



PENGARUH *BIAS CUT* (0,5;0,7;0,9) PADA SAMBUNGAN *BELT CONVEYOR 2-PLY* TERHADAP KEKUATAN TARIK DENGAN PENGUJIAN PANAS

SKRIPSI

Oleh
Aris Wijaya
NIM 141910101113

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



PENGARUH *BIAS CUT* (0,5;0,7;0,9) PADA SAMBUNGAN *BELT CONVEYOR 2-PLY* TERHADAP KEKUATAN TARIK DENGAN PENGUJIAN PANAS

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Aris Wijaya
NIM 141910101113

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas segala berkah rahmat dan rizki-Nya, serta kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW;
2. Ayahanda Moch Jono dan Ibunda Sumarlin yang senantiasa memberi do'a, dukungan, kepercayaan, dan memberikan motivasi serta kasih sayang dan pengorbanan selama ini;
3. Seluruh anggota keluarga, saudara, yang selalu mendoakan hingga terselesainya Skripsi ini;
4. Teman seperjuangan Skripsi ini saudara Arum, Gilang, Alisa dan Febri yang selalu membantu dalam segala hal;
5. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Dr. Salahudin Junus B., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, Bapak Hari Arbiantara B., S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Dr. R. Koekoeh KW, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji I, dan, Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T., selaku dosen penguji II;
6. Almamaterku yang aku cintai dan aku banggakan;
7. Dulur-dulur di Jurusan Teknik Mesin terutama D III dan S1 angkatan 2012, yang telah memberikan kontribusi, dukungan, ide yang inspiratif, dan kritikan yang konstruktif. Terimakasih atas semua kontribusi yang kalian berikan.
“**Solidarity Forever**”.

MOTO

“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”
(terjemahan Surat Ar-Ra’d ayat 11)

Quu anfusakum wa ahlikum naaroo
“Peliharalah dirimu dan keluargamu dari api neraka”
(terjemahan Surat At-Tahrim ayat 6)

“Agama dan pendidikan adalah modal utama untuk kehidupan dunia dan akhirat.”
(aris)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aris Wijaya

NIM : 141910101113

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH *BIAS CUT* (0,5;0,7;0,9) PADA *SAMBUNGAN BELT CONVEYOR 2-PLY* TERHADAP KEKUATAN TARIK DENGAN PENGUJIAN PANAS” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Juni 2016

Yang menyatakan,

(Aris Wijaya)

NIM 141910101113

SKRIPSI

PENGARUH *BIAS CUT* (0,5;0,7;0,9) PADA SAMBUNGAN *BELT CONVEYOR 2-PLY* TERHADAP KEKUATAN TARIK DENGAN PENGUJIAN PANAS

Oleh
Aris Wijaya
NIM 141910101113

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Hari Arbiantara B., S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh *Bias Cut* (0,5;0,7;0,9) Pada Sambungan *Belt Conveyor 2-Ply* Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Pengujian Panas” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jum’at, 24 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

DPU

DPA

Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.
NIP 19751006 200212 1 002

Hari Arbiantara B., S.T., M.T.
NIP 19670924 1994 1 001

Penguji I

Penguji II

Dr. R. Koekoeh KW, S.T., M.Eng.
NIP 19670708 199412 1 001

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP 1960 199802 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Pengaruh *Bias Cut* (0,5;0,7;0,9) Pada Sambungan *Belt Conveyor 2-Ply* Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Pengujian Panas; Aris Wijaya, 141910101113; 2016; 80 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Belt conveyor adalah peralatan pemindah bahan yang menggunakan *belt* atau sabuk untuk memindahkan material atau bahan. Salah satu kerusakan pada sistem *belt conveyor* adalah sobek atau putusnya *belt*, oleh karena itu perlu dilakukan penanganan yang tepat untuk kerusakan tersebut. Salah satu penanganannya yaitu dengan dilakukannya penyambungan *belt conveyor* dengan metode *cold splicing*.

Dalam penelitian ini, variasi yang digunakan adalah nilai *bias cut* 0,5BW, 0,7BW, dan 0,9BW, dan variasi temperatur uji 30°C, 40°C, dan 50°C dimana dari masing-masing variasi dilakukan 3 kali pengulangan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Uji dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Jember untuk pengujian kekuatan tarik.

Dari hasil penelitian diperoleh data hasil pengujian tarik tertinggi sebesar 4,09 MPa yaitu pada pengujian tarik sambungan *belt* dengan *bias cut* 0,9 BW dengan temperatur *belt* saat pengujian panas 30°C, sedangkan hasil pengujian tarik terendah sebesar 1,93 MPa diperoleh dari sambungan *belt* dengan *bias cut* 0,5 BW dengan temperatur *belt* saat pengujian panas 50°C.

SUMMARY

The Effect Of Bias Cut (0,5;0,7;0,9) On The Belt Conveyor Joining 2-Ply Against Tensile Strength With Thermal Testing; Aris Wijaya, 141910101113; 2016; 80 Pages; Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, University of Jember.

Belt conveyor is a material transfer equipment which uses a belt to remove material. One of damage to the conveyor belt system is torn or belt breakage, therefore it is necessary to appropriate handler for the damage. One treatment is to do with the conveyor belt splicing cold splicing method.

In this study, the variation used is the value of the bias cut 0,5BW, 0,7BW, and 0,9BW, and test temperature variations 30°C, 40°C and 50°C where of each variation performed three repetitions. This research was conducted at the Laboratory of Testing and Materials Engineering Faculty of the University of Jember for testing the tensile strength.

The result showed the highest tensile test data of 4,09 MPa tensile testing is in connection with the bias cut belt 0.9BW with a belt when testing heat temperature 30°C, while the lowest tensile test results of 1,93 MPa was obtained from a connection with the belt 0.5BW with a bias cut belt when testing heat temperature 50°C.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh *Bias Cut* (0,5;0,7;0,9) Pada Sambungan *Belt Conveyor 2-Ply* Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Pengujian Panas”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Moch Jono dan Ibu Sumarlin, terima kasih atas dukungan moril dan materil sehingga saya dapat menyelesaikan studi S1;
2. Bapak Dr. Salahudin Junus., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Hari Arbiantara B., S.T., M.T.. selaku dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan ide, saran, motivasi, serta meluangkan waktunya untuk membimbing saya selama proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini;
3. Bapak Dr. R. Koekoeh K.W., S.T., M.Eng. selaku dosen penguji I, dan Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T., selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritikan bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
4. Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang juga telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Para teknisi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membantu dalam proses penyelesaian Skripsi ini;
6. Teman seperjuangan saudara Arum, Gilang, Alisa dan Febri sebagai rekan kerja dalam skripsi ini;
7. Semua teman-teman DIII dan S1 Teknik Mesin angkatan 2012 Universitas Jember yang telah membantu sejak awal perkuliahan sampai penulisan skripsi ini;

8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu segala kritik dan saran sangat diperlukan dari semua pihak demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 24 Juni 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMARRY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesa	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Belt Conveyor	5
2.2 Prinsip Belt Conveyor	5

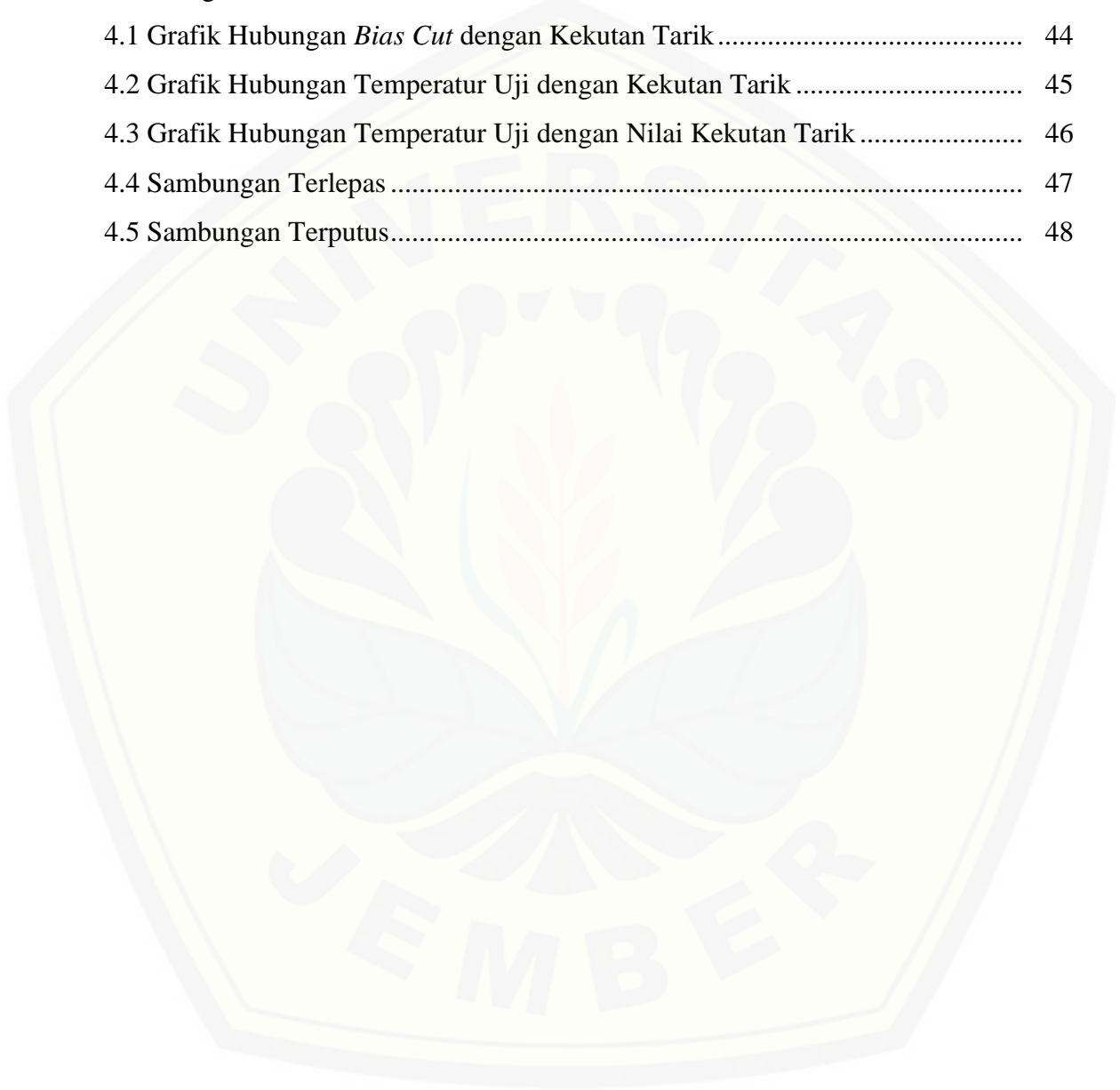
2.3 Bagian-Bagian Belt Conveyor	6
2.3.1 <i>Belt</i>	6
2.3.2 <i>Idler</i>	10
2.3.3 Unit Penggerak (<i>Drive Unit</i>).....	10
2.4 Permasalahan Belt Conveyor	11
2.5 Pemeliharaan Belt Conveyor	13
2.6 Sambungan Adhesive	14
2.6.1 Kelebihan dan Kekurangan pada Sambungan Adhesive	15
2.7 Penyambungan Belt Conveyor	16
2.8 Uji Tarik	18
2.8.1 Uji Termal Mekanis	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian	22
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.3.1 Alat.....	22
3.3.2 Bahan	23
3.4 Variabel Penelitian	24
3.4.1 Variabel Bebas	24
3.4.2 Variabel Terikat	24
3.5 Prosedur Pembuatan Spesimen	24
3.6 Prosedur Pengujian Spesimen	29
3.7 Analisa Pengolahan Data dan Rancangan Percobaan	31
3.7.1 Analisi Data dengan Eksperimen 2 Faktorial	31
3.7.2 Uji Hipotesis	32
3.7.3 Metode Sidik Ragam.....	34
3.7.4 Prosedur Uji Anova.....	36
3.7.5 Penyajian Data Hasil Penelitian	36
3.8 Diagram Alir Penelitian	37

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Data Hasil Pengujian	39
4.2 Pengolahan Data dengan Bantuan Software SPSS 17.0	90
4.2.1 Pengolahan Data pada Faktor <i>Bias Cut</i>	40
4.2.2 Pengolahan Data pada Faktor Temperatur Uji	41
4.2.3 Pengolahan Data pada Faktor <i>Bias Cut</i> dan Temperatur Uji....	42
4.3 Analisa dan Pembahasan	44
4.3.1 Pengaruh Variasi <i>Bias Cut</i> dengan Temperatur Uji	44
4.3.2 Pengaruh Variasi Temperatur Uji dengan <i>Bias Cut</i>	45
4.3.3 Kegagalan Sambungan <i>Belt</i>	47
4.3.4 Efisiensi Sambungan <i>Belt</i>	48
BAB 5. PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Prinsip Kerja konveyor	5
2.2 Bagian-Bagian <i>Belt Conveyor</i>	6
2.3 <i>Fabric Belt</i>	7
2.4 <i>Steel Cord Belt</i>	8
2.5 Bagian-Bagian <i>Belt</i>	10
2.6 Struktur Sambungan Perekat.....	14
2.7 Kegagalan Ikatan Perekat.....	16
2.8 Panjang Sambungan.....	17
2.9 Cara Penyambungan <i>Belt Conveyor</i>	18
2.10 Standart Penentuan <i>Bias Cut</i>	18
2.11 Standar Sampel Uji ASTM D 3039	19
2.12 Sampel Uji Tarik dengan Pengukur Panas.....	20
3.1 <i>Sket Belt</i>	24
3.2 Penggambaran Panjang Step dan Garis Potong	25
3.3 Pemotongan <i>Bias Cut</i>	25
3.4 Pemotongan <i>ply</i>	25
3.5 Pengangkatan <i>Ply</i>	26
3.6 Pengupasan <i>Ply</i>	26
3.7 Pemotongan Tepi <i>Belt</i>	26
3.8 Pencocokan Ujung <i>Belt</i>	27
3.9 Pengasaran (<i>Buffing</i>)	27
3.10 Pembersihan <i>Belt</i> dari Kotoran	28
3.11 Pelapisan Lem	28
3.12 Proses <i>Stitching</i>	29
3.13 Pengujian Tarik	29

3.14 Alat Bantu Uji Dimensi Spesimen	30
3.15 Pemberian Panas pada <i>Belt</i>	30
3.16 Diagram Alir Penelitian	37
4.1 Grafik Hubungan <i>Bias Cut</i> dengan Kekutan Tarik.....	44
4.2 Grafik Hubungan Temperatur Uji dengan Kekutan Tarik	45
4.3 Grafik Hubungan Temperatur Uji dengan Nilai Kekutan Tarik.....	46
4.4 Sambungan Terlepas	47
4.5 Sambungan Terputus.....	48

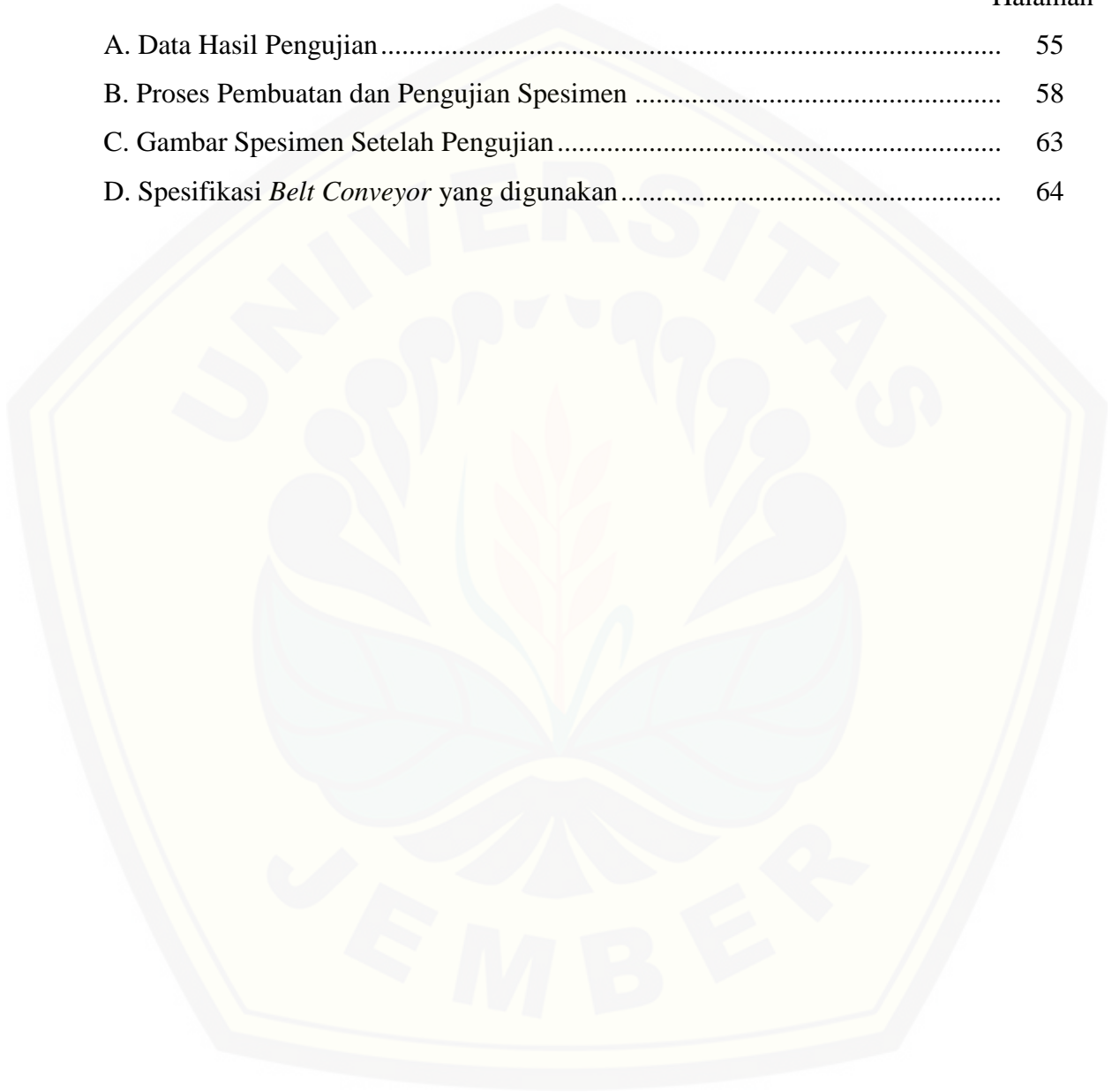


DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Anova.....	17
3.2 Data Hasil Pengamatan Pengujian Pengaruh <i>Bias Cut</i>	17
4.1 Nilai Kekuatan Tarik.....	39
4.2 Anova Pada Faktor <i>Bias Cut</i>	40
4.3 Anova Pada Faktor Temperatur Uji	42
4.4 Anova Pada Faktor <i>Bias Cut</i> dan Temperatur Uji	43
4.5 <i>Bias Cut</i> terhadap Kekuatan Tarik Terbaik dari Peneliti Sebelumnya	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Hasil Pengujian.....	55
B. Proses Pembuatan dan Pengujian Spesimen	58
C. Gambar Spesimen Setelah Pengujian.....	63
D. Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> yang digunakan.....	64



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi industri telah mengalami kemajuan yang sangat pesat, khususnya di Indonesia yang saat ini telah memasuki era globalisasi. Hal ini di tandai dengan semakin berkembangnya dunia industri. Perkembangan dunia industri ini menyebabkan naiknya produksi industri manufaktur. Dengan berkembangnya tersebut menuntut industri untuk lebih produktif. Guna dalam mengatasi untuk meningkatkan produktifitas suatu industri maka sarana dan prasarana harus ditingkatkan (Silalahi, *dkk*, 2013).

