkan peningkatan kekuatan tekan komposit diperkuat serbuk *carbon black*.

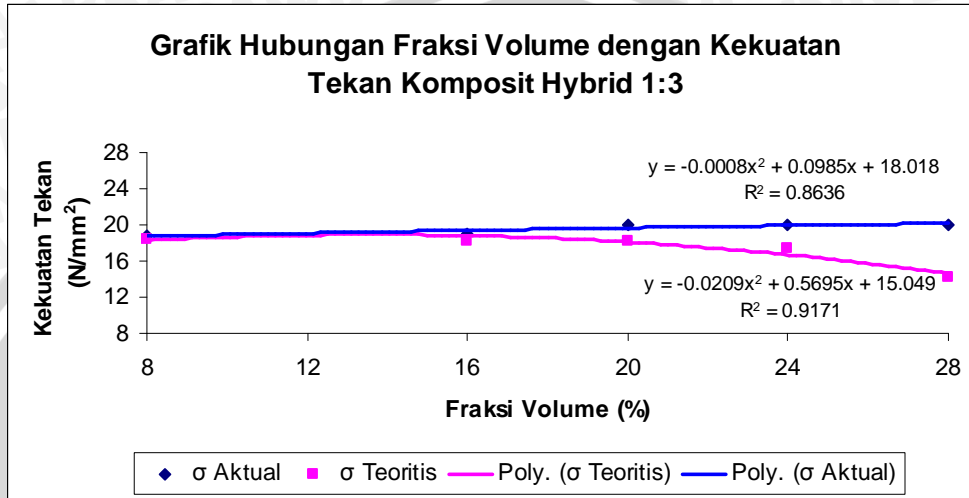
4.4.3. Analisis Efek *Hybrid* Kekuatan Tekan



Gambar 4.8. Grafik hubungan kekuatan tekan *hybrid* 1:7 (aktual dan teoritis) terhadap fraksi volume material komposit matrik polietilen.

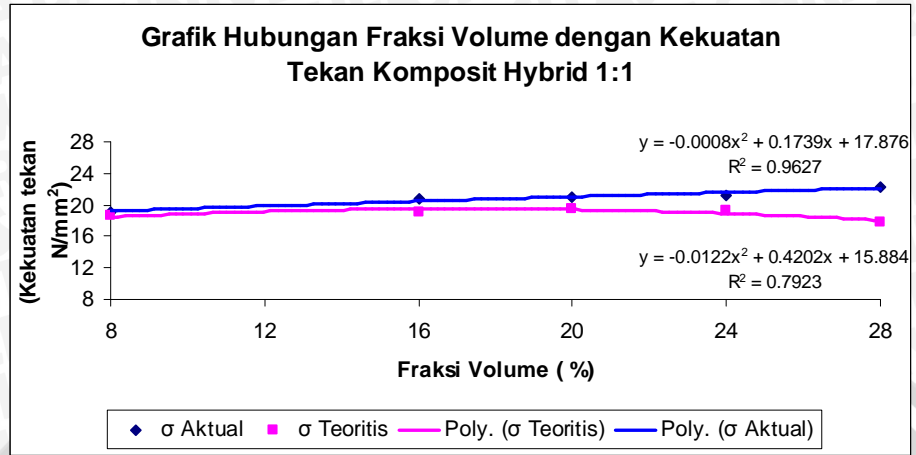
Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat dalam tabel 4.15 yang diteruskan pada gambar 4.9 terlihat bahwa, kekuatan tekan teoritis terletak diatas kekuatan tekan aktual yang berarti efek *hybrid* bernilai negatif tetapi hanya H₁ yang bernilai efek *hybrid* negatif (1% serbuk sekam padi : 7% serbuk *carbon black*) untuk fraksi volume berikutnya sampai H₅ bernilai positif karena kekuatan tekan aktual < dari teoritis dari prosentase yang lebih kecil pada serbuk sekam padi dan disebabkan karena kekuatan tekan serbuk *carbon black* rendah sehingga tidak mempunyai pengaruh yang banyak terhadap kekuatan tekan komposit *hybrid* berarti kenaikan kekuatan tekan komposit

tidak dipengaruhi oleh kenaikan kekuatan tekan kedua jenis serbuk penguat pada material komposit *hybrid* atau dengan kata lain bahwa kenaikan kekuatan tekan komposit *hybrid* hanya dipengaruhi oleh salah satu dari jenis serbuk tersebut yaitu serbuk sekam padi.