Dalam rangka meningkatkan produktifitas suatu industri, maka dibutuhkan suatu strategi khusus untuk mengatasi hasil produksi yang maksimal, salah satunya pemilihan *material handling* yang tepat. Pada dasarnya *material handling* yaitu salah satu jenis transportasi (pengangkutan) yang dilakukan dalam perusahaan industri, yang artinya memindahkan bahan baku, barang setengah jadi atau barang jadi dari tempat asal ketempat tujuan yang telah ditetapkan. Contoh alat pemindah bahan (*material handling*) adalah *conveyor* (Hamsi, 2011).

Belt conveyor adalah peralatan pemindah bahan yang menggunakan *belt* atau sabuk untuk memindahkan material atau bahan. Di pilihnya *belt conveyor* sistem karena sebagai saran transportasi material adalah karena tuntutan untuk meningkatkan produktivitas, menurunkan biaya produksi dan juga kebutuhan optimasi dalam rangka mempertinggi efisiensi kerja. Mampu bekerja secara kontinyu, dan perawatannya yang mudah. Peranan *belt conveyor* sebagai *material transport* dalam suatu industri memiliki peran yang sangat penting, sehingga jika terjadi kerusakan dapat mengakibatkan terhentinya proses produksi yang merugikan perusahaan (Permono, *dkk*, 2012).

Sobek atau putus sambungan pada *belt* merupakan kerusakan yang *unpredicted*, sehingga ketika *belt* sobek atau putus pada saat proses produksi berlangsung maka akan merugikan perusahaan. Untuk menghindari kerusakan yang terjadi pada *belt conveyor* yang berupa putus atau sobeknya *belt* yang digunakan, maka diperlukan penanganan dan perawatan yang tepat agar tidak merugikan perusahaan yaitu dengan melakukan penyambungan *belt conveyor*. Salah satu metode yang digunakan untuk menyambung *belt conveyor* adalah dengan metode *cold splicing* (Summa Learning Center, 2001).

Untuk mengetahui kekuatan tarik dari metode penyambungan *cold splicing* maka dilakukan pengujian dengan menggunakan pengujian tarik. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisa untuk mengetahui pengaruh variasi *bias cut* terhadap kekuatan tarik *belt conveyor 2-ply* menggunakan metode *cold splicing* dengan pengujian tarik sistem panas (Nuruddin, 2015).

Dari percobaan yang telah dilakukan peneliti Nuruddin (2015), diperoleh data hasil pengujian tarik paling baik 34,20 MPa yaitu pada pengujian tarik sambungan *belt* dengan *bias cut* 0,5 BW dengan temperatur *belt* saat pengujian panas 30°C, tetapi belum mendapatkan BW maksimum. Oleh karena itu pada penelitian ini akan mencari BW (*Belt Width*) maksimum dengan variasi BW 0,5, 0,7 dan 0,9 dengan variasi temperatur belt 30°C, 40°C, dan 50°C.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimanakah pengaruh variasi *bias cut* terhadap kekuatan tarik *belt conveyor* yang disambung menggunakan metode *cold splicing*.
2. Bagaimanakah pengaruh temperatur uji 30°C, 40°C, dan 50°C terhadap kekuatan tarik *belt conveyor* yang disambung menggunakan metode *cold splicing*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penyambungan *belt conveyor* menggunakan metode *cold splicing* dengan variasi *bias cut*.
2. Bahan yang digunakan *belt conveyor* 2 ply.
3. Temperatur uji yang digunakan adalah 30°C, 40°C, dan 50°C.
4. Metode pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik sistem panas.
5. Standart pengujian tarik yang di gunakan dalam pengujian adalah ASTM (*American Society of Testing and Material*).
6. Hanya membahas *belt conveyor* dengan penguat yang berasal dari *polyester*.
7. Penulis tidak membahas panjang sambungan *belt conveyor*.
8. Tidak membahas struktur mikro sambungan *belt* sebelum atau sesudah pengujian.
9. Penekanan pada sambungan yang dilakukan menggunakan dongkrak hidrolik memiliki tekanan yang sama.
10. Jumlah atau kadar lem yang digunakan untuk mengelem dianggap sama.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi *bias cut* terhadap kekutan tarik *belt conveyor* yang disambung menggunakan metode *cold splicing*.
2. Untuk mengetahui pengaruh temperatur dengan variasi suhu 30°C, 40°C, dan 50°C pada pengujian tarik *belt conveyor* yang disambung menggunakan metode *cold splicing*.

1.4.2 Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi *bias cut* terhadap kekutan tarik *belt conveyor* yang disambung menggunakan metode *cold splicing*.

2. Mengetahui pengaruh temperatur pada pengujian tarik sistem panas dari *belt conveyor* yang disambung menggunakan metode *cold splicing*.
3. Menambah pengetahuan, wacana, dan acuan bagi peneliti lanjutan dengan tema yang sama untuk pengembangan teknologi yang lebih modern dari hasil penelitian ini.

1.5 Hipotesa

Hipotesis yang diperoleh berdasarkan peneliti sebelumnya Arisyabana (2015), dan Nuruddin (2015), dengan penelitian pada saat ini yang telah dilakukan oleh peneliti adalah variasi sudut *bias cut* berpengaruh terhadap besarnya gaya yang mampu diterima oleh sambungan *belt conveyor*. Semakin besar sudut *bias cut* maka semakin besar gaya yang mampu ditahan atau diterima oleh sambungan *belt conveyor*.

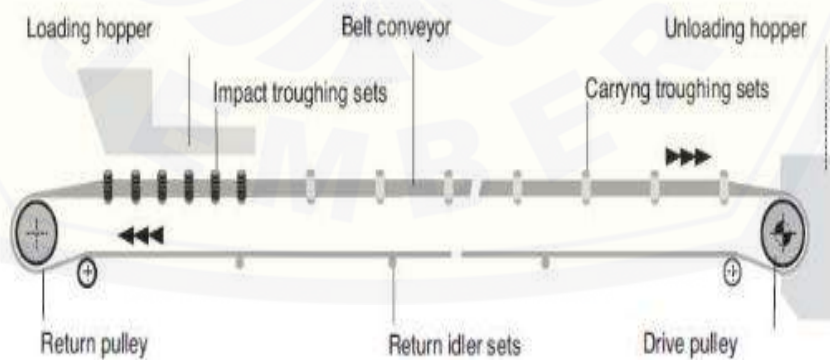
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Belt Conveyor*

Pada dasarnya *belt conveyor* merupakan peralatan yang cukup sederhana. Alat tersebut terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat. Sabuk yang digunakan pada *belt conveyor* ini dapat dibuat dari berbagai jenis bahan misalnya dari karet, plastik, kulit ataupun logam yang tergantung dari jenis dan sifat bahan yang akan diangkut. Untuk mengangkut bahan-bahan yang panas, sabuk yang digunakan terbuat dari logam yang tahan terhadap panas (Fedorko, 2013).

2.2 Prinsip Kerja *Belt Conveyor*

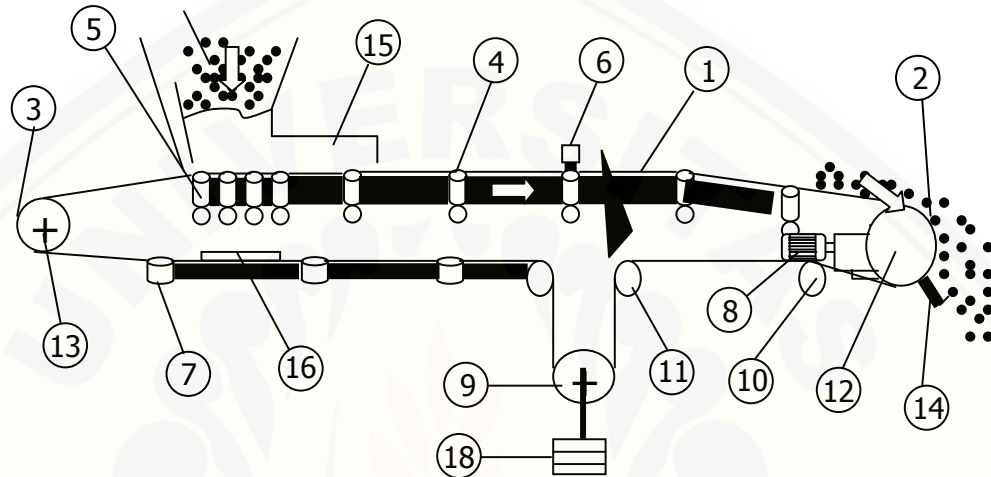
Prinsip kerja *belt conveyor* adalah memobilisasi material yang ada di atas *belt*, dimana material akan diumpukan melalui *hopper* pada sisi *tail* kemudian dibawa oleh *belt* yang berjalan disepanjang *roll* dan setelah sampai di *head* material akan ditumpahkan akibat *belt* berbalik arah yang kemudian material dikeluarkan melalui *discharge spout*. *Belt* digerakkan oleh *drive* atau *head pulley* dengan menggunakan motor penggerak (Permono, dkk, 2012).



Gambar 2.1 Prinsip Kerja konveyor (Sumber: Ananth, 2013)

2.3 Bagian-Bagian *Belt Conveyor*

Belt conveyor mampu berjalan karena adanya sistem yang menjalankannya, adapun bagian-bagian utama dari sistem tersebut seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bagian-Bagian *Belt Conveyor* (Sumber: Ilyandi, 2012)

- | | | |
|--|---------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Belt</i> | 7. <i>Return Roll</i> | 13. <i>Tail Drum</i> |
| 2. <i>Ujung Depan Belt Conveyor</i> | 8. <i>Motor Penggerak</i> | 14. <i>Scraper</i> |
| 3. <i>Ujung Belakang Belt Conveyor</i> | 9. <i>Take-up Pulley</i> | 15. <i>Skirt board</i> |
| 4. <i>Carrying Idler</i> | 10. <i>Snub Pulley</i> | 16. <i>Blade Scraper</i> |
| 5. <i>Impact Roll</i> | 11. <i>Bend Pulley</i> | 17. <i>Hopper</i> |
| 6. <i>Training Roll</i> | 12. <i>Head Drum</i> | 18. <i>Couter Weight</i> |

2.3.1 *Belt*

Belt adalah elemen mesin yang menghubungkan dua buah *pulley* yang digunakan untuk mentransmisi daya ataupun sebagai alat angkut bahan padatan. *Belt* biasanya terbuat dari tekstil, plat baja dan anyaman dari plat baja. Tetapi yang biasa digunakan dalam industri adalah *belt* yang terbuat dari karet berlapis tekstil (Molnar, 2014).

Dalam proses perawatan *belt conveyor*, sebelumnya perlu dipahami spesifikasi atau cara pembacaan spesifikasi *belt* dan kapasitas angkut *belt* itu sendiri (Kurniawan, 2011).

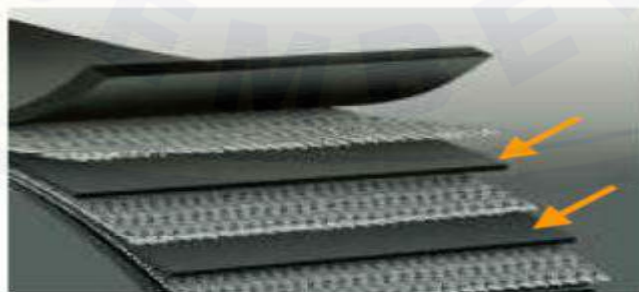
Contoh Spesifikasi *belt* :

16 meter EP-100, 400 x 2P x 1,5 x 1,5 mm T83°C

Keterangan :

- 16 meter : Panjang *belt conveyor*
- Ep : Tipe Carcase (EP : Poliester)
- 100 : *Tensile Strength* (kg/cm/ply)
- 400 : Lebar *Belt* (mm)
- 2P : Jumlah *ply* (2 *ply*)
- 1,5 : Tebal *Top Cover* (mm)
- 1,5 : Tebal *Bottom Cover* (mm)
- T83°C : Temperatur maksimum
- Type *belt* : *High Temperature Resistances*

Adapun beberapa jenis *belt* yang biasa digunakan pada suatu industri adalah *fabric belt* dan *steel cord belt*. *Fabric Belt* seperti pada Gambar 2.3 adalah *belt* dengan penguat yang terbuat dari serat tekstil (serat buatan) yang biasa disebut *carcass*. *Carcass fabric* adalah lapisan dari satu atau beberapa lapis tenunan yang diresapi karet dan di antara lapisan tenunan terdapat lapisan perekat (*skim rubbe*) (Summa Learning Center, 2001).

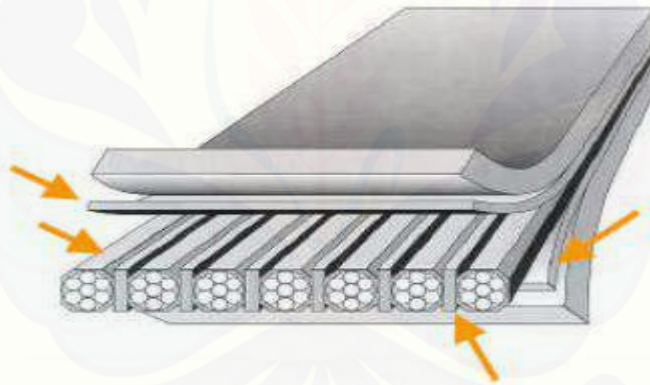


Gambar 2.3 *Fabric Belt* (Sumber: Rema Tip Top, 2000)

Jenis carcass yang sering dipakai :

- a. *Nylon* atau *Polymide*
- b. *Polyester* (Serat Sintetis)
- c. *Cotton* (Serat alam / katun)
- d. *Vinyon fabric*
- e. *Aramide fibre*

Steel cord belt seperti pada Gambar 2.4 merupakan jenis *belt* yang penerapannya menggunakan penguat dengan jenis sling baja, sehingga *belt* jenis ini cenderung memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan jenis *fabric belt*. *Carcass* jenis sling baja (*Steel Cord*) adalah kesatuan dari deretan sling diresapi karet, di antara lapisan tenunan terdapat lapisan perekat (*skim rubber*) (Summa Learning Center, 2001).



Gambar 2.4 *Steel Cord Belt* (Sumber: Rema Tip Top, 2000)

Adapun bagian-bagian penyusun *belt* seperti pada Gambar 2.4 adalah sebagai berikut:

- a. *Cover Rubber*

Fungsi utama *cover rubber* adalah sebagai pelindung lapisan penguat dari curahan, gesekan dan benturan material pada saat muat agar *ply* tidak sobek atau rusak.

Cover Rubber terdiri atas (Summa Learning Center. *Conveyor System Ops. & Maintenance*):

- *Top Cover* : lapisan yang langsung bersentuhan dengan material

Tebal *top cover* :

untuk jenis *fabric belt* : 1 mm s/d 8 mm

untuk jenis *steel cord belt* : 5 mm s/d 18 mm

- *Bottom cover* : karet lapisan bawah yang berhadapan dengan permukaan *pulley* dan roll pembawa.

Tebal *bottom cover* :

untuk jenis *fabric belt* : 1 mm s/d 4 mm

untuk jenis *steel cord belt* : 5 mm s/d 8 mm

b. *Reinforcement*

Kekuatan *belt conveyor* bukan dilihat berdasarkan ketebalannya melainkan pada jumlah lapisan penguat (*ply*) dan tegangan tarik per *ply* (*tensile strenght*). Kekuatan atau tegangan pada *belt conveyor* tergantung pada jenis *reinforcement* serta kekuatan *reinforcement* yang dipakai. Pada umumnya *reinforcement* terbuat dari serat (*carcass*) dan sling baja (*steel cord*).

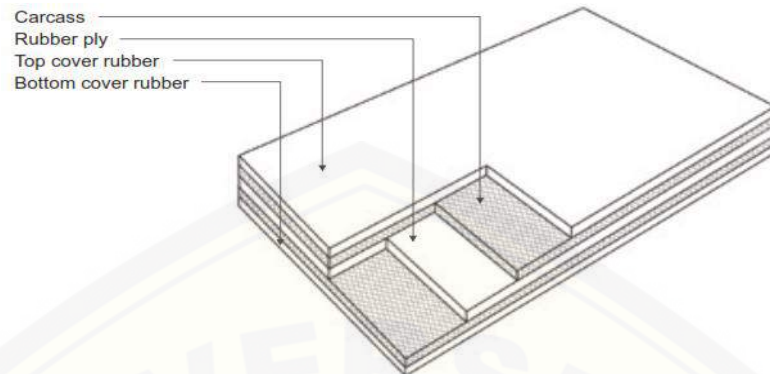
c. *Tie Rubber*

Tie rubber adalah lapisan karet diantara *ply* yang fungsinya untuk melekatkan lapisan *ply* satu dengan yang lainnya pada *fabric belt* sedangkan pada *steel cord belt* untuk melekatkan sling baja dengan *cover rubber* (Summa Learning Center, 2001).

Tebal *tie rubber* :

untuk jenis *fabric belt* : 0.5 mm – 1 mm

untuk jenis *steel cord belt* : 2 mm



Gambar 2.5 Bagian-Bagian *Belt* (Sumber : Wilhelms, 2004)

2.3.2 *Idler*

Idler merupakan bagian dari *belt conveyor* yang berfungsi untuk menahan atau menyangga *belt* (Summa Learning Center, 2001). Berdasarkan letak dan fungsinya maka *idler* dibagi menjadi:

1. *Idler Atas (Carrying Idler)*

Carrying idler atau yang biasa disebut *roll* pembawa merupakan salah satu jenis *idler* yang fungsinya sebagai *roll* penunjang *belt* bermuatan.

2. *Idler Penahan (Impact Idler)*

Impact idler atau yang biasa disebut *roll* penahan muatan merupakan salah satu jenis dari *idler* yang berfungsi sebagai *roll* penunjang *belt* pada daerah muat.

3. *Idler Penengah (Tracking Idler)*

Tracking idler merupakan merupakan salah satu dari jenis *idler* yang berfungsi untuk menjajaki agar *belt* tidak bergeser dari jalur yang seharusnya.

4. *Idler Bawah (Return Idler)*

Return idler merupakan salah satu jenis *idler* yang berfungsi sebagai *roller* penunjang *belt* pada daerah yang tidak bermuatan dan berada pada bagian bawah *frame*.

2.3.3 Unit Penggerak (*Drive Unit*)

Belt conveyor tidak akan mampu bergerak sendiri tanpa adanya unit penggerak

(Summa Learning Center, 2001). Dalam sistem *belt conveyor*, unit penggerak terdiri dari:

1. Sumber daya, motor atau mesin.
2. Transmisi (*gear box, coupling*). Perangkat yang meneruskan sumber daya ke *pulley* penggerak untuk menggerakkan *belt* pada kecepatan yang diinginkan.
3. *Drive pulley*. *Pulley* yang dihubungkan secara langsung atau tidak langsung ke sumber daya (*power unit*).
4. *Head pulley*. *Pulley* yang terpasang pada ujung depan *conveyor*.
5. *Tail pulley*. *Pulley* terakhir pada ujung belakang *conveyor*.

2.4 Permasalahan *Belt Conveyor*

Dalam realitanya sering terjadi permasalahan pada sistem *belt conveyor* jika perawatannya tidak baik. Permasalahan yang muncul dalam perawatan *belt* merupakan permasalahan yang sangat kompleks dan beragam. Perawatan yang baik akan mempengaruhi usia dari *belt* juga menjamin kualitas dan kemampuan *belt* dalam menyalurkan material secara berkesinambungan dan terus menerus. Maka pentingnya perawatan *preventive* terhadap *belt* tidak bisa dipungkiri lagi.

Pada dasarnya *belt conveyor* adalah alat transportasi material yang didesain untuk pemakaian jangka panjang, namun seiring dengan perawatan yang kurang tepat dan peningkatan kapasitas produksi, maka *belt conveyor* yang seharusnya bisa digunakan untuk waktu yang lama sering mengalami berbagai kendala/ masalah (Kurniawan, 2011). Diantara masalah yang sering terjadi pada *belt conveyor* adalah:

a. Sobek Memanjang

Sobek memanjang searah jalannya *belt*, baik kerusakan terjadi pada *cover rubber* saja atau terkena *ply* sehingga terbelah dua.

b. Sobek Melintang

Sobek melintang, baik kerusakan terjadi pada *cover rubber* maupun tembus terkena *ply*, untuk kerusakan tembus *ply*, apakah *ply* pertama atau semua *ply* maka kerusakan ini harus dikerjakan sedemikian rupa sehingga

tidak ada kekuatan yang hilang pada daerah kerusakan yaitu dengan menyisipkan *ply* yang utuh. Hal ini perlu dilakukan mengingat arah kerusakan adalah melintang dimana arah ini selalu dalam keadaan tegang dan cenderung untuk memperbesar sobekan. Jika lebar sobekan melampaui 20% dari lebar *belt* sebaiknya dipotong dan disambung kembali.

c. Sobek Pinggir *Belt*

Sobek yang terjadi pada pinggiran *belt* biasanya disebabkan karena *mistracking* atau ketidak lurusannya *belt conveyor* sehingga terjadi pergeseran antara *body hopper* dengan pinggiran *belt*.

d. *Belt* Aus Karena *Skirt Board*

Penggunaan *Rubber Skirt* dalam sistem *belt conveyor* sangat penting. Sebab keseimbangan material terhadap *belt* sangat tergantung oleh *rubber skirt* tersebut. Akan tetapi penggunaan *rubber skirt* yang terbuat dari bahan karet sangatlah perlu diperhatikan. Kesalahan pemilihan dalam penggunaan *rubber skirt* akan berdampak seperti permasalahan diatas yaitu *belt* akan cepat aus.

Dalam pemasangan *skirt board* ini harus memperhatikan *gab* (jarak) antara ujung *skirt board* dengan permukaan *belt*. Sebab jika ada celah maka itu nanti akan membuat material menempel pada *skirt board* tersebut dan nantinya akan bisa membuat *belt* sobek karena terkena material yang menempel dan mengeras tersebut.

e. *Belt* Aus Karena *Scrapper*

Scrapper merupakan alat yang digunakan untuk membersihkan material yang menempel pada *belt*, namun kebanyakan *belt* juga aus karena disebabkan oleh *scrapper*.

Dalam sistem ban berjalan pemilihan *scrapper* yang baik merupakan hal yang paling penting. Sebab jika kita salah dalam memilih *scrapper* maka akan mudah terjadi kerusakan atau sobek pada *belt*. Walaupun hampir semua

blade scrapper terbuat dari bahan karet, namun tidak semua jenis karet dapat dipakai sebagai *scrapper*.

f. *Belt* Kurang Kencang

Belt conveyor seiring dengan pengoperasiannya akan mengalami mulur sebagai akibat dari sifat serat karet dan juga *stress* yang dialaminya sehingga menyebabkan *belt* kurang kencang.

2.5 Pemeliharaan *Belt Conveyor*

Pemeliharaan *belt conveyor* merupakan hal yang sering dipermasalahkan antara Bagian Pemeliharaan dan Bagian Produksi. Karena Bagian Pemeliharaan dianggap yang memboroskan biaya, (Soemarno, 2008). Pada umumnya sebuah produk yang dihasilkan oleh manusia, tidak ada yang tidak mungkin rusak, tetapi usia penggunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan yang dikenal dengan pemeliharaan (Corder, 1992). Oleh karena itu, Suatu kalimat yang perlu diketahui oleh orang pemeliharaan dan bagian lainnya bagi suatu pabrik adalah pemeliharaan (*maintenance*) murah sedangkan perbaikan (*repair*) mahal (Setiawan, 2008).

Untuk menjaga kondisi dari *belt conveyor* tersebut agar berada dalam keadaan yang optimal saat digunakan, maka diperlukan kegiatan pemeliharaan pada *belt conveyor* tersebut untuk menjaga kehandalan sistem dan menyediakan *belt conveyor* cadangan untuk menghindari menurunnya ketersediaan sistem karena tindakan pemeliharaan. Sistem produksi suatu perusahaan pada umumnya memiliki kegiatan pemeliharaan sebagai penunjang kegiatan operasional sistem (Mursito, 2014).

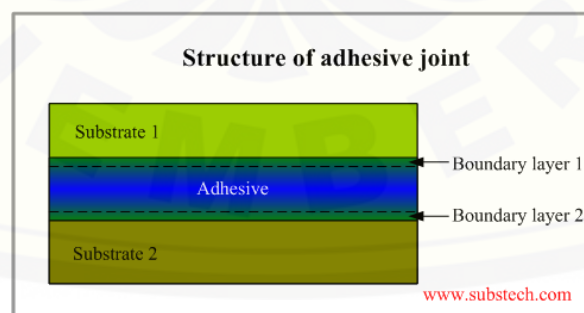
Ketika suatu sistem *belt conveyor* mengalami kerusakan maka sistem tersebut memerlukan pemeliharaan perbaikan. Pemeliharaan perbaikan ini menyebabkan biaya *downtime* yang mahal dan resiko yang tinggi jika sistem *belt conveyor* tersebut adalah sistem yang besar dengan unit-unit yang mahal harganya. Jika kita melakukan pemeliharaan sebelum terjadinya kerusakan atau pemeliharaan pencegahan, maka biaya yang dihasilkan akan lebih kecil daripada biaya pemeliharaan perbaikan. Hal

ini dikarenakan pemeliharaan pencegahan memerlukan waktu yang lebih kecil jika dibandingkan dengan pemeliharaan perbaikan sehingga *uptime* yang diharapkan dari sistem *belt conveyor* juga dapat meningkat. Selain itu, dengan pemeliharaan pencegahan biaya-biaya operasi yang mungkin terjadi dapat dikendalikan (Mursito, 2014).

2.6 Sambungan *Adhesive*

Menurut Kopeliovich (2014), sambungan *adhesive* atau ikatan perekat adalah proses bergabungnya dua bahan atau lebih bagian bahan padat dengan zat perekat, bahan dari bagian yang akan direkat mungkin sama atau mirip. Bahan lapisan perekat umumnya adalah polimer (alami atau sintesis) dan ketebalan lapisan perekat biasanya tidak melebihi 0.02" atau 0,5mm.

1. *Adhesive* adalah suatu bahan yang digunakan untuk menyatukan atau menyambungkan suatu bahan yang sama ataupun berbeda jenis materialnya, baik itu logam dengan logam, logam dengan kayu, logam dengan karet dan sebagainya (Kopeliovich, 2014).
2. Sambungan *adhesive* adalah penyambungan suatu bahan baik sama maupun berbeda jenis materialnya dengan memanfaatkan kontak permukaan ditambah *adhesive* (lem) sebagai media penyambungannya.



Gambar 2.6 Struktur Sambungan Perekat (Sumber: Kopeliovich, 2014)

2.6.1 Kelebihan dan Kekurangan pada Sambungan *Adhesive*

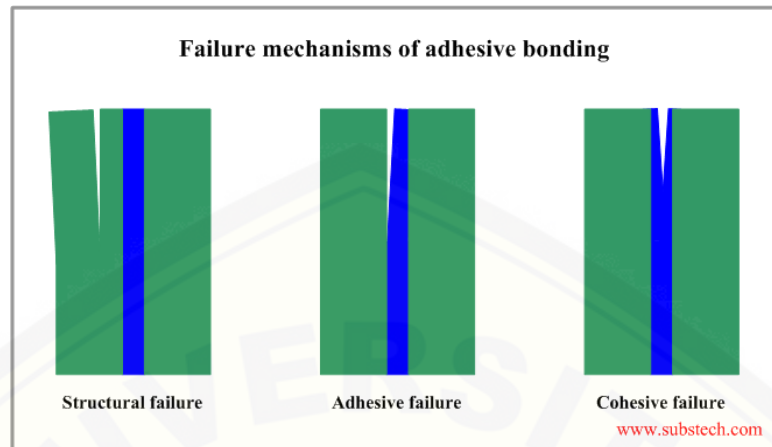
1. Kelebihan sambungan *adhesive* :

- Beban merata
- Dapat digunakan untuk menyambung dua bahan yang berbeda dan keadaan dan bentuk apapun
- Dapat diproses pada temperatur yang rendah
- Sebagai isolator panas dan listrik
- Tidak terjadi konsentrasi tegangan
- Tidak terjadi korosi
- Mengurangi berat bagian alat sambungan (Dengan pengelolaan yang tepat)
- Kemampuan penyegelan
- Mengurangi banyak perhitungan komponen
- Mengurangi waktu perakitan

2. Kekurangan sambungan *adhesive* :

- Membutuhkan waktu yang lama untuk persiapan dan proses penyatuan sambungan
- Sukar untuk dibuka
- Tahanan panas yang terbatas
- Tahanan kejut yang rendah
- Penggunaan permanen

Adapun jeni-jenis dari kegagalan ikatan perekat dalam sambungan *adhesive*. Ada beberapa faktor yang bisa berkontribusi pada kegagalan dua permukaan (Kopeliovich, 2014). Jenis kegagalan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.7 Kegagalan Ikatan Perekat (Sumber: Kopeliovich, 2014)

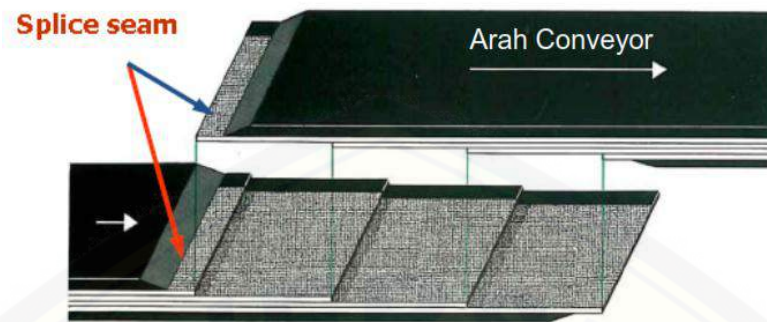
Ada tiga mekanisme kemungkinan kegagalan ikatan perekat :

- Kegagalan struktural : kegagalan internal dari bahan substrat di daerah dekat sendi.
- Kegagalan Adhesive : kegagalan antar muka mengakibatkan pemisahan salah satu substrat dari lapisan perekat.
- Kegagalan kohesif : kegagalan internal dari lapisan perekat.

2.7 Penyambungan *Belt Conveyor*

Salah satu kerusakan pada sistem *belt conveyor* adalah sobek atau putusnya *belt*, oleh karena itu perlu dilakukan penanganan yang tepat untuk kerusakan tersebut yaitu dengan dilakukannya penyambungan *belt conveyor*. Sebelum melakukan penyambungan, diperlukan pengetahuan tentang referensi dari *fabricant* (Pabrik) pembuat *belt* atau Standard Internasional dalam menentukan panjang sambungan (Zarkasi, 2010).

Panjang sambungan adalah panjang total dari suatu sambungan antara *belt* yang satu dengan *belt* lainnya. Panjang sambungan sangat menentukan kekuatan saat menerima beban tarik. Mengurangi panjang sambungan sama dengan beresiko mengurangi kemampuan beban tarik pada sambungan.



Gambar 2.8 Panjang Sambungan (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

Dalam melakukan penyambungan seperti pada Gambar 2.9, secara umum tipe atau model penyambungan dapat dibagi dua yaitu:

1. *Endless Splice* :

a. *Cold Splice* (Penyambungan Sistem Dingin)

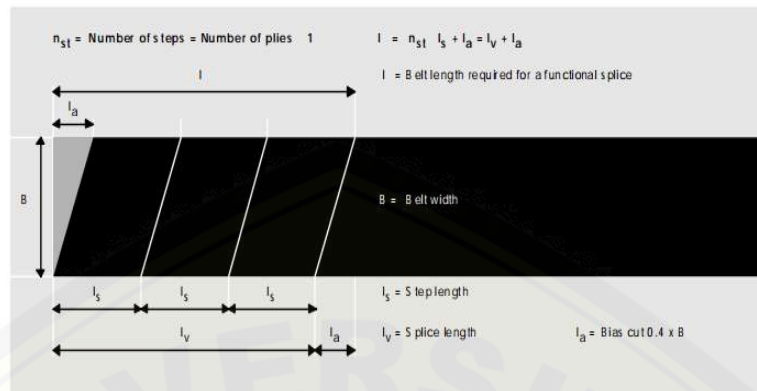
Penyambungan dengan sistem dingin adalah proses penyambungan *belt conveyor* yang proses vulkanisasinya dengan cara kimiawi, yaitu dengan menggunakan lem yang menyatu dengan karet *Hot Splice* (Penyambungan Sistem Panas).

Hot splice sering disebut juga sebagai penyambungan vulkanisasi, karena pekerjaan ini menggunakan material yang harus di aplikasikan dengan menggunakan mesin vulkanisasi (Summa Learning Center, 2001).

2. *Mechanical Splice*

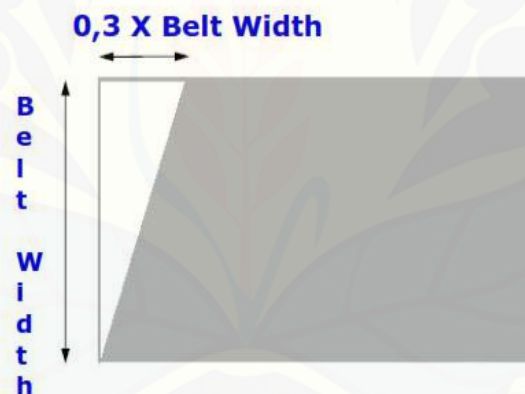
1. *Fastener* (Semua Penyambungan Mechanic)

2. *Super Screw* (Kombinasi antara Rubber dan Fastener)



Gambar 2.9 Cara Penyambungan *Belt Conveyor* (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa untuk melakukan penyambungan *belt conveyor* harus menggunakan *bias cut* (sudut sambungan) dalam proses penyambungannya (Summa Learning Center, 2001).

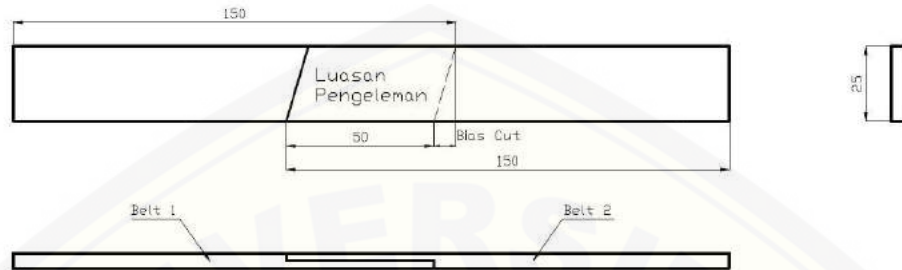


Gambar 2.10 Standart Penentuan *Bias Cut* (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

2.8 Uji Tarik

Uji tarik adalah merupakan salah satu pengujian yang dilakukan pada material untuk mengetahui karakteristik dan sifat mekanik material terutama kekuatan dan ketahanan terhadap beban tarik. Dari pengujian ini, maka kita dapat menentukan apakah material tersebut cocok atau tidak dengan kebutuhan (Nasiruddin, 2014). Pengujian dilakukan dengan menggunakan panduan ASTM D 3039 yang merupakan standard pengujian kekuatan tarik pada komposit bermatrik polimer. Metode pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik ultimate. Berdasarkan

ASTM D 3039 terdapat standard spesimen geometri yang dibutuhkan seperti pada Tabel 2.1 serta geometri spesimen yang dibutuhkan seperti pada Tabel 2.2.



Gambar 2.11 Standar Sampel Uji ASTM D 3039 (Sumber: Nasiruddin, 2014)

Tabel 2.1 Spesimen geometri yang dibutuhkan

Parameter	Requirement
<i>Specification :</i>	
Shape	Constant rectangular cross-section
Minimum length	Gripping + 2 times width + gage length
Specimen width	As needed
Specimen width tolerance	± 1% of width
Specimen thickness	As needed
Specimen thickness tolerance	± 4% of thickness
Specimen flatness	Flat with light finger pressure

Sumber: ASTM D 3039

Tabel 2.2 Geometri spesimen yang direkomendasikan

Fiber orientation	Width (mm)	Overall length (mm)	Thickness (mm)	Tab Length (mm)	Tab Thickness (mm)	Tab Bevel Angle
0° unidirectional	15	250	1.0	56	1.5	7 or 90
90° unidirectional	25	175	2.0	25	1.5	90
Balanced & symmetric	25	250	2.5	Emery cloth	-	-
Random-discontinuous	25	250	2.5	Emery cloth	-	-

Sumber: ASTM D 3039

Perhitungan *ultimate tensile strength* menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\sigma_{tu} = F_{max} / A_0 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\sigma_i = P_i / A \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

σ_{tu} = Kekuatan tarik ultimate, MPa;

F_{\max} = Beban maksimum sebelum kegagalan, N;

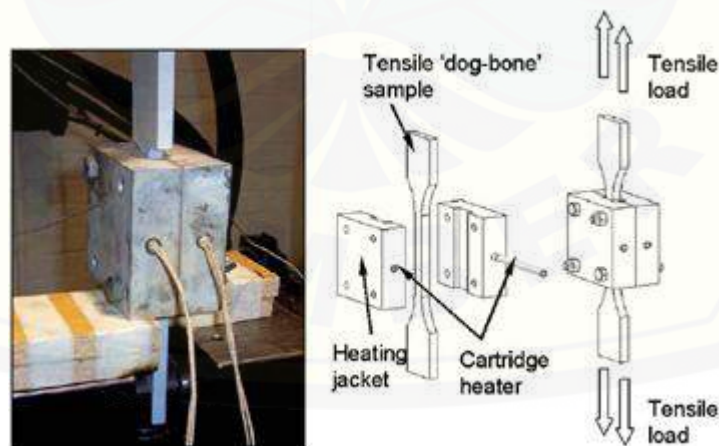
σ_i = Tegangan tarik pada data yang ke-, MPa;

P_i = Beban pada data yang ke-, N;

A_0 = Luasan penampang awal, mm^2 ,

2.8.1 Uji Termal Mekanis

Pengujian termal mekanis merupakan pengujian kekuatan mekanis dengan diberi pemanasan pada material tersebut. Pada penelitian ini kekuatan mekanis yang diukur ialah kekuatan tarik. Pengukuran kekuatan tarik ini mengalami beberapa kesulitan karena temperatur sering melewati jarak uji pemanasan dan juga masalah mengenai pegangan yang selip atau kegagalan pada pegangan selama proses. Satu metode yang dapat mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan *heated gauge length set-up* yang tertera pada gambar. Sampel konvensional untuk uji tarik dengan temperatur kontrol terdiri atas balok metal dan pemanas kartrid dengan desain jepit seperti gambar. Keuntungan dari desain ini ialah menjaga pegangan sampel tetap dingin, jadi mencegah keselipan atau deformasi. Penambahan penyekatan secara umum dibutuhkan di sekitar pegangan atas, untuk mencegahnya menjadi hangat dengan konveksi udara dari balok panas (Mouritz, dkk., 2007).