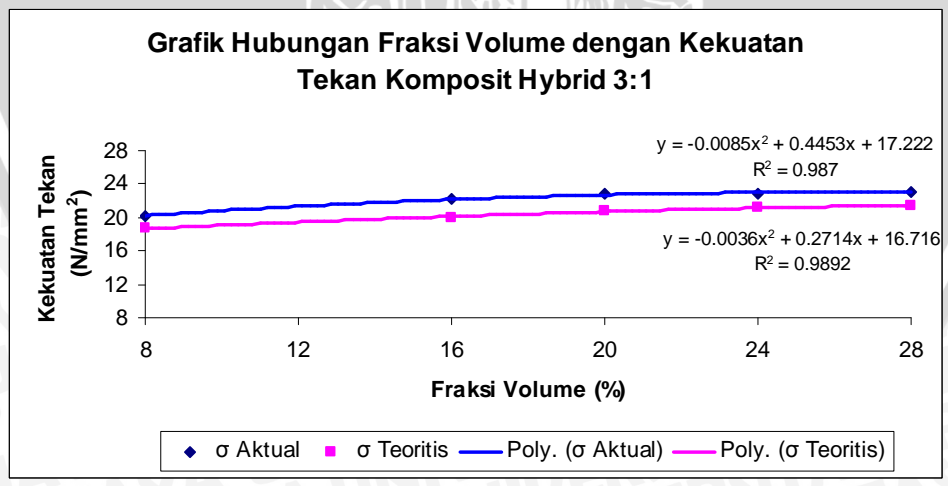
Gambar 4.9. Grafik hubungan kekuatan tekan *hybrid* 1:3 (aktual dan teoritis) terhadap fraksi volume material komposit matrik polietilen.

Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat dalam tabel 4.16 yang diteruskan pada gambar 4.10 terlihat bahwa, kekuatan tekan teoritis terletak dibawah kekuatan tekan aktual yang berarti efek *hybrid* bernilai positif sampai pada komposit H₅ (7% serbuk sekam padi : 21% serbuk *carbon black*) berarti kenaikan kekuatan tekan komposit dipengaruhi oleh kenaikan kekuatan tekan kedua jenis serbuk penguat pada material komposit *hybrid* atau dengan kata lain bahwa kenaikan kekuatan tekan komposit *hybrid* dipengaruhi oleh dua jenis serbuk tersebut dan jenis matrik yang dipilih sesuai dengan campuran serbuk penguat.