Gambar 2.12 Sampel Uji Tarik dengan Pengukur Panas untuk Mengukur Kekuatan pada Kenaikan Suhu (Sumber : Mouritz dan Gibson, 2007)

Sampel berbentuk 'dog bone' digunakan untuk uji tarik pada spesimen, ketebalan dimensi 8 mm dan variasi temperature uji antara 25°C hingga 400°C dengan sebuah box berisi pemanas (Easby dan Feih, 2007).



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian dan Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggabungan percobaan yang ada di lapangan dengan pegkajian literatur yang telah didapatkan baik dari jurnal maupun dari katalog perusahaan yang juga melakukan penyambungan *belt conveyor*. Dalam penelitian ini mencakup bagaimana pengaruh variasi *bias cut* terhadap kekuatan tarik *belt conveyor 2-ply* menggunakan metode *cold splicing* dengan pengujian tarik sistem panas. Rancangan penelitian dengan menggunakan penelitian faktorial dimana penelitian ini berdasarkan faktor *bias cut* dan temperatur pengujian pada sambungan *belt conveyor* dengan metode *cold splicing* dan pengujian tarik sistem panas.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Desain dan Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Penelitian dilakukan selama 6 bulan yaitu bulan Februari – Juli 2016.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan selama penelitian ini berlangsung antara lain:

1. Universal Machine Testing Merk ESSOM TM 113 30 kN.
2. *Thermocontrol* Tipe E5CWL
3. *Thermocouple*
4. *Heater*
5. Penggaris
6. Kamera 5 MP

7. *Pincer*
8. *Cutter*
9. *Sprit* (Alat Suntik)
10. Spidol
11. Amplas
12. Kuas
13. Timbangan Digital
14. Palu karet
15. Termometer Laser
16. Alat Bantu Uji Spesimen

3.3.2 Bahan :

1. *Fabric belt* dengan spesifikasi 400 x EP 100 x 2P x 1,5 x 1,5

Keterangan:

- Lebar belt* : 400 mm
Tipe carcass : *Polyester*
Kekuatan tarik/ply : 100 kg/cm
Top cover : 1,5 mm
Bottom cover : 1,5 mm

2. *Cold Splicing and Repairing Material* SUNPAT ECO 310
3. *Hardener* SUNPAT ECO 305

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas yang di gunakan adalah sebagai berikut:

- a. Variasi *bias cut* pada sambungan *belt conveyor* (0,5;0,7;0,9)
- b. Variasi temperatur uji (30°C, 40°C, 50°C)

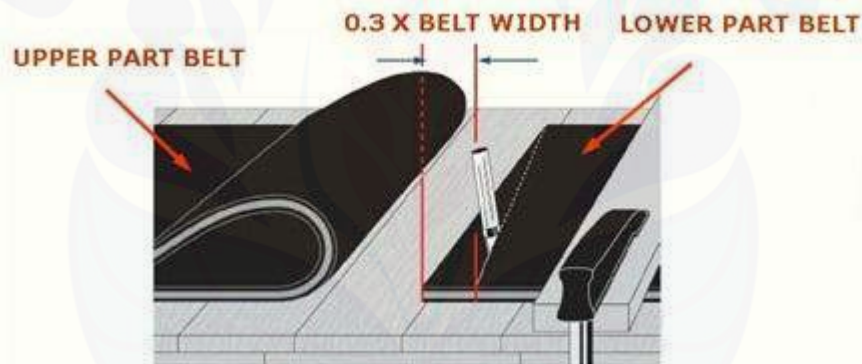
3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti tapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Pada penelitian ini memiliki variabel terikat berupa data yang diambil dari alat uji tarik dengan menganalisa dari data yang mempengaruhi yaitu variasi *bias cut* dan variasi temperatur uji.

3.5 Prosedur Pembuatan Spesimen

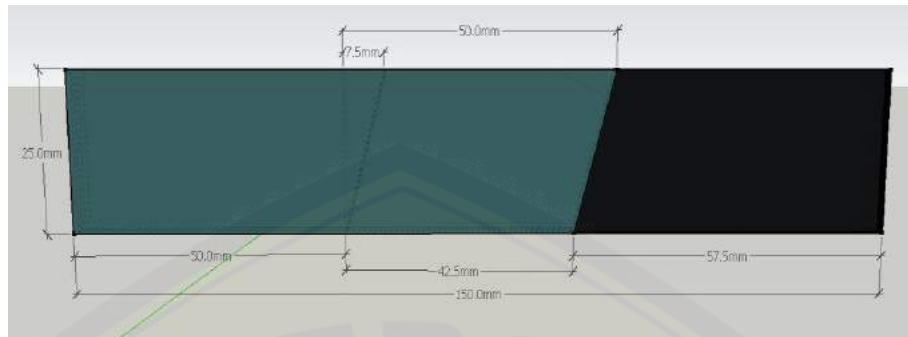
Adapun langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Siapkan *Fabric belt*, serta alat pendukung untuk membuat spesimen.
2. Potong *belt* menggunakan *cutter* dengan ukuran 250 mm x 25 mm x 5 mm.



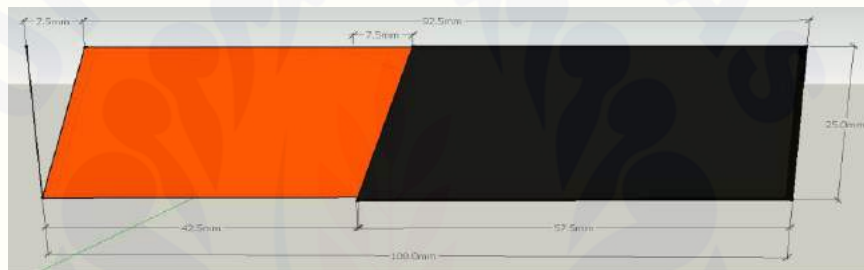
Gambar 3.1 *Sket Belt* (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

3. Beri tanda garis potong ($0,3 \times$ lebar *belt*) dengan spidol.
4. Pelurusan dari area sambungan terhadap *belt*.
5. Penggambaran Panjang *Step* dan garis potongnya, Demikian pula dengan bagian ujung *belt* yang lainnya.



Gambar 3.2 Penggambaran Panjang Step dan Garis Potong (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

6. Potong kedua ujung *belt* sepanjang sudut sambungan ($0,3 \times BW$),



Gambar 3.3 Pemotongan *Bias Cut* (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

7. Potong bagian karet *top cover* pada kedua tepi *belt* hingga bertemu dengan *Ply* pertama.
8. Potong *Ply* pertama pada bagian tengah.



Gambar 3.4 Pemotongan *Ply* (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

9. Gunakan tang untuk mengangkat *ply* pertama. Ujung tang harus tumpul untuk menghindari kerusakan pada *fabric*.



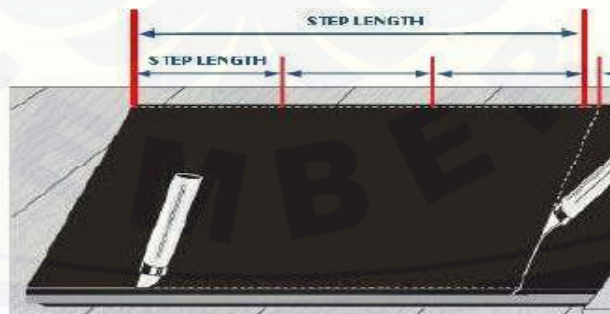
Gambar 3.5 Pengangkatan *Ply* (Sumber: Rema Tip Top, 2000)

10. Kupaslah sedikit bagian *ply* pertama dengan tang. Kupaslah bagian tersebut dengan bantuan pencekam dan tarik dengan menggunakan tang.



Gambar 3.6 Pengupasan *Ply* (Sumber: Rema Tip Top, 2000)

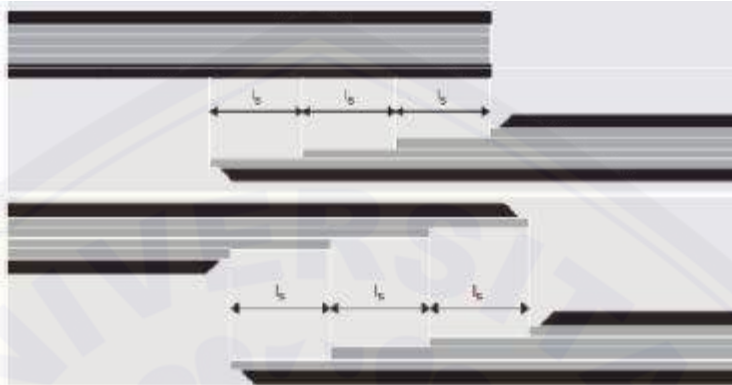
11. Kupaslah untuk *ply – ply* berikutnya.
12. Potonglah pada bagian permukaan kedua tepi *belt* pada sambungan dengan menggunakan pisau perata/*cutter*.



Gambar 3.7 Pemotongan Tepi *Belt* (Sumber: Rema Tip Top, 2000)

13. Lakukan pekerjaan yang sama untuk ujung *belt* yang lainnya.

14. Temukan kedua ujung tersebut dan periksalah apakah bagian – bagian tersebut tepat antara yang satu dengan yang lainnya.



Gambar 3.8 Pencocokan Ujung *Belt* (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

15. Lakukan pengasaran (*buffing*) pada permukaan karet yang terdapat *Fabric*.



Gambar 3.9 Pengasaran (*Buffing*) (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

16. Bersihkan permukaan sambungan dari debu karet dan bersihkan dengan kain.
17. Bersihkan permukaan sambungan dengan menggunakan sikat kawat.



Gambar 3.10 Pembersihan *Belt* dari Kotoran (Sumber: Rema Tip Top, 2000)

18. Terapkan/sesuaikan kedua bagian belt (*upper* dan *lower*) secara bersamaan untuk mendapatkan hasil yang tepat.
19. Campurkan *rubber cement Sunpact Eco 310* dengan *hardener Sunpact Eco 305* dengan perbandingan 100 : 8.
20. Aduklah dengan merata.
21. Kuaskan campuran tersebut 2 kali pada masing masing permukaan.



Gambar 3.11 Pelapisan Lem (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

22. Diamkan lapisan lem pertama selama 5 menit.
23. Kemudian lakukan pengeleman ke 2 sebelum penyatuan *belt* dilaksanakan.
24. Satukan kedua ujung *belt* secara bersamaan, periksa ujung tepian *fabric* dari masing – masing *belt* hingga posisi *ply* benar – benar tepat tanpa adanya *over lapping*.

25. Beri penekanan pada lem dengan menggunakan palu karet supaya tidak terdapat udara yang terjebak di dalam lapisan pengeleman.



Gambar 3.12 Proses Stitching (Sumber: Summa Learning Center, 2001)

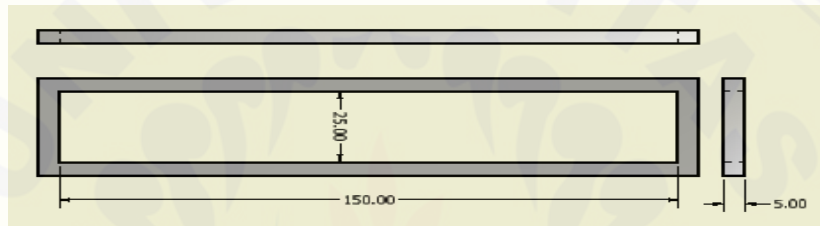
3.6 Prosedur Pengujian Spesimen

Dalam melakukan pengolahan data diambil dari proses uji tarik pada spesimen-spesimen dengan menggunakan Universal Machine Testing Merk ESSOM TM 113 yang terdapat pada laboratorium desain dan uji bahan Universitas Jember seperti pada Gambar 3.13. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan panduan ASTM D 3039 yang merupakan standard pengujian kekuatan tarik pada komposit bermatrik polimer (Nasiruddin, 2014).



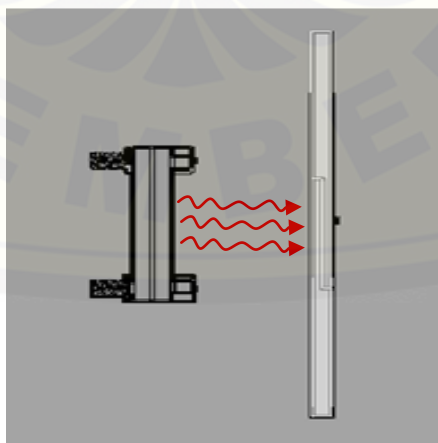
Gambar 3.13 Pengujian Tarik (Sumber: Nasiruddin, 2014)

Perhitungan *ultimate tensile strength* menggunakan persamaan 2.2. Sebelum melakukan pengujian tarik, dilakukan pengecekan terhadap spesimen-spesimen yang telah dibuat. Hal ini bertujuan agar spesimen yang diuji sudah seragam seperti yang disarankan pada ASTM D 3039. Pengecekan dilakukan dengan cara meletakkan spesimen pada alat bantu uji dimensi seperti pada Gambar 3.14, dimana jika spesimen tidak sesuai seperti dimensi yang disarankan, maka harus diganti dengan spesimen yang baru. Pengujian dilakukan setelah 1x24 jam atau lebih, setelah proses penyambungan (Nasiruddin, 2014).



Gambar 3.14 Alat Bantu Uji Dimensi Spesimen (Sumber: Nasiruddin, 2014)

Sebelum melakukan proses pemanasan pada sambungan *belt* terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mengetahui seberapa besar rentangan antara suhu pada *thermocontrol* dan temperatur pada *belt*. Panaskan sambungan *belt* dan atur temperatur pada *thermocontrol* seperti yang diinginkan, kemudian setelah 10 menit periksa temperatur pada *belt* dengan cara posisikan termometer laser pada sisi depan tengah sambungan seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Pemberian Panas pada *Belt* (Sumber: Nuruddin, 2015)

Sebuah spesimen dipasang pada mesin uji tarik dan pemanas dipasangkan pada objek lalu atur temperatur sebesar 30°C, 40°C, dan 50°C untuk masing-masing garis potong. Temperatur pada pemanas diukur dengan *thermocouple* dan diatur temperaturnya menggunakan *thermocontrol* untuk menjaga agar temperatur dalam kondisi tetap. Panas secara radiasi tersebut dilakukan selama 10 menit. Setelah itu, spesimen langsung dilakukan uji tarik dengan menggunakan mesin uji tarik sesuai standar ASTM D 3039.

Ketika pengujian tarik siap dilakukan, setel penanda *displacement* dengan meletakkan ujung dasarnya ke dasar mesin uji tarik. Saat penanda *displacement* tidak lagi menyentuh dasar mesin uji tarik, lakukan penyetelan ulang dengan mengendorkan pengikatnya dan meletakkan ke dasar mesin uji tarik. Hal ini dimaksudkan agar penanda *displacement* dapat bekerja dengan baik. Reset *display* saat akan melakukan pengujian tarik. Proses pengujian minimal dilakukan oleh dua orang, orang pertama memegang pencekam sedangkan yang lainnya mengungkit dengan tuas yang disediakan. Selama proses, jangan lupa untuk melakukan pengecekan pada *display* mesin uji tarik. Catat beban maksimal sebelum kegagalan untuk perhitungan kekuatan tarik dari spesimen-spesimen uji (Nasiruddin, 2014).

3.7 Analisa Pengolahan Data dan Rancangan Percobaan

3.7.1 Analis Data dengan Eksperimen 2 Faktorial

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Uji statistik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimen faktorial. Penggunaan eksperimen faktorial ini, karena terdapat lebih dari satu faktor yang mempengaruhi sesuatu yang diamati. Seperti yang ada dalam penelitian ini yaitu pengaruh *Bias Cut* dan Temperatur Uji (Sastrosupadi, 2000). Bentuk Eksperimen Faktorial model Rancangan Acak Lengkap dari data hasil percobaan Y_{ijk} dapat dinyatakan dengan model matematis:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dengan, $i = 1, 2 \text{ dan } 3$
 $j = 1, 2, \text{ dan } 3$
 $k = 1, 2, 3, 4$

Dimana :

Y_{ijk} : Pengamatan pada faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

μ : Rataan umum

α_i : Pengaruh faktor A taraf ke-i

β_j : Pengaruh faktor B taraf ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$: Pengaruh interaksi dari faktor A taraf ke-i dan faktor B taraf ke j

ε_{ijk} : Pengaruh acak pada faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

Model matematik tersebut memperlihatkan bahwa data Y_{ijk} merupakan nilai – nilai rataan (μ) yang bervariasi sebagai akibat adanya pengaruh perlakuan (α_i), perlakuan (β_j), dan galat (ε_{ijk}) akibat adanya ulangan. Asumsi untuk model acak ialah : $\alpha_i \sim N(0, \sigma_a^2)$, $\beta_j \sim N(0, \sigma_\beta^2)$, $(\alpha\beta)_{ij} \sim N(0, \sigma_{\alpha\beta}^2)$

Model Acak merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang dicobakan merupakan sampel acak dari populasi perlakuan dan kesimpulan yang diperoleh berlaku secara umum untuk seluruh populasi perlakuan.

3.7.2 Uji Hipotesis

Hipotesis adalah suatu pernyataan yang masih lemah kebenarannya dan perlu dibuktikan atau dugaan yang sifatnya masih sementara. Pengujian hipotesis akan menghasilkan keputusan menerima atau menolak hipotesis. Penolakan suatu hipotesis bukan berarti disimpulkan bahwa hipotesis salah, dimana bukti yang tidak konsisten dengan hipotesis. Penerimaan hipotesis sebagai akibat tidak cukupnya bukti untuk menolak dan tidak berimplikasi bahwa hipotesis itu pasti benar. Pada penelitian ini ditetapkan nilai taraf signifikansi α sebesar 5% atau 0,05 dengan artian ada kemungkinan lima diantara seratus keputusan penolakan hipotesis nol adalah

keputusan yang keliru (Sastrosupadi, 2000). Model acak untuk membuktikan hipotesis bahwa uji F dilakukan untuk membandingkan besaran pengaruh perlakuan (KTP) atau pengaruh kontrol lokal (pengelompokan) dengan efek kondisi (galat) (KTG). Model acak untuk membuktikan hipotesis bahwa :

1. Hipotesis pengaruh utama faktor A

H_0 : Faktor A tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati

H_1 : Faktor A berpengaruh positif terhadap respon yang diamati

- Jika nilai sig (A) $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_1 ditolak
- Jika nilai sig (A) $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_1 diterima

2. Hipotesis pengaruh utama faktor B

H_0 : Faktor B tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati

H_1 : Faktor B berpengaruh positif terhadap respon yang diamati

- Jika nilai sig (B) $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_1 ditolak
- Jika nilai sig (B) $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_1 diterima

3. Hipotesis pengaruh interaksi

H_0 : Faktor A dengan faktor B tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati

H_1 : Faktor A dengan faktor B berpengaruh positif terhadap respon yang diamati

- Jika nilai sig (A*B) $> \alpha$, maka H_0 diterima, H_1 ditolak
- Jika nilai sig (A*B) $< \alpha$, maka H_0 ditolak, H_1 diterima

Uji F dilakukan untuk membandingkan besaran pengaruh perlakuan (KTP) atau pengaruh kontrol lokal (pengelompokan) dengan efek kondisi (galat) (KTG).

Kriteria keputusan : H_0 ditolak jika $F_{hit} > F_{\alpha, a-1, a(r-1)}$

Kriteria Pengambilan Keputusan :

1. Jika $F_{hitung} < F_{tabel 5\%}$, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa *bias cut* dan temperatur uji tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik *belt* atau dengan kata lain Terima H_0 dan Tolak H_1
2. Jika $F_{hitung} > F_{tabel 5\%}$, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa *bias cut* dan temperatur uji berpengaruh terhadap kekuatan tarik *belt* atau dengan kata lain Tolak H_0 dan Terima H_1

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan *bias cut* (faktor A) terhadap kekuatan tarik *belt*. Faktor *bias cut* tersebut dilakukan dengan beberapa yaitu (0,5;0,7;0,9) BW dengan variasi temperatur uji (faktor B) yaitu 30°C, 40°C, dan 50°C. Rancangan yang digunakan adalah Percobaan Faktorial dengan 3 kali ulangan (r) (Sastrosupadi, 2000).

3.7.3 Metode Sidik Ragam

Pada Rancangan acak lengkap ada dua sumber keragaman yaitu sumber keragaman perlakuan dan sumber keragaman galat . Besar nilai kedua komponen sumber keragaman inilah yang menentukan perbedaan antar perlakuan. Dalam penelitian ini menggunakan Metode Sidik Ragam ulangan sama yaitu bila jumlah perlakuan sama (p) dan setiap perlakuan diulang (n) kali level maka, dapat dibuat tabel hasil pengamatan dengan pola Sidik Ragam Rancangan Acak Lengkap (RAL) (Sastrosupadi, 2000). Yang disajikan dalam tabel 3.1 yaitu tabel Anova sebagai berikut.

Tabel 3.1 Tabel Anova

Sumber Variasi	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rataan (KR)	F hitung	F tabel
					5%
Perlakuan	AB-1	$\frac{\sum(\sum yj)^2}{r} - FK$	JK P/DBP	KTP/KTG	
Faktor A	A-1	$\frac{\sum(\sum yi)^2}{rB} - FK$	JK A/DBA	KTA/KTG	
Faktor B	B-1	$\frac{\sum(\sum yj)^2}{rA} - FK$	JK B/DBB	KTB/KTG	
Interaksi AB	(A-1)(B-1)	JK P – JK A – JK B	JK AB/DBAB	KTAB/KT G	
Galat	AB(r-1)	JK T-JK P	JK G/DBG		
Total	(ABr-1)	$\sum (\sum ijk)^2 - FK$			

Sumber: Sastrosupadi, (2000)

Keterangan:

a. Perlakuan faktor A	= A
b. Perlakuan faktor B	= B
c. Jumlah ulangan	= r
d. Derajat bebas perlakuan (DBP)	= AB - 1
e. Derajat bebas faktor A (DBA)	= A - 1
f. Derajat bebas faktor B (DBB)	= B - 1
g. Derajat bebas faktor AB (DBAB)	= (A - 1) (B - 1)
h. Derajat bebas galat (DBG)	= AB (r - 1)
i. Derajat bebas total (DBT)	= (ABr - 1)
j. Faktor koreksi (FK)	= $\frac{(\sum y_i)^2}{A \times B \times r}$
k. Jumlah kwadrat total (JKT)	= $\sum (\sum_{ijk})^2 - FK$
l. Jumlah kwadrat perlakuan (JKP)	= $\frac{\sum (\sum y_j)^2}{r} - FK$
Jumlah kwadrat faktor A (JKA)	= $\frac{\sum (\sum y_i)^2}{rB} - FK$
m. Jumlah kwadrat faktor B (JK faktor B)	= $\frac{\sum (\sum y_j)^2}{rA} - FK$
n. Jumlah kwadrat faktor AB (JK faktor AB)	= JKP - JKA - JKB
o. Jumlah kwadrat galat (JKG)	= JKT - JKP
p. Kwadrat tengah perlakuan (KTP)	= JKP / DBP
q. Kwadrat tengah faktor A (KTA)	= JKP / DBA
r. Kwadrat tengah faktor A (KTB)	= JKP / DBB
s. Kwadrat tengah faktor AB (KTAB)	= JKP / DBAB

$$t. \text{ Kwadrat tengah galat (KTG)} = \text{JKG} / \text{DBG}$$

3.7.4 Prosedur Uji Anova

Secara umum prosedur uji anova mengikuti prosedur uji hipotesis sebagaimana yang telah dibahas pada uji-uji hipotesis sebelumnya (Harinaldi, 2005).

- Pernyataan Hipotesis Nol dan Hipotesis Alternatif
- Pemilihan Tingkat Kepentingan (*Level Of Significance*), α
- Penentuan Distribusi yang Digunakan
- Pendefinisian Daerah-Daerah Penolakan atau Kritis
- Pernyataan Aturan Keputusan (*Decision Rule*)
- Pengambilan Keputusan secara Statistik

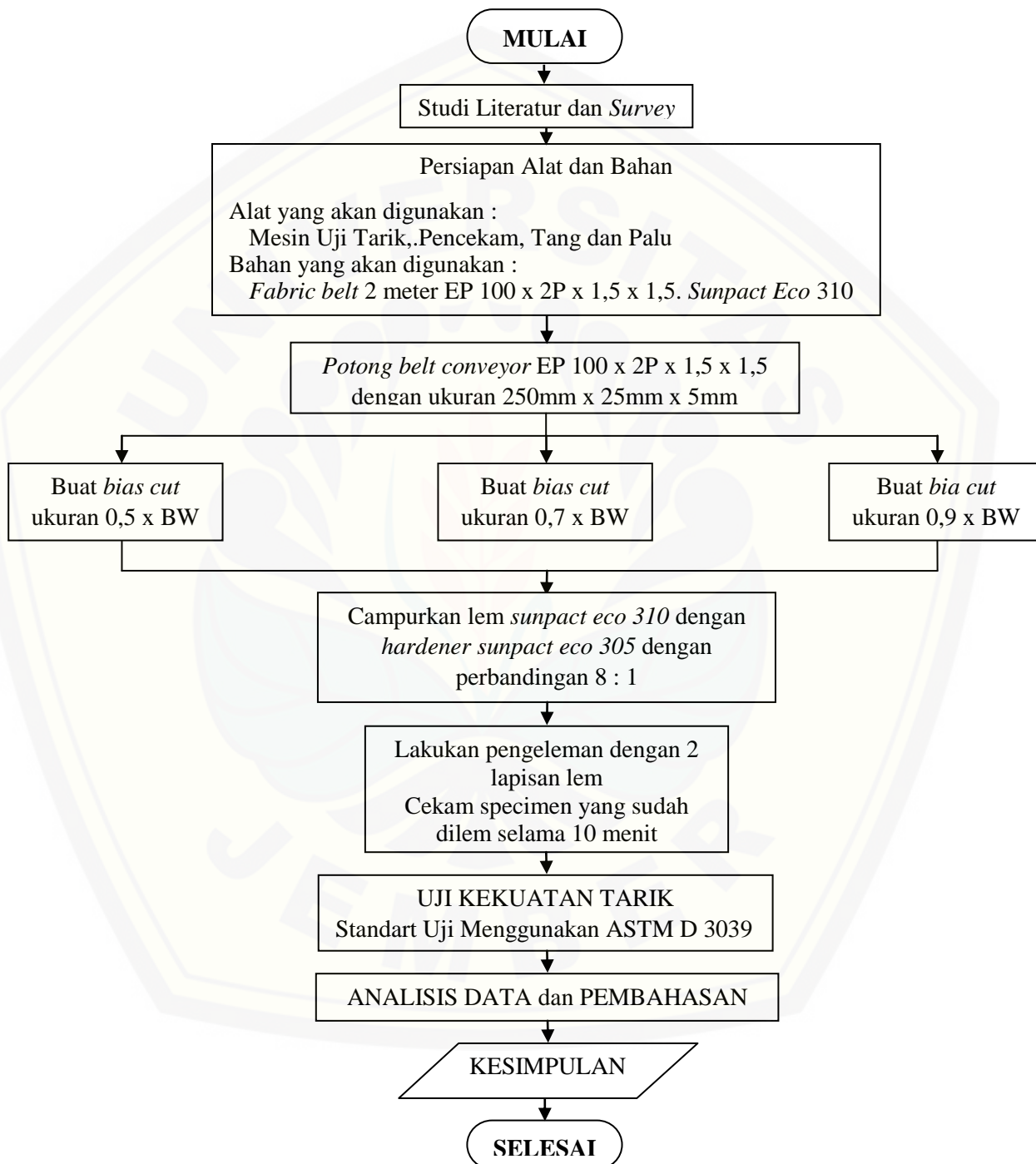
3.7.5 Penyajian Data Hasil Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh *bias cut* $0,5 \times BW$, $0,7 \times BW$, dan $0,9 \times BW$ terhadap kekuatan tarik sambungan *belt conveyor* menggunakan metode *cold splicing* pengujian panas 30°C , 40°C , dan 50°C dengan 3 kali pengulangan.

Table 3.2 Data hasil pengamatan pengujian pengaruh *bias cut* terhadap kekuatan tarik sambungan *belt conveyor* dengan pengujian panas

No	Temperatur Uji ($^{\circ}\text{C}$)	<i>Bias cut</i>	σ_{tu} (MPa)			Rata-Rata σ_{tu} (MPa)
			1	2	3	
1	30	0,5 BW				
2		0,7 BW				
3		0,9 BW				
4	40	0,5 BW				
5		0,7 BW				
6		0,9 BW				
7	50	0,5 BW				
8		0,7 BW				
9		0,9 BW				

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.16 Diagram Alir Penelitian

Keterangan dari Diagram Alir Penelitian diatas sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur atau survai dilapangan.
2. Mempersiapkan alat dan bahan untuk digunakan pada penelitian ini.
3. Memotong bahan belt conveyer EP100 x 2P x 1,5 x 1,5 dengan ukuran 250mm x 25mm x 5mm.
4. Membuat potongan bias cut 0,5 BW, 0,7 BW dan 0,9 BW dilanjutkan pengupasan dan setelah itu proses pengkasaran menggunakan gerinda dan bersihkan belt yang setelah di gerinda menggunakan sikat.
5. Setelah proses diatas selesai, dilanjutkan proses campurkan lem sunpat eco 310 dan hardener sunpat eco 305 dengan perbandingan 8 : 1 dan lakukan pengeleman dengan ke 2 ujung direkatkan lalu lakukan pencekaman selama 10 menit.
6. Dari proses pembuatan specimen selesai, dilanjutkan proses pengujian specimen menggunakan Mesin Uji Tarik dengan menggunakan standart pengujian ASTM D 3039.
7. Proses dari pengujian tarik yang didapat adalah sebuah data dan dilakukan analisis data dan pembahasan, lalu dari hasil itu dapat diambil sebuah kesimpulan dari sebuah penelitian yang telah dilakukan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian tarik yang telah dilakukan, menunjukkan adanya pengaruh *bias cut* terhadap kekuatan tarik sambungan *belt* yang disambung menggunakan metode *cold splicing* yaitu semakin meningkat nilai *bias cut*, maka kekuatan tariknya akan semakin meningkat. Sedangkan dari hasil pengujian tarik semakin besarnya temperatur *belt* pada saat pengujian tarik sistem panas berpengaruh pada nilai kekuatan tarik sambungan *belt* yaitu semakin tinggi temperatur uji maka kekuatan tariknya akan semakin menurun.
2. Dari hasil pengujian tarik yang telah dilakukan diperoleh data hasil pengujian tarik tertinggi sebesar 4,09 MPa, yaitu pada pengujian tarik sambungan *belt* dengan *bias cut* 0,9 BW dengan temperatur uji *belt* saat pengujian panas 30°C, sedangkan hasil pengujian tarik terendah sebesar 1,93 MPa diperoleh dari sambungan *belt* dengan *bias cut* 0,5 BW dengan temperatur uji *belt* saat pengujian panas 50°C.

5.2 Saran

1. Dari hasil penelitian ini apabila melakukan perbaikan pada *belt conveyor*, maka peneliti menyarankan untuk memilih perbaikan pada *bias cut* 0,7 BW dengan temperatur uji 30°C.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk jenis *belt*, jenis lem, dan jumlah *ply* yang akan disambung dengan metode *cold splicing*.

3. Penelitian tentang sambungan belt conveyor perlu dikembangkan, guna mengingat pentingnya belt conveyor dalam dunia industri.



DAFTAR PUSTAKA

- Ananth, Konakalla. 2013. *Design and Selecting the Proper Conveyor Belt*. IJAET. Vol. IV.
- Arisyabana. 2015. *Analisis Pengaruh Variasi Bias Cut Sambungan Belt Conveyor 2 Ply Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Menggunakan Metode Cold Splicing*. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.
- ASTM Organization. 2000. *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials¹ - ASTM D3039*, Annual Book of ASTM Standard. United States.
- Corder, Anthony, 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Erlangga: Jakarta.
- Easby, R. C., S. Feih, C. Konstantis, G. L. Delfa, V. U. Miano, A. Elmughrabi, et al. 2007. *Failure Model for Phenolic and Polyester Pultrusions Under Load in Fire*. *Plastics, Rubber and Composites*. 36. 379-388.
- Mouritz, Feih, S., Z. Mathys, A.G.Gibson, dan A.P. 2007. *Modelling the Tension and Compression Strengths of Polymer*. Elsevier. 551-564.
- Fedorko, Gabriel. 2013. *Failure Analysis of Belt Conveyor Damage Caused by the Falling Material*. Elsevier 30-38.
- Hamsi. 2011. *Analisa Pengaruh Ukuran Butir dan Tingkat Kelembaban Pasir Terhadap Performansi Belt Conveyor Pada Pabrik Pembuatan Tiang Beton*. *Jurnal Dinamis*. Vol II
- Harinaldi. 2005. *Prinsip-Prinsip Statistik Untuk Teknik Dan Sains*. Jakarta: Erlangga.
- Ilyandi, Rifki. 2012. *Analisa Sambungan Belt Conveyor Pada Pabrik Semen*. Riau: Badan Penerbit Universitas Riau.

- Kopeliovich, Dr. Dmitri. 2014. *Fundamentals of adhesive bonding*. diperoleh dari http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=fundamentals_of_adhesive_bonding [18 januari 2016].
- Kurniawan. 2011. *Analisa Kekuatan Sambungan Belt Conveyor Dengan Metode Cold Splicing Di Pabrik PT Semen Gresik Tuban*. Surabaya: ITS
- Molnar, Vieroslav. 2014. *Analysis of Asymmetrical Effect of Tension Forces in Conveyor Belt on the Idler Roll Contact Forces in the Idler Housing*. Elsevier 22-32.
- Mursito, Puguh. 2014. *Penentuan Interval Perawatan Guna Menurunkan Downtime Mesin Pengering Oven Botol Di PT. Pharos Indonesia*. Jakarta: Universitas Mercubuana.
- Nasiruddin. 2014. *Analisis Termal-Mekanis Komposit Matrik Polyester Dengan Aditif Partikel Montmorillonite Berpenguat Serat Kenaf Anyam*. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.
- Niemann G. 1986. *Elemen Mesin*. Jakarta : Erlangga.
- Nuruddin. 2015. *Pengaruh Variasi Bias Cut Pada Sambungan Belt Conveyor 2-Ply 1-Step Terhadap Kekuatan Tarik Menggunakan Metode Cold Splicing Dengan Pengujian Tarik Sistem Panas*. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.
- Permono, Adhi, Dan Achmad As'ad. 2012. *Rancang Bangun Belt Conveyor Pengangkut Pasir Untuk Pencampuran Komposisi Pasir Cetak*. Malang: Badan Penerbit Universitas Brawijaya.
- PT Rema Tip Top. 2000. *Cold Splicing of Rubber Conveyor Belts With Fabric Plies*. Jakarta: Rema Tip Top.
- PT YTL Jawa Timur. 2001. *Pengetahuan Dasar Rubber Splice*. Jakarta: SumMA Learning Center.
- Sastrosupadi, Adji. 2000. *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian*. Yogyakarta: Kanisius.

- Silalahi, Freddy, dan Alfian Hamsy. 2013. *Study Kasus Maintenance Mesin Pemindah Bahan Pada Belt Conveyor Dan Wheel Loader Di Pabrik Kertas (Pulp) Pada PT Toba Pulp Lestari, Tbk. Medan* : Jurnal E-Dinamis. Vol 7:2338-1035
- Soemarno, Ardhi, 2008. *Pemeliharaan*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Universitas Jember. 2011. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Jember University Press.
- Velmurugan, Palaniswamy. 2014. *Conveyor Belt Troubles*. IJEERT. Vol 2.
- Wilhelms, Friedrich. 2004. *Forderbender Ambelt*. Germant: Industrial Norm.
- Zarkasi. 2010. *Analisa Penyambungan Belt Conveyor 102 dengan Kapasitas Angkut 700 ton/jam dan Kecepatan 120 m/min Di PT. INALUM*. Medan : Universitas Sumatra Utara.

LAMPIRAN

A. Data Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian tarik sambungan *belt conveyor 2-Ply* dengan metode *cold splicing* dengan pengujian sistem panas menggunakan mesin uji tarik *Universal Machine Testing* Merk *ESSOM* TM 113 30 kN.

No	Temperatur (°C)	Bias cut	F _{max} (N)			Rata-Rata F _{max} (N)
			1	2	3	
1	30	0,5 BW	3434,96	3653,19	3958,70	3682,28
2		0,7 BW	4744,31	4613,38	4526,09	4627,93
3		0,9 BW	4831,60	5529,92	4962,54	5108,02
4	40	0,5 BW	1034,49	3216,74	3347,67	2532,97
5		0,7 BW	3784,12	3871,41	3653,19	3769,57
6		0,9 BW	4657,02	2212,90	4744,31	3871,41
7	50	0,5 BW	1340,00	2911,22	2998,51	2416,58
8		0,7 BW	3216,74	3434,96	2562,06	3071,25
9		0,9 BW	2343,84	3653,19	3434,96	3144,00

Untuk mencari nilai kekuatan tarik maka digunakan persamaan $\sigma = \frac{F}{A}$.

Luasan (A) yang digunakan merupakan luas dari penampang sambungan *belt*. Adapun luasan spesimen sambungan *belt* yaitu 1250 mm². Sehingga didapat nilai kekuatan dari setiap sambungan adalah sebagai berikut.

No	Temperatur Uji (°C)	<i>Bias cut</i>	σ_{tu} (MPa)			Rata-Rata σ_{tu} (MPa)
			1	2	3	
1	30	0,5 BW	2,75	2,92	3,17	2,95
2		0,7 BW	3,80	3,69	3,62	3,70
3		0,9 BW	3,87	4,42	3,97	4,09
4	40	0,5 BW	0,83	4,42	2,68	2,03
5		0,7 BW	3,03	3,10	2,92	3,02
6		0,9 BW	3,73	1,77	3,80	3,10
7	50	0,5 BW	1,07	2,33	2,40	1,93
8		0,7 BW	2,57	2,75	2,05	2,46
9		0,9 BW	1,88	2,92	2,75	2,52

➤ Pengujian Belt Tanpa Sambungan

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan antara besarnya kekuatan tarik *belt* dengan sambungan serta tanpa adanya sambungan. Pengujian tarik *belt* tanpa sambungan dilakukan dengan memotong *belt* dengan dimensi 250 mm x 25 mm x 5 mm. Berikut data hasil yang sudah dilakukan.

No	F_{max} (N)			Rata-Rata F_{max} (N)
	1	2	3	
1	11640,22	10854,61	11422	11305,61

Dengan menggunakan rumus kekuatan tarik dengan luas penampang sebesar 1250 mm². Maka diperoleh nilai kekuatan tarik sebagai berikut.