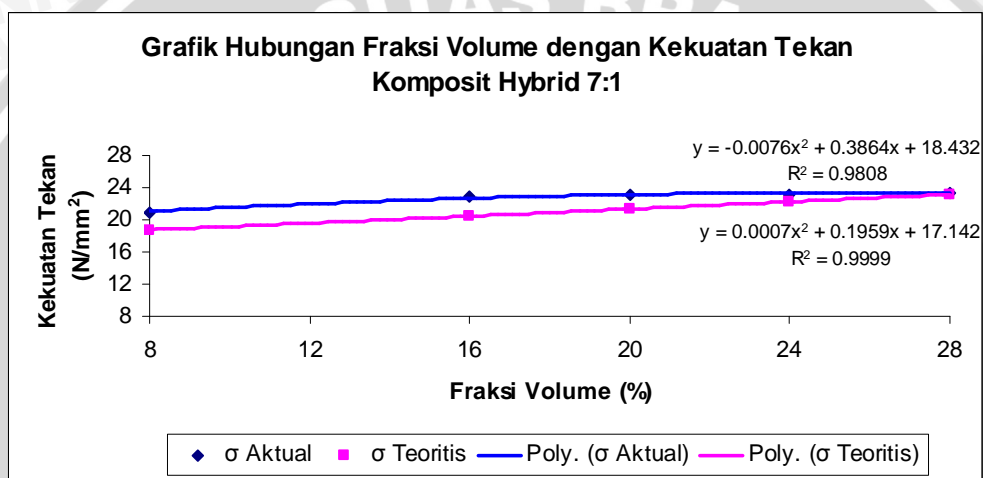
Gambar 4.10. Grafik hubungan kekuatan tekan *hybrid* 1:1 (aktual dan teoritis) terhadap fraksi volume material komposit matrik polietilen.

Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat dalam tabel 4.17 yang diteruskan pada gambar 4.11 terlihat bahwa, kekuatan tekan teoritis terletak dibawah kekuatan tekan aktual yang berarti efek *hybrid* bernilai positif sampai pada komposit H₅ (14 % serbuk sekam padi : 14 % serbuk *carbon black*) berarti kenaikan kekuatan tekan komposit dipengaruhi oleh kenaikan kekuatan tekan kedua jenis serbuk penguat pada material komposit *hybrid* atau dengan kata lain bahwa kenaikan kekuatan tekan komposit *hybrid* dipengaruhi oleh kedua jenis serbuk tersebut dan jenis matrik yang dipilih sesuai dengan campuran serbuk penguat.



Gambar 4.11. Grafik hubungan kekuatan tekan *hybrid* 3:1 (aktual dan teoritis) terhadap fraksi volume material komposit matrik polietilen.

Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat dalam tabel 4.18 yang diteruskan pada gambar 4.12 terlihat bahwa, kekuatan tekan teoritis terletak dibawah kekuatan tekan aktual yang berarti efek *hybrid* bernilai positif sampai pada komposit H₅ (21 % serbuk sekam padi : 7 % serbuk *carbon black*) berarti kenaikan kekuatan tekan komposit dipengaruhi oleh kenaikan kekuatan tekan kedua jenis serbuk penguat pada material komposit *hybrid* atau dengan kata lain bahwa kenaikan kekuatan tekan komposit *hybrid* dipengaruhi oleh kedua jenis serbuk tersebut dan jenis matrik yang dipilih sesuai dengan campuran serbuk penguat.



Gambar 4.12. Grafik hubungan kekuatan tekan *hybrid* 7:1 (aktual dan teoritis) terhadap fraksi volume material komposit matrik polietilen.

Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat dalam tabel 4.19 yang diteruskan pada gambar 4.13 terlihat bahwa, kekuatan tekan teoritis terletak dibawah kekuatan tekan aktual yang berarti efek *hybrid* bernilai positif sampai pada komposit H₅ (24,5 % serbuk sekam padi : 3,5 % serbuk *carbon black*) berarti kenaikan kekuatan tekan komposit dipengaruhi oleh kenaikan kekuatan tekan kedua jenis serbuk penguat pada material komposit *hybrid* atau dengan kata lain bahwa kenaikan kekuatan tekan komposit *hybrid* dipengaruhi oleh kedua jenis serbuk tersebut dan jenis matrik yang dipilih sesuai dengan campuran serbuk penguat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pelaksanaan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekuatan tekan komposit tunggal meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume. Untuk kekuatan tekan rata-rata serbuk sekam padi paling tinggi 24,945 N/mm² pada fraksi volume 28% sedangkan serbuk *carbon black* kekuatan tekan rata-rata paling tinggi 18,298 N/mm² diperoleh pada fraksi volume 28%.
2. Kekuatan tekan komposit *hybrid* meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume. Untuk *hybrid* 1:7 kekuatan tekan rata-rata paling tinggi 19,153 N/mm² pada fraksi volume 3,5%:24,5%. *Hybrid* 1:3 kekuatan tekan paling tinggi 20,075 N/mm² pada fraksi volume 7%:21%. *Hybrid* 1:1 kekuatan tekan paling tinggi 22,313 N/mm² pada fraksi volume 14%:14%. *Hybrid* 3:1 kekuatan tekan paling tinggi 23,102 N/mm² pada fraksi volume 21%:7%. *Hybrid* 7:1 kekuatan tekan paling tinggi 23,432 N/mm² pada fraksi volume 24,5%:3,5%. Sedangkan analisis efek *hybrid* pada semua perbandingan komposit *hybrid* bernilai positif berarti kenaikan kekuatan tekan komposit dipengaruhi oleh kenaikan kekuatan tekan kedua jenis serbuk penguat pada material komposit *hybrid* dan jenis matrik yang dipilih sesuai dengan campuran serbuk penguat. Hanya pada perbandingan komposit *hybrid* 1:7 pada H₁ yang bernilai efek *hybrid* negatif.

5.2. Saran

Penelitian ini dapat dilakukan lebih lanjut dengan meninjau sifat mekanik yang lain seperti kekuatan lentur dan ketahanan temperatur. Selain itu dapat dilakukan penelitian dengan jenis serbuk yang lain yang bisa digabungkan dengan polietilen.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. Serbuk Sekam Padi. <http://www.pu.go.id/balitbang/puskim.com>.
- Anonim. 2000. Properties Serbuk *Carbon Black*. <http://www.Lenntech.com>.
- Anonim. 2001. Properties Serbuk *Carbon Black*. <http://www.exxonmobil.com>.
- Anonim. 2001. Polietilen LDPE. <http://www.tenax/net/industry/raw/material>.
- Anonim. 2001. *Injection*. <http://www.bbc.co.uk/processtechniquesrev7.html>.
- Agrawal B. D, Broutman L. J. 1989, *Analyses and performance of fiber composite*, 2nd Edition, John Wiley and Sons Inc., N.Y.
- Albert Research Council. 1987. *Dimensional Stabilization State of the Art Review*. FP 2.4.1. Industrial Technologies Department. Forest Products Program. Edmonton, Alberta.
- Djaprie Sriati. 1991. *Teknologi Bahan*. Jilid 1. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Eko Wahyu Hidayat 2005 . *Pengaruh Tekanan Injeksi Dan Fraksi Volume Carbon Black Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polietilen*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Jurusan Teknik Mesin FT Unibraw.
- German M.R. *Powder Metallurgy Science*. Metal Powder Industrie Federation. New Jersey.
- Hashemi S, Elmes P. Sandford. 1997. *Effect on Mechanical Properties on Polyoxymethylene*. Brookfiel Center, Polymer Engineering and science.
- Hifni, M. 1991. *Analisis Varian dan Penerapannya*. UPTT FT Unibraw. Malang
- Ismunandar. 2003. *Biokomposit Komposit Hijau untuk bahan otomotif*.
- Luh, B.S. 1980. *Rice: Production and Utilisation*, AVI Publishing, Connecticut.
- Matthews F.L and R.D. Rowling. 1994. *Composite Material : Engineering and Science Technology and Medicine*, Chapman and Hall. London.
- RetnoWati. 2006. *Pemanfaatan Serbuk Sekam Padi dengan Resin (poliester dan polystiren)*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Jurusan F.MIPA. Unibraw.
- Schwartz Mel M. 1996. *Composite Material. Properties Nondestructive Testing and Repair*. Prentice Hall. New Jersey.
- Soenardjo. 1991. *Karakteristik Sekam Padi*. Penerbit Erlangga, Jakarta

- Surdia Tata. Saito Shinroku.1994, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