No	σ_{tu} (MPa)			Rata-Rata σ_{tu} (MPa)
	1	2	3	
1	9,31218	8,68369	9,13760	9,04

➤ Temperatur *Belt* Saat Pengujian

Dari hasil pengukuran temperatur *belt* dengan menggunakan *thermogun*



Temperatur pada *belt*
33,8°C



Temperatur pada *belt*
43,5°C



Temperatur pada *belt*
52,1°C

B. Proses Pembuatan dan Pengujian Spesimen

- Proses penandaan dan pemotongan *cover rubber*



- Proses pengupasan *cover rubber*



- Proses penggerindaan belt



- Proses pengeleman



- Proses pengerolan dan pengepresan



- proses pengepresan dengan dongkrak hidrolik












➤ Proses Kalibrasi Alat Uji Tarik



➤ Proses Pengujian Spesimen



C. Gambar Spesimen Setelah pengujian

	Temperatur Uji 30°C	Temperatur Uji 40°C	Temperatur Uji 50°C
Bias Cut 0,5 BW			
Bias Cut 0,7 BW			
Bias Cut 0,9 BW			

D. Spesifikasi *Belt Conveyor* yang digunakan

GREEN ARRY
QB Conveyor Belt
 Product of PT. Bando Indonesia

As the pioneer in manufacturing conveyor belt in Indonesia, we always commit ourselves to customer satisfaction. In order to meet the rapidly growing demand in the field of bulk handling conveyor belt, we now produce a new brand "Green Carry QB Conveyor Belt" with reliable quality.

TYPE OF CONVEYOR BELT
Cut Edge Type

- 5 ply
- 4 ply
- 3 ply
- 2 ply

SIZE CODE
600 x EP-100 x 3P x 3.0 x 1.5 x 200

- Belt length (meter)
- Bottom cover rubber
- Top cover rubber thickness (mm)
- Number of plies
- One ply belt strength (kg/cm)
- Type of fabric (EP = Polyester - Nylon)
- Belt Width (mm)

GREEN ARRY
QB Conveyor Belt
 Product of PT. Bando Indonesia

**GOOD QUALITY
 QUICK DELIVERY
 ECONOMIC PRICE**

Head Office :
 Jl. Raya Jember - Surabaya
 Jl. Raya Jember - Surabaya
 (Gedung) 031-251-2321

Home Page: <http://www.bandoindonesia.com>
 Email: conveyor@bandoindonesia.com
 Tel: 031-251-2321

➤ Gambar bahan serta spesifikasi *belt* yang digunakan.



QB Conveyor Belt
Product of PT. Bando Indonesia

GREEN CARRY QB BELT APPLICATIONS
Used for conveying wide range of material such as clay, sand, stone, coal and other materials as long as not contained oil, acid, alkali and high temperature.

PROPERTIES OF CANVAS

Item	Canvas	
	EP-100	EP-200
Tensile strength (Min.)	kg/cm/ply 100	200
Elongation at break (Min.)	% 10	10
Approx. gouge / ply with skim coat	mm 1.0	1.3

CANVAS PERFORMANCE

Carcass	Features & Service Condition
EP Polyester – Nylon	Short take-up travel
	Heavy duty
	Deep trough
	High tension
	High speed long span
	Tear resistant
Impact resistant	Complete moisture & mildew protection



QB Conveyor Belt
Product of PT. Bando Indonesia

SUNPAT-S VULCANIZING MATERIAL AT AMBIENT TEMPERATURE
Application
Adhesive for cold splicing and repair of fabric reinforced conveyor belt at ambient temperature.

Features

1. Shorter Curing Time
2. High Peeling off Resistant
3. Operational Efficiency is Increased

Belt can be in operation within two hours after splicing is completed (with ambient temperature 15° C to 35° C).
Increase operation efficiency with quick drying performance and high adhesiveness, eliminating problems such as mis-positioning. Finishing is also simple.

Product	Size	Spliceable belt size /set
Cement: SUNPAT-S#210	1 kg/can	One join of a 750 mm wide four ply belt
Stiffening Agent SUNPAT-S#204	175 gr/bottle	



Applicable Conveyor Belt

MAXIMUM RANGE OF APPLICATION

Total tensile strength	Max. 1250 kg/cm
Fabric tensile strength	Max. 300 kg/cm/ply
Cover rubber thickness	0 – 6.5 mm

➤ Gambar bahan serta spesifikasi *belt* yang digunakan.

GREEN ARRY
QB Conveyor Belt
Product of PT. Bando Indonesia

STANDARD SIZE AVAILABLE

PLY	WIDTH	EP	TOP	BOTTOM
2 PLY	300 - 1200 mm	100	1.5 mm	1.5 mm
2 PLY	300 - 1200 mm	100	3.0 mm	1.5 mm
3 PLY	300 - 1200 mm	100	3.0 mm	1.5 mm
4 PLY	300 - 1200 mm	100	3.0 mm	1.5 mm
5 PLY	300 - 1200 mm	100	5.0 mm	2.0 mm

ORDER CAN BE CUSTOMIZED WITHIN THE FOLLOWING PARAMETER

1	Belt width	200 - 2200 mm
2	Belt length	Min. 30 meter
3	Top cover rubber thickness	0 - 10 mm
4	Bottom cover rubber thickness	0 - 10 mm
5	Overall thickness	5 - 26,5 mm
6	Number of ply	1 - 5 ply
7	Belt strength	200 - 1000 kg/cm
8	Packing weight	20 ton max.
9	Diameter of roll	3.4 meter max.
10	Cover rubber	QB

GREEN ARRY
QB Conveyor Belt
Product of PT. Bando Indonesia

FLOW PROCESS STONE CRUSHER

The diagram illustrates the flow process of a stone crusher. It starts with a Primary Crusher (red circle) receiving 'STONE MAX 10 CM'. The output goes to a Secondary Crusher (red circle) with 'EP 100 x 5 Ply x 5 x 2'. From there, the material goes to a central 'SCREEN' (yellow box) with 'EP 100 x 5 Ply x 3 x 1,5'. The screen separates the material into three paths: 'STONE 3 - 5 CM', 'STONE 2 - 3 CM', and 'SANDSTONE 0 - 5 MM'. The screen also receives 'OS' and 'QB' inputs. The final output is 'STONE 3 - 5 CM'.

Note : Capacity ± 30 TPH



Tabel Distribusi $\alpha = 0,05$

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	189	216	225	230	234	237	238	241	242	243	244	245	245	245
2	18.31	18.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.35	9.28	9.12	9.01	8.94	8.86	8.80	8.81	8.78	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.18	6.08	6.04	6.06	5.98	5.94	5.91	5.88	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.85	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.75	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.95	3.94
7	5.38	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.25	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.96	3.57	3.34	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.86	2.82	2.79	2.77	2.74	2.72
12	4.75	3.87	3.48	3.25	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.67	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.28	3.05	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.46	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.23	3.01	2.85	2.74	2.65	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.97	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.57	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.48	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.17	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.58	2.47	2.38	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.55	2.43	2.35	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.34	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.08	2.06	2.03	2.00	1.96
34	4.13	3.26	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.22	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.48	2.37	2.28	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.46	2.36	2.27	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.95	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.44	2.34	2.25	2.18	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.95	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.15	2.11	2.06	2.02	1.99	1.95	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.15	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.05	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89



Designation: D 3039/D 3039M – 00

Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials¹

This standard is issued under the fixed designation D 3039/D 3039M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript asterisk (*) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method determines the in-plane tensile properties of polymer matrix composite materials reinforced by high-modulus fibers. The composite material forms are limited to continuous fiber or discontinuous fiber-reinforced composites in which the laminate is balanced and symmetric with respect to the test direction.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.3 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- D 792 Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement²
- D 883 Terminology Relating to Plastics²
- D 2584 Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins³
- D 2734 Test Method for Void Content of Reinforced Plastics²
- D 3171 Test Methods for Constituent Content of Composites Materials⁴
- D 3878 Terminology for Composite Materials⁴
- D 5229/D 5229M Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Ma-

trix Composite Materials⁴

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁵

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁵

E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers⁵

E 111 Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus⁵

E 122 Practice for Choice of Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot or Process⁶

E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature⁵

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods⁶

E 251 Test Methods for Performance Characteristics of Metallic Bonded Resistance Strain Gages⁷

E 456 Terminology Relating to Quality and Statistics⁶

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading⁸

E 1237 Guide for Installing Bonded Resistance Strain Gages⁹

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Terminology D 3878 defines terms relating to high-modulus fibers and their composites. Terminology D 883 defines terms relating to plastics. Terminology E 6 defines terms relating to mechanical testing. Terminology E 456 and Practice E 177 define terms relating to statistics. In the event of a conflict between terms, Terminology D 3878 shall have precedence over the other standards.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

NOTE—If the term represents a physical quantity, its analytical dimensions are stated immediately following the term (or letter symbol) in fundamental dimension form, using the following ASTM standard symbology for fundamental dimensions, shown within square brackets: [M] for mass, [L] for length, [T] for time, [Θ] for thermodynamic temperature,

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-30 on Composite Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D30.04 on Lamina and Laminate Test Methods.

Current edition approved April 10, 2000. Published July 2000. Originally published as D 3039 – 71T. Last previous edition D 3039 – 95a.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.02.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.03.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.01.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

 D 3039/D 3039M

and [nd] for nondimensional quantities. Use of these symbols is restricted to analytical dimensions when used with square brackets, as the symbols may have other definitions when used without the brackets.

3.2.1 *nominal value, n*—a value, existing in name only, assigned to a measurable property for the purpose of convenient designation. Tolerances may be applied to a nominal value to define an acceptable range for the property.

3.2.2 *transition region, n*—a strain region of a stress-strain or strain-strain curve over which a significant change in the slope of the curve occurs within a small strain range.

3.2.3 *transition strain, $\epsilon^{\text{transition}}$ [nd], n*—the strain value at the mid range of the transition region between the two essentially linear portions of a bilinear stress-strain or strain-strain curve.

3.2.3.1 *Discussion*—Many filamentary composite materials show essentially bilinear behavior during loading, such as seen in plots of either longitudinal stress versus longitudinal strain or transverse strain versus long longitudinal strain. There are varying physical reasons for the existence of a transition region. Common examples include: matrix cracking under tensile loading and ply delamination.

3.3 Symbols:

3.3.1 A —minimum cross-sectional area of a coupon.

3.3.2 B_y —percent bending for a uniaxial coupon of rectangular cross section about y axis of the specimen (about the narrow direction).

3.3.3 B_z —percent bending for a uniaxial coupon of rectangular cross section about z axis of the specimen (about the wide direction).

3.3.4 CV —coefficient of variation statistic of a sample population for a given property (in percent).

3.3.5 E —modulus of elasticity in the test direction.

3.3.6 F^m —ultimate tensile strength in the test direction.

3.3.7 F^s —ultimate shear strength in the test direction.

3.3.8 h —coupon thickness.

3.3.9 L_g —extensometer gage length.

3.3.10 L_{min} —minimum required bonded tab length.

3.3.11 n —number of coupons per sample population.

3.3.12 P —load carried by test coupon.

3.3.13 P^f —load carried by test coupon at failure.

3.3.14 P^{max} —maximum load carried by test coupon before failure.

3.3.15 s_{n-1} —standard deviation statistic of a sample population for a given property.

3.3.16 w —coupon width.

3.3.17 x_j —test result for an individual coupon from the sample population for a given property.

3.3.18 \bar{x} —mean or average (estimate of mean) of a sample population for a given property.

3.3.19 δ —extensional displacement.

3.3.20 ϵ —general symbol for strain, whether normal strain or shear strain.

3.3.21 ϵ —indicated normal strain from strain transducer or extensometer.

3.3.22 σ —normal stress.

3.3.23 ν —Poisson's ratio.

4. Summary of Test Method

4.1 A thin flat strip of material having a constant rectangular cross section is mounted in the grips of a mechanical testing machine and monotonically loaded in tension while recording load. The ultimate strength of the material can be determined from the maximum load carried before failure. If the coupon strain is monitored with strain or displacement transducers then the stress-strain response of the material can be determined, from which the ultimate tensile strain, tensile modulus of elasticity, Poisson's ratio, and transition strain can be derived.

5. Significance and Use

5.1 This test method is designed to produce tensile property data for material specifications, research and development, quality assurance, and structural design and analysis. Factors that influence the tensile response and should therefore be reported include the following: material, methods of material preparation and lay-up, specimen stacking sequence, specimen preparation, specimen conditioning, environment of testing, specimen alignment and gripping, speed of testing, time at temperature, void content, and volume percent reinforcement. Properties, in the test direction, which may be obtained from this test method include the following:

5.1.1 Ultimate tensile strength,

5.1.2 Ultimate tensile strain,

5.1.3 Tensile chord modulus of elasticity,

5.1.4 Poisson's ratio, and

5.1.5 Transition strain.

6. Interferences

6.1 *Material and Specimen Preparation*—Poor material fabrication practices, lack of control of fiber alignment, and damage induced by improper coupon machining are known causes of high material data scatter in composites.

6.2 *Gripping*—A high percentage of grip-induced failures, especially when combined with high material data scatter, is an indicator of specimen gripping problems. Specimen gripping methods are discussed further in 7.2.4, 8.2, and 11.5.

6.3 *System Alignment*—Excessive bending will cause premature failure, as well as highly inaccurate modulus of elasticity determination. Every effort should be made to eliminate excess bending from the test system. Bending may occur as a result of misaligned grips or from specimens themselves if improperly installed in the grips or out-of-tolerance caused by poor specimen preparation. If there is any doubt as to the alignment inherent in a given test machine, then the alignment should be checked as discussed in 7.2.5.

6.4 *Edge Effects in Angle Ply Laminates*—Premature failure and lower stiffnesses are observed as a result of edge softening in laminates containing off-axis plies. Because of this, the strength and modulus for angle ply laminates can be drastically underestimated. For quasi-isotropic laminates containing significant 0° plies, the effect is not as significant.

7. Apparatus

7.1 *Micrometers*—A micrometer with a 4- to 5-mm [0.16- to 0.20-in] nominal diameter double-ball interface shall be used to measure the thickness of the specimen. A micrometer with a flat anvil interface shall be used to measure the width of

D 3039/D 3039M

the specimen. The accuracy of the instruments shall be suitable for reading to within 1 % of the sample width and thickness. For typical specimen geometries, an instrument with an accuracy of $\pm 2.5 \mu\text{m}$ [$\pm 0.0001 \text{ in.}$] is adequate for thickness measurement, while an instrument with an accuracy of $\pm 25 \mu\text{m}$ [$\pm 0.001 \text{ in.}$] is adequate for width measurement.

7.2 Testing Machine—The testing machine shall be in conformance with Practices E 4 and shall satisfy the following requirements:

7.2.1 Testing Machine Heads—The testing machine shall have both an essentially stationary head and a movable head.

7.2.2 Drive Mechanism—The testing machine drive mechanism shall be capable of imparting to the movable head a controlled velocity with respect to the stationary head. The velocity of the movable head shall be capable of being regulated as specified in 11.3.

7.2.3 Load Indicator—The testing machine load-sensing device shall be capable of indicating the total load being carried by the test specimen. This device shall be essentially free from inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the load with an accuracy over the load range(s) of interest of within $\pm 1 \%$ of the indicated value. The load range(s) of interest may be fairly low for modulus evaluation, much higher for strength evaluation, or both, as required.

Note 1—Obtaining precision load data over a large range of interest in the same test, such as when both elastic modulus and ultimate load are being determined, place extreme requirements on the load cell and its calibration. For some equipment, a special calibration may be required. For some combinations of material and load cell, simultaneous precision measurement of both elastic modulus and ultimate strength may not be possible and measurement of modulus and strength may have to be performed in separate tests using a different load cell range for each test.

7.2.4 Grips—Each head of the testing machine shall carry one grip for holding the test specimen so that the direction of load applied to the specimen is coincident with the longitudinal axis of the specimen. The grips shall apply sufficient lateral pressure to prevent slippage between the grip face and the coupon. If tabs are used the grips should be long enough that they overhang the beveled portion of the tab by approximately 10 to 15 mm [0.5 in.]. It is highly desirable to use grips that are rotationally self-aligning to minimize bending stresses in the coupon.

Note 2—Grip surfaces that are lightly serrated, approximately 1 serration/mm [25 serrations/in.], have been found satisfactory for use in wedge-action grips when kept clean and sharp; coarse serrations may produce grip-induced failures in untabbed coupons. Smooth gripping surfaces have been used successfully with either hydraulic grips or an emery cloth interface, or both.

7.2.5 System Alignment—Poor system alignment can be a major contributor to premature failure, to elastic property data scatter, or both. Practice E 1012 describes bending evaluation guidelines and describes potential sources of misalignment during tensile testing. In addition to Practice E 1012, the degree of bending in a tensile system can also be evaluated using the following related procedure. Specimen bending is considered separately in 11.6.1.

7.2.5.1 A rectangular alignment coupon, preferably similar in size and stiffness to the test specimen of interest, is instrumented with a minimum of three longitudinal strain

gages of similar type, two on the front face across the width and one on the back face of the specimen, as shown in Fig. 1. Any difference in indicated strain between these gages during loading provides a measure of the amount of bending in the thickness plane (B_1) and width plane (B_2) of the coupon. The strain gage location should normally be located in the middle of the coupon gage section (if modulus determination is a concern), near a grip (if premature grip failures are a problem), or any combination of these areas.

7.2.5.2 When evaluating system alignment, it is advisable to perform the alignment check with the same coupon inserted in each of the four possible installation permutations (described relative to the initial position): initial (top-front facing observer), rotated back to front only (top back facing observer), rotated end for end only (bottom front facing observer), and rotated both front to back and end to end (bottom back facing observer). These four data sets provide an indication of whether the bending is due to the system itself or to tolerance in the alignment check coupon or gaging.

7.2.5.3 The zero strain point may be taken either before gripping or after gripping. The strain response of the alignment coupon is subsequently monitored during the gripping process, the tensile loading process, or both. Eq 1-3 use these indicated strains to calculate the ratio of the percentage of bending strain to average extensional strain for each bending plane of the alignment coupon and the total percent bending, B_{total} . Plotting percent bending versus axial average strain is useful in understanding trends in the bending behavior of the system.

7.2.5.4 Problems with failures during gripping would be reason to examine bending strains during the gripping process in the location near the grip. Concern over modulus data scatter would be reason to evaluate bending strains over the modulus evaluation load range for the typical transducer location. Excessive failures near the grips would be reason to evaluate bending strains near the grip at high loading levels. While the maximum advisable amount of system misalignment is material and location dependent, good testing practice is generally able to limit percent bending to a range of 3 to 5 % at moderate

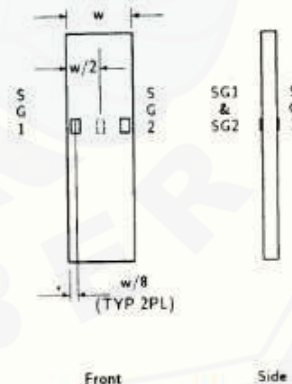



FIG. 1 Gage Locations for System Alignment Check Coupon


D 3039/D 3039M

strain levels ($>1000 \mu\epsilon$). A system showing excessive bending for the given application should be readjusted or modified.

$$B_y = \frac{\epsilon_{ax} - \epsilon_1}{\epsilon_{ax}} \times 100 \quad (1)$$

$$B_z = \frac{4/3 (\epsilon_2 - \epsilon_1)}{\epsilon_{ax}} \times 100 \quad (2)$$

where:

B_y = percent bending about system y axis (about the narrow plane), as calculated by Eq 1, %;

B_z = percent bending about system z axis (about the wide plane), as calculated by Eq 2, %;

ϵ_1, ϵ_2 , and ϵ_3 = indicated longitudinal strains displayed by Gages 1, 2, and 3, respectively, of Fig. 1, $\mu\epsilon$; and

ϵ_{avg} = $(|\epsilon_1| + |\epsilon_2|)/2 + |\epsilon_3|/2$.

The total bending component is:

$$B_{total} = |B_y| + |B_z| \quad (3)$$

7.3 Strain-Indicating Device—Load-strain data, if required, shall be determined by means of either a strain transducer or an extensometer. Attachment of the strain-indicating device to the coupon shall not cause damage to the specimen surface. If Poisson's ratio is to be determined, the specimen shall be instrumented to measure strain in both longitudinal and lateral directions. If the modulus of elasticity is to be determined, the longitudinal strain should be simultaneously measured on opposite faces of the specimen to allow for a correction as a result of any bending of the specimen (see 11.6 for further guidance).

7.3.1 Bonded Resistance Strain Gage Selection—Strain gage selection is a compromise based on the type of material. An active gage length of 6 mm [0.25 in.] is recommended for most materials. Active gage lengths should not be less than 3 mm [0.125 in.].⁷ Gage calibration certification shall comply with Test Methods E 251. When testing woven fabric laminates, gage selection should consider the use of an active gage length that is at least as great as the characteristic repeating unit of the weave. Some guidelines on the use of strain gages on composites follow. A general reference on the subject is Tuttle and Brinson.⁸

7.3.1.1 Surface preparation of fiber-reinforced composites in accordance with Practice E 1237 can penetrate the matrix material and cause damage to the reinforcing fibers resulting in improper coupon failures. Reinforcing fibers should not be exposed or damaged during the surface preparation process. The strain gage manufacturer should be consulted regarding surface preparation guidelines and recommended bonding agents for composites pending the development of a set of standard practices for strain gage installation surface preparation of fiber-reinforced composite materials.

⁷ A typical gage would have a 0.25-in. active gage length, 350- Ω resistance, a strain rating of 3% or better, and the appropriate environmental resistance and thermal coefficient.

⁸ Tuttle, M. E., and Brinson, H. F., "Resistance-Poil Strain-Gage Technology as Applied to Composite Materials," *Experimental Mechanics*, Vol. 24, No. 1, March 1984, pp. 54-65; errata noted in Vol. 26, No. 2, June 1986, pp. 155-156.

7.3.1.2 Consideration should be given to the selection of gages having larger resistances to reduce heating effects on low-conductivity materials. Resistances of 350 Ω or higher are preferred. Additional consideration should be given to the use of the minimum possible gage excitation voltage consistent with the desired accuracy (1 to 2 V is recommended) to reduce further the power consumed by the gage. Heating of the coupon by the gage may affect the performance of the material directly, or it may affect the indicated strain as a result of a difference between the gage temperature compensation factor and the coefficient of thermal expansion of the coupon material.

7.3.1.3 Consideration of some form of temperature compensation is recommended, even when testing at standard laboratory atmosphere. Temperature compensation is required when testing in nonambient temperature environments.

7.3.1.4 Consideration should be given to the transverse sensitivity of the selected strain gage. The strain gage manufacturer should be consulted for recommendations on transverse sensitivity corrections and effects on composites. This is particularly important for a transversely mounted gage used to determine Poisson's ratio, as discussed in Note 11.

7.3.2 Extensometers—For most purposes, the extensometer gage length should be in the range of 10 to 50 mm [0.5 to 2.0 in.]. Extensometers shall satisfy, at a minimum, Practice E 83, Class B-1 requirements for the strain range of interest and shall be calibrated over that strain range in accordance with Practice E 83. For extremely stiff materials, or for measurement of transverse strains, the fixed error allowed by Class B-1 extensometers may be significant, in which case Class A extensometers should be considered. The extensometer shall be essentially free of inertia lag at the specified speed of testing, and the weight of the extensometer should not induce bending strains greater than those allowed in 6.3.

Note 3—It is generally less difficult to perform strain calibration on extensometers of longer gage length as less precision in displacement is required of the extensometer calibration device.

7.4 Conditioning Chamber—When conditioning materials at nonlaboratory environments, a temperature/vapor-level-controlled environmental conditioning chamber is required that shall be capable of maintaining the required temperature to within $\pm 3^\circ\text{C}$ [$\pm 5^\circ\text{F}$] and the required relative vapor level to within $\pm 3\%$. Chamber conditions shall be monitored either on an automated continuous basis or on a manual basis at regular intervals.

7.5 Environmental Test Chamber—An environmental test chamber is required for test environments other than ambient testing laboratory conditions. This chamber shall be capable of maintaining the gage section of the test specimen at the required test environment during the mechanical test.

8. Sampling and Test Specimens

8.1 Sampling—Test at least five specimens per test condition unless valid results can be gained through the use of fewer specimens, such as in the case of a designed experiment. For statistically significant data, the procedures outlined in Practice E 122 should be consulted. Report the method of sampling.

Note 4—If specimens are to undergo environmental conditioning to

D 3039/D 3039M

equilibrium, and are of such type or geometry that the weight change of the material cannot be properly measured by weighing the specimen itself (such as a tabbed mechanical coupon), then use another traveler coupon of the same nominal thickness and appropriate size (but without tabs) to determine when equilibrium has been reached for the specimens being conditioned.

8.2 Geometry—Design of mechanical test coupons, especially those using end tabs, remains to a large extent an art rather than a science, with no industry consensus on how to approach the engineering of the gripping interface. Each major composite testing laboratory has developed gripping methods for the specific material systems and environments commonly encountered within that laboratory. Comparison of these methods shows them to differ widely, making it extremely difficult to recommend a universally useful approach or set of approaches. Because of this difficulty, definition of the geometry of the test coupon is broken down into the following three levels, which are discussed further in each appropriate section:

Purpose	Degree of Geometry Definition
8.2.1 General Requirements	Mandatory Shape and Tolerances
8.2.2 Specific Recommendations	Nonmandatory Suggested Dimensions
8.2.3 Detailed Examples	Nonmandatory Typical Practices

8.2.1 General Requirements:

8.2.1.1 Shape, Dimensions, and Tolerances—The complete list of requirements for specimen shape, dimensions, and tolerances is shown in Table 1.

8.2.1.2 Use of Tabs—Tabs are not required. The key factor in the selection of specimen tolerances and gripping methods is the successful introduction of load into the specimen and the prevention of premature failure as a result of a significant discontinuity. Therefore, determine the need to use tabs, and specification of the major tab design parameters, by the end result: acceptable failure mode and location. If acceptable failure modes occur with reasonable frequency, then there is no reason to change a given gripping method (see 11.10).

8.2.2 Specific Recommendations:

8.2.2.1 Width, Thickness, and Length—Select the specimen width and thickness to promote failure in the gage section and assure that the specimen contains a sufficient number of fibers in the cross section to be statistically representative of the bulk material. The specimen length should normally be substantially longer than the minimum requirement to minimize bending stresses caused by minor grip eccentricities. Keep the gage

section as far from the grips as reasonably possible and provide a significant amount of material under stress and therefore produce a more statistically significant result. The minimum requirements for specimen design shown in Table 1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Therefore, recommendations on other important dimensions are provided for typical material configurations in Table 2. These geometries have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system.

8.2.2.2 Gripping/Use of Tabs—There are many material configurations, such as multidirectional laminates, fabric-based materials, or randomly reinforced sheet-molding compounds, which can be successfully tested without tabs. However, tabs are strongly recommended when testing unidirectional materials (or strongly unidirectionally dominated laminates) to failure in the fiber direction. Tabs may also be required when testing unidirectional materials in the matrix direction to prevent gripping damage.

8.2.2.3 Tab Geometry—Recommendations on important dimensions are provided for typical material configurations in Table 2. These dimensions have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system. The selection of a tab configuration that can successfully produce a gage section tensile failure is dependent upon the coupon material, coupon ply orientation, and the type of grips being used. When pressure-operated nonwedge grips are used with care, squared-off 90° tabs have been used successfully. Wedge-operated grips have been used most successfully with tabs having low bevel angles (7 to 10°) and a feathered smooth transition into the coupon. For alignment purposes, it is essential that the tabs be of matched thickness.

8.2.2.4 Friction Tabs—Tabs need not always be bonded to the material under test to be effective in introducing the load into the specimen. Friction tabs, essentially nonbonded tabs held in place by the pressure of the grip, and often used with emery cloth or some other light abrasive between the tab and the coupon, have been successfully used in some applications. In specific cases, lightly serrated wedge grips (see Note 2) have been successfully used with only emery cloth as the interface between the grip and the coupon. However, the abrasive used must be able to withstand significant compressive loads. Some types of emery cloth have been found ineffective in this application because of disintegration of the abrasive.⁹

8.2.2.5 Tab Material—The most consistently used bonded tab material has been continuous E-glass fiber-reinforced polymer matrix materials (woven or unwoven) in a [0/90]ns laminate configuration. The tab material is commonly applied at 45° to the loading direction to provide a soft interface. Other configurations that have reportedly been successfully used

TABLE 1 Tensile Specimen Geometry Requirements

Parameter	Requirement
Coupon Requirements:	
shape	constant rectangular cross-section
minimum length	gripping + 2 times width + gage length
specimen width	as needed ^a
specimen width tolerance	±1 % of width
specimen thickness	as needed
specimen thickness tolerance	±4 % of thickness
specimen flatness	flat with light finger pressure
Tab Requirements (if used):	
tab material	as needed
fiber orientation (composite tabs)	as needed
tab thickness	as needed
tab thickness variation between tabs	±1 % tab thickness
tab bevel angle	5 to 90°, inclusive
tab step at level to specimen	feathered without damaging specimen

^aSee 8.2.2 or Table 2 for recommendations.

⁹ E-Z Plus Metalair K324 cloth, Grd 120-L, available from Norton Company, Troy, NY 12181, has been found satisfactory in this application. Other equivalent types of emery cloth should also be suitable.

D 3039/D 3039M

TABLE 2 Tensile Specimen Geometry Recommendations^a

Fiber Orientation	Width, mm [in.]	Overall Length, mm [in.]	Thickness, mm [in.]	Tab Length, mm [in.]	Tab Thickness, mm [in.]	Tab Bevel Angle, ^b
0° unidirectional	15 [0.5]	250 [10.0]	1.0 [0.040]	50 [2.25]	1.5 [0.062]	7 or 90
90° unidirectional	25 [1.0]	175 [7.0]	2.0 [0.080]	25 [1.0]	1.5 [0.062]	90
balanced and symmetric	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—
random-discontinuous	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—

^aDimensions in this table and the tolerances of Fig. 2 or Fig. 3 are recommendations only and may be varied so long as the requirements of Table 1 are met.

have incorporated steel tabs or tabs made of the same material as is being tested.

8.2.2.6 *Bonded Tab Length*—When using bonded tabs, estimate the minimum suggested tab length for bonded tabs by the following simple equation. As this equation does not account for the peaking stresses that are known to exist at the ends of bonded joints. The tab length calculated by this equation should normally be increased by some factor to reduce the chances of joint failure:

$$L_{min} = F^{ts}h/2F^a \quad (4)$$

where:

- L_{min} = minimum required bonded tab length, mm [in.];
- F^{ts} = ultimate tensile strength of coupon material, MPa [psi];
- h = coupon thickness, mm [in.]; and
- F^a = ultimate shear strength of adhesive, coupon material, or tab material (whichever is lowest), MPa [psi].

8.2.2.7 *Bonded Tab Adhesive*—Any high-elongation (tough) adhesive system that meets the environmental requirements may be used when bonding tabs to the material under test. A uniform bondline of minimum thickness is desirable to reduce undesirable stresses in the assembly.

8.2.3 *Detailed Examples*—The minimum requirements for specimen design discussed in 8.2.1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Dimensionally toleranced specimen drawings for both tabbed and untabbed forms are shown as examples in Fig. 2 (SI) and Fig. 3 (inch-pound). The tolerances on these drawings are fixed, but satisfy the requirements of Table 1 for all of the recommended configurations of Table 2. For a specific configuration, the tolerances on Fig. 2 and Fig. 3 might be able to be relaxed.

8.3 *Specimen Preparation:*

8.3.1 *Panel Fabrication*—Control of fiber alignment is critical. Improper fiber alignment will reduce the measured properties. Erratic fiber alignment will also increase the coefficient of variation. The specimen preparation method shall be reported.

8.3.2 *Machining Methods*—Specimen preparation is extremely important for this specimen. Mold the specimens individually to avoid edge and cutting effects or cut from them plates. If they are cut from plates, take precautions to avoid notches, undercuts, rough or uneven surfaces, or delaminations caused by inappropriate machining methods. Obtain final dimensions by water-lubricated precision sawing, milling, or grinding. The use of diamond tooling has been found to be extremely effective for many material systems. Edges should be flat and parallel within the specified tolerances.

8.3.3 *Labeling*—Label the coupons so that they will be

distinct from each other and traceable back to the raw material and in a manner that will both be unaffected by the test and not influence the test.

9. *Calibration*

9.1 The accuracy of all measuring equipment shall have certified calibrations that are current at the time of use of the equipment.

10. *Conditioning*

10.1 *Standard Conditioning Procedure*—Unless a different environment is specified as part of the experiment, condition the test specimens in accordance with Procedure C of Test Method D 5229/D 5229M and store and test at standard laboratory atmosphere (23 ± 3°C [73 ± 5°F] and 50 ± 10 % relative humidity).

11. *Procedure*

11.1 *Parameters To Be Specified Before Test:*

11.1.1 The tension specimen sampling method, coupon type and geometry, and conditioning travelers (if required).

11.1.2 The tensile properties and data reporting format desired.

NOTE 5—Determine specific material property, accuracy, and data reporting requirements before test for proper selection of instrumentation and data-recording equipment. Estimate operating stress and strain levels to aid in transducer selection, calibration of equipment, and determination of equipment settings.

11.1.3 The environmental conditioning test parameters.

11.1.4 If performed, the sampling method, coupon geometry, and test parameters used to determine density and reinforcement volume.

11.2 *General Instructions:*

11.2.1 Report any deviations from this test method, whether intentional or inadvertent.

11.2.2 If specific gravity, density, reinforcement volume, or void volume are to be reported, then obtain these samples from the same panels being tension tested. Specific gravity and density may be evaluated by means of Test Methods D 792. Volume percent of the constituents may be evaluated by one of the matrix digestion procedures of Test Method D 3171, or, for certain reinforcement materials such as glass and ceramics, by the matrix burn-off technique of Test Method D 2584. The void content equations of Test Methods D 2734 are applicable to both Test Method D 2584 and the matrix digestion procedures.

11.2.3 Following final specimen machining and any conditioning, but before the tension testing, determine the specimen area as $A = w \times h$, at three places in the gage section, and report the area as the average of these three determinations to the accuracy in 7.1. Record the average area in units of mm² (in.²).

D 3039/D 3039M

DRAWING NOTES:

1. FINISHES SHOWN ARE ACCORDANCE WITH ANSI Y14.4M, SEE SUBJECT TO THE FOLLOWING:
2. ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:
NO DECIMAL: X ±.XX
ONE: X ±.1
TWO: X ±.02
3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF ± 3°
4. RLY ORIENTATION DIRECTION TOLERANCE RELATIVE TO $\perp A$ (WITHIN ± 5°)
5. FINISH ON MACHINED EDGES NOT TO EXCEED 1.6 μ (SYMBOLOLOGY IN ACCORDANCE WITH ASA B46.1, WITH ROUGHNESS HANDBOOK IN MICROSPRINGS)
6. VALUES TO BE PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGE/SHOWN ON THE FIELD OF DRAWING MATERIAL: LAY (M, R), PCY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO $\perp A$ - OVERALL LENGTH, GAGE LENGTH, COUPON THICKNESS, TAB MATERIAL, TAB BACKGRISS, TAB LENGTH, TAB BEVEL ANGLE, TAB ADDRESS.
7. NO ADDRESS MILLIPM ALLOWED IN TAB AREA.

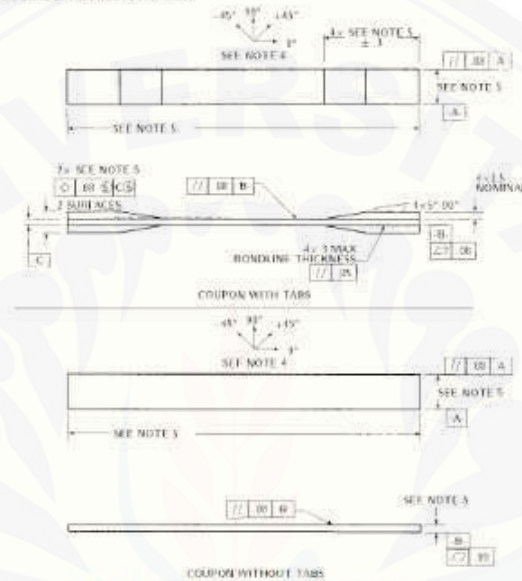


FIG. 2 Tension Test Specimen Drawing (SI)

11.3 *Speed of Testing*—Set the speed of testing to effect a nearly constant strain rate in the gage section. If strain control is not available on the testing machine, this may be approximated by repeated monitoring and adjusting of the rate of load application to maintain a nearly constant strain rate, as measured by strain transducer response versus time. The strain rate should be selected so as to produce failure within 1 to 10 min. If the ultimate strain of the material cannot be reasonably estimated, initial trials should be conducted using standard speeds until the ultimate strain of the material and the compliance of the system are known, and the strain rate can be adjusted. The suggested standard speeds are:

11.3.1 *Strain-Controlled Tests*—A standard strain rate of 0.01 min⁻¹.

11.3.2 *Constant Head-Speed Tests*—A standard head displacement rate of 2 mm/min [0.05 in./min].

Note: 6—Use of a fixed head speed in testing machine systems with a high compliance may result in a strain rate that is much lower than required. Use of wedge grips can cause extreme compliance in the system, especially when using compliant tab materials. In some such cases, actual strain rates 10 to 50 times lower than estimated by head speeds have been observed.

11.4 *Test Environment*—Condition the specimen to the desired moisture profile and, if possible, test under the same conditioning fluid exposure level. However, cases such as elevated temperature testing of a moist specimen place unrealistic requirements on the capabilities of common testing machine environmental chambers. In such cases, the mechanical test environment may need to be modified, for example, by testing at elevated temperature with no fluid exposure control, but with a specified limit on time to failure from withdrawal from the conditioning chamber. Modifications to the test environment shall be recorded.

11.4.1 Store the specimen in the conditioned environment until test time, if the testing area environment is different than the conditioning environment.

11.5 *Specimen Insertion*—Place the specimen in the grips of the testing machine, taking care to align the long axis of the gripped specimen with the test direction. Tighten the grips, recording the pressure used on pressure controllable (hydraulic or pneumatic) grips.

Note: 7—The ends of the grip jaws on wedge-type grips should be even with each other following insertion to avoid inducing a bending moment

D 3039/D 3039M

DRAWING NOTES

1. INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ANSI Y14.5M-1993, SUBJECT TO THE FOLLOWING:
2. ALL DIMENSIONS IN INCHES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:

$$x \pm .01 \text{ MAX}$$

$$x \pm .03 \text{ MAX}$$
3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF $\pm 1^\circ$
4. PLY ORIENTATION DIRECTION TOLERANCE RELATIVE TO \perp WITHIN $\pm 5^\circ$
5. FINISH ON MACHINED EDGES NOT TO EXCEED M_3 (FINISH) ONLY IN ACCORDANCE WITH AS4 B46.1 WITH ROUGHNESS HEIGHT IN MICROMETRES
6. VARIES TO BE PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGE SHOWN ON THE FIELD OF DRAWING: MATERIAL, LAY-UP, PLY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO \perp , OVERALL LENGTH, GAGE LENGTH, COUPON THICKNESS, TAB MATERIAL, TAB THICKNESS, TAB LENGTH, TAB BEVEL ANGLE, TAB ADHESIVE
7. NO ADHESIVE BUILDUP ALLOWED IN THIS AREA.

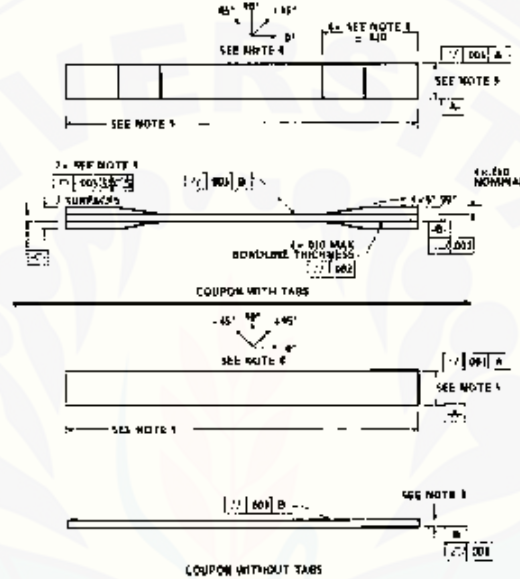


FIG. 3 Tension Test Specimen Drawing (inch-pound)

that results in premature failure of the specimen at the grip. When using unlabeled specimens, a folded grip of medium grade 180 to 150 grit emery cloth between the specimen faces and the grip jaws (pre-split) toward specimens provides a nongrip on the specimen without jaw splitting damage to the surface of the specimen. When using labeled specimens, insert the coupon so that the grip jaws extend approximately 14 to 15 mm (1/2 in.) past the beginning of the tapered portion of the tab. Coupons having tabs that extend beyond the grips are prone to failure at the tab ends because of excessive interlaminar stresses.

11.6 *Transducer Installation*—If strain response is to be determined, attach the strain-indication transducer(s) to the specimen, symmetrically about the mid-span, mid-width location. Attach the strain-recording instrumentation to the transducers on the specimen.

11.6.1 When determining modulus of elasticity, it is recommended that at least one specimen per like sample be evaluated with back-to-back axial transducers to evaluate the percent bending, using Eq 5, at the average axial strain checkpoint value (the mid range of the appropriate chord modulus strain range) shown in Table 3. A single transducer can be used if the percent bending is no more than 3%. When bending is greater

TABLE 3 Specimen Alignment and Chord Modulus Calculation Strain Ranges

Tensile Chord Modulus Calculation Longitudinal Strain Range		Longitudinal Strain Checkpoint for Bending
Start Point	End Point	$\mu\epsilon$
$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$
1000 ^a	3000	2000

^a1000 $\mu\epsilon$ = 0.001 absolute strain.

^bThis strain range is to be contained in the lower half of the stress-strain curve. For materials that fail below 3000 $\mu\epsilon$ a strain range of 25 to 50 % of ultimate is recommended.

than 3% averaged strains from back-to-back transducers of like kind are recommended.

$$B = \frac{\epsilon_f - \epsilon_b}{\epsilon_f + \epsilon_b} \quad (5)$$

where:

- ϵ_f = indicated strain from front transducer, $\mu\epsilon$;
- ϵ_b = indicated strain from back transducer, $\mu\epsilon$; and
- B = percent bending in specimen.

11.7 *Loading*—Apply the load to the specimen at the

D 3039/D 3039M

specified rate until failure, while recording data.

11.8 Data Recording—Record load versus strain (or transducer displacement) continuously or at frequent regular intervals. If a transition region or initial ply failures are noted, record the load, strain, and mode of damage at such points. If the specimen is to be failed, record the maximum load, the failure load, and the strain (or transducer displacement) at, or as near as possible to, the moment of rupture.

Note 8—Other valuable data that can be useful in understanding testing anomalies and gripping or specimen slipping problems includes load versus head displacement data and load versus time data.

11.9 Failure Mode—Record the mode and location of failure of the specimen. Choose, if possible, a standard description using the three-part failure mode code that is shown in Fig. 4.

11.10 Grip/Tab Failures—Reexamine the means of load introduction into the material if a significant fraction of failures in a sample population occur within one specimen width of the tab or grip. Factors considered should include the tab alignment, tab material, tab angle, tab adhesive, grip type, grip pressure, and grip alignment.

12. Calculation

12.1 Tensile Stress/Tensile Strength—Calculate the ultimate tensile strength using Eq 6 and report the results to three significant figures. If the tensile modulus is to be calculated, determine the tensile stress at each required data point using Eq 7.

$$F^u = P^{max}/A \tag{6}$$

$$\sigma_i = P_i/L \tag{7}$$

where:

- F^u = ultimate tensile strength, MPa [psi];
- P^{max} = maximum load before failure, N [lbf];
- σ_i = tensile stress at i th data point, MPa [psi];
- P_i = load at i th data point, N [lbf]; and
- A = average cross-sectional area from 11.2.3, mm²[in.²].

12.2 Tensile Strain/Ultimate Tensile Strain—If tensile modulus or ultimate tensile strain is to be calculated, and material response is being determined by an extensometer, determine the tensile strain from the indicated displacement at each required data point using Eq 8 and report the results to

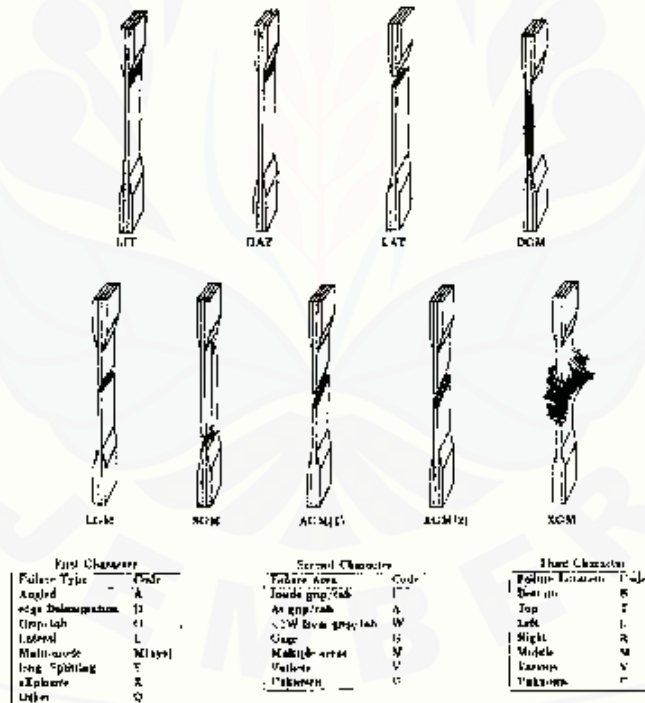


FIG. 4 Tensile Test Failure Codes/Typical Modes

D 3039/D 3039M

three significant figures.

$$\epsilon_i = \delta_i / L_g \quad (8)$$

where:

- ϵ_i = tensile strain at *i*th data point, $\mu\epsilon$;
- δ_i = extensometer displacement at *i*th data point, mm [in.]; and
- L_g = extensometer gage length, mm [in.].

12.3 Tensile Modulus of Elasticity:

NOTE 9.—To minimize potential effects of bending it is recommended that the strain data used for modulus of elasticity determination be the average of the indicated strains from each side of the specimen, as discussed in 7.3 and 11.6.

12.3.1 Tensile Chord Modulus of Elasticity—Select the appropriate chord modulus strain range from Table 3. Calculate the tensile chord modulus of elasticity from the stress-strain data using Eq 9. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Report the tensile chord modulus of elasticity to three significant figures. Also report the strain range used in the calculation. A graphical example of chord modulus is shown in Fig. 5.

12.3.1.1 The tabulated strain ranges should only be used for materials that do not exhibit a transition region (a significant change in the slope of the stress-strain curve) within the given strain range. If a transition region occurs within the recommended strain range, then a more suitable strain range shall be used and reported.

$$E^{chord} = \Delta\sigma / \Delta\epsilon \quad (9)$$

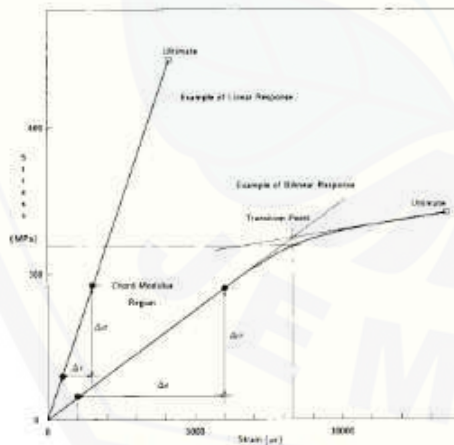


FIG. 5 Typical Tensile Stress-Strain Curves

where:

- E^{chord} = tensile chord modulus of elasticity, GPa [psi];
- $\Delta\sigma$ = difference in applied tensile stress between the two strain points of Table 3, MPa [psi]; and
- $\Delta\epsilon$ = difference between the two strain points of Table 3 (nominally 0.002).

12.3.2 Tensile Modulus of Elasticity (Other Definitions)—Other definitions of elastic modulus may be evaluated and reported at the user's discretion. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used, and the results to three significant figures. Test Method E 111 provides additional guidance in the determination of modulus of elasticity.

NOTE 10.—An example of another modulus definition is the secondary chord modulus of elasticity for materials that exhibit essentially bilinear stress-strain behavior. An example of secondary chord modulus is shown in Fig. 5.

12.4 Poisson's Ratio:

NOTE 11.—If bonded resistance strain gages are being used, the error produced by the transverse sensitivity effect on the transverse gage will generally be much larger for composites than for metals. An accurate measurement of Poisson's ratio requires correction for this effect. The strain gage manufacturer should be contacted for information on the use of correction factors for transverse sensitivity.

12.4.1 Poisson's Ratio By Chord Method—Select the appropriate chord modulus longitudinal strain range from Table 3. Determine (by plotting or otherwise) the transverse strain (measured perpendicular to the applied load), ϵ_t , at each of the two longitudinal strains (measured parallel to the applied load), ϵ_l , strain range end points. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Calculate Poisson's ratio by Eq 10 and report to three significant figures. Also report the strain range used.

$$\nu = -\Delta\epsilon_t / \Delta\epsilon_l \quad (10)$$

where:

- ν = Poisson's ratio;
- $\Delta\epsilon_t$ = difference in lateral strain between the two longitudinal strain points of Table 3, $\mu\epsilon$; and
- $\Delta\epsilon_l$ = difference between the two longitudinal strain points of Table 3 (nominally either 0.001, 0.002, or 0.005).

12.4.2 Tensile Poisson's Ratio (Other Definitions)—Other definitions of Poisson's ratio may be evaluated and reported at the user's discretion. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used, and the results to three significant figures. Test Method E 132 provides additional guidance in the determination of Poisson's ratio.

12.5 Transition Strain—Where applicable, determine the transition strain from either the bilinear longitudinal stress versus longitudinal strain curve or the bilinear transverse strain versus longitudinal strain curve. Create a best linear fit or chord line for each of the two linear regions and extend the lines until they intersect. Determine to three significant digits the longitudinal strain that corresponds to the intersection point and record this value as the transition strain. Report also the method of linear fit (if used) and the strain ranges over which the linear fit or chord lines were determined. A graphical

 D 3039/D 3039M

example of transition strain is shown in Fig. 5.

12.6 *Statistics*—For each series of tests calculate the average value, standard deviation and coefficient of variation (in percent) for each property determined:

$$\bar{x} = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) / n \quad (11)$$

$$s_{n-1} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - nx^2 \right) / (n-1)} \quad (12)$$

$$CV = 100 \times s_{n-1} / \bar{x} \quad (13)$$

where:

- \bar{x} = sample mean (average);
- s_{n-1} = sample standard deviation;
- CV = sample coefficient of variation, in percent;
- n = number of specimens; and
- x_i = measured or derived property.

13. Report

13.1 Report the following information, or references pointing to other documentation containing this information, to the maximum extent applicable (reporting of items beyond the control of a given testing laboratory, such as might occur with material details or panel fabrication parameters, shall be the responsibility of the requestor):

- 13.1.1 The revision level or date of issue of this test method.
- 13.1.2 The date(s) and location(s) of the test.
- 13.1.3 The name(s) of the test operator(s).
- 13.1.4 Any variations to this test method, anomalies noticed during testing, or equipment problems occurring during testing.
- 13.1.5 Identification of the material tested including: material specification, material type, material designation, manufacturer, manufacturer's lot or batch number, source (if not from manufacturer), date of certification, expiration of certification, filament diameter, tow or yarn filament count and twist, sizing, form or weave, fiber areal weight, matrix type, prepreg matrix content, and prepreg volatiles content.
- 13.1.6 Description of the fabrication steps used to prepare the laminate including: fabrication start date, fabrication end date, process specification, cure cycle, consolidation method, and a description of the equipment used.
- 13.1.7 Ply orientation stacking sequence of the laminate.
- 13.1.8 If requested, report density, volume percent reinforcement, and void content test methods, specimen sampling method and geometries, test parameters, and test results.
- 13.1.9 Average ply thickness of the material.
- 13.1.10 Results of any nondestructive evaluation tests.
- 13.1.11 Method of preparing the test specimen, including specimen labeling scheme and method, specimen geometry, sampling method, coupon cutting method, identification of tab geometry, tab material, and tab adhesive used.
- 13.1.12 Calibration dates and methods for all measurement and test equipment.
- 13.1.13 Type of test machine, grips, jaws, grip pressure, alignment results, and data acquisition sampling rate and equipment type.
- 13.1.14 Results of system alignment evaluations, if any such were done.
- 13.1.15 Dimensions of each test specimen.

13.1.16 Conditioning parameters and results, use of travelers and traveler geometry, and the procedure used if other than that specified in the test method.

13.1.17 Relative humidity and temperature of the testing laboratory.

13.1.18 Environment of the test machine environmental chamber (if used) and soak time at environment.

13.1.19 Number of specimens tested.

13.1.20 Speed of testing.

13.1.21 Transducer placement on the specimen and transducer type for each transducer used.

13.1.22 If strain gages were used, the type, resistance, size, gage factor, temperature compensation method, transverse sensitivity, lead-wire resistance, and any correction factors used.

13.1.23 Stress-strain curves and tabulated data of stress versus strain for each specimen.

13.1.24 Percent bending results for each specimen so evaluated.

13.1.25 Individual strengths and average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population. Note if the failure load was less than the maximum load before failure.

13.1.26 Individual strains at failure and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.27 Strain range used for chord modulus and Poisson's ratio determination.

13.1.28 If another definition of modulus of elasticity is used in addition to chord modulus, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

13.1.29 Individual values of modulus of elasticity, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.30 If another definition of Poisson's ratio is used in addition to the chordwise definition, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

13.1.31 Individual values of Poisson's ratio, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.32 If transition strain is determined, the method of linear fit (if used) and the strain ranges over which the linear fit or chord lines were determined.

13.1.33 Individual values of transition strain (if applicable), and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.34 Failure mode and location of failure for each specimen.

14. Precision and Bias

14.1 Precision:

14.1.1 The precision and bias of tension test strength and modulus measurements depend on strict adherence to the Test Method D 3039/D 3039M and are influenced by mechanical and material factors, specimen preparation, and measurement errors.

14.1.2 Mechanical factors that can affect the test results

D 3039/D 3039M

include: the physical characteristics of the testing machine (stiffness, dumping, and mass), accuracy of loading and displacement/strain measurement, speed of loading, alignment of test specimen with applied load, parallelism of the grips, grip pressure, and type of load control (displacement, strain, or load).

14.1.3 Material factors that can affect test results include: material quality and representativeness, sampling scheme, and specimen preparation (dimensional accuracy, tab material, tab taper, tab adhesive, and so forth).

14.1.4 The mean tensile strength for a strain rate sensitive, glass/epoxy tape composite tested in the fiber direction was found to increase by approximately two standard deviations with decreasing time to failure tested at the limits of the recommended time to failure prescribed in Test Method D 3039/D 3039M. This result suggest that caution must be used when comparing test data obtained for strain rate sensitive composite materials tested in accordance with this standard.

14.1.5 Measurement errors arise from the use of specialized measuring instruments such as load cells, extensometers and strain gages, micrometers, data acquisition devices, and so forth.

14.1.6 Data obtained from specimens that fracture outside the gage are should be used with caution as this data may not be representative of the material. Failure in the grip region indicates the stress concentration at the tab is greater than the natural strength variation of the material in the gage section. A tapered tab, bonded with a ductile low-modulus adhesive has a relatively low-stress concentration and should result in the lowest frequency of grip failures. Low-strength bias increases with the frequency of grip failures by an amount proportional to the stress concentration at the tab.

14.1.7 An interlaboratory test program was conducted where an average of five specimens each, of six different materials and lay-up configurations, were tested by nine different laboratories.¹⁰ Table 4 presents the precision statistics generated from this study as defined in Practice E 691 for tensile strength, modulus, and failure strain. All data except that for Material B (90° lay-up) was normalized with respect to an average thickness. The materials listed in Table 15 are defined as:

- A IM-6 1501-h uni tape (90°)
- B IM-6 1501-h uni tape (90°)
- C IM-6 1501-h uni tape (90°)†
- D Glass/epoxy fabric (77°)
- E IM-6 1501-h uni tape (90°)

¹⁰ International Harmonization of Composite Materials - Phase 1, Harmonization of ASTM D 3039 and ISO 1578, Final Report, ASTM International Standards Research, April 1993

10 International Harmonization of Composite Materials - Phase 1, Harmonization of ASTM D 3039 and ISO 1578, Final Report, ASTM International Standards Research, April 1993

TABLE 4 Precision Statistics

Material	\bar{X}	s	S_x	S_y	S_y/\bar{X} , %	S_x/\bar{X} , %
Strength, MPa						
A	240.59	8.49	10.88	12.78	3.12	3.73
B	8.32	0.52	0.63	0.72	8.94	10.84
C	156.37	3.84	10.83	10.63	6.94	6.94
F	86.18	3.20	1.52	3.43	2.30	3.26
G	121.32	1.99	8.82	3.92	3.23	3.23
Modulus, MPa						
A	23.97	0.03	0.03	0.56	2.08	3.06
B	1.30	0.05	0.04	0.66	5.12	4.37
C	12.38	0.28	0.37	0.44	2.98	3.54
F	3.93	0.06	0.04	0.09	1.91	2.26
G	9.47	0.16	0.12	0.20	1.28	2.06
Failure Strain, %						
A	1.20	0.06	0.07	0.08	4.90	6.15
B	0.80	0.04	0.06	0.09	12.47	13.02
C	1.22	0.03	0.06	0.06	3.25	3.27
F	2.04	0.15	0.07	0.10	3.19	8.93
G	1.27	0.08	0.03	0.05	3.83	4.13

14.1.8 The averages of the coefficients of variation are in Table 5. The values of S_y/\bar{X} and S_x/\bar{X} represent the repeatability and the reproducibility coefficients of variation, respectively. These averages permit a relative comparison of the repeatability (within laboratory precision) and reproducibility (between laboratory precision) of the tension test parameters. Overall, this indicates that the failure strain measurements exhibit the least repeatability and reproducibility of all the parameters measured while modulus was found to provide the highest repeatability and reproducibility of the parameters measured.

TABLE 5 Averages of the Coefficients of Variation

Parameter	Average of S_y/\bar{X} , %	Average of S_x/\bar{X} , %
Strength	5.11	6.00
Modulus	2.22	3.22
Failure strain	3.84	7.32

14.1.9 The consistency of agreement for repeated tests of the same material is dependent on lay-up configuration, material and specimen preparation techniques, test conditions, and measurements of the tension test parameters.

14.2 **Bias**—Bias cannot be determined for this test method as no acceptable reference standard exists.

15. Keywords

15.1 composite materials; modulus of elasticity; Poisson's ratio; tensile properties; tensile strength

 **D 3039/D 3039M**

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards at the addresses shown below.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail), or through the ASTM website (www.astm.org).