

## Analisis Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Brida Partikel Arang Sekam Padi dan Kalsit

Basmal<sup>1</sup>, Joko Sukarno<sup>2</sup>, Siswanto<sup>3</sup>.

<sup>1,2</sup> Program Studi Mesin Otomotif Politeknik Pratama Mulia Surakarta  
Jl. Haryo Panular 18 A, Surakarta

Email: [basmal67@yahoo.co.id](mailto:basmal67@yahoo.co.id)

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin Politeknik Pratama Mulia Surakarta.  
Jl. Haryo Panular 18 A, Surakarta

Email: [siswanto.politama@gmail.com](mailto:siswanto.politama@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian dengan judul "Analisis sifat mekanik komposit polyester berpenguat hibrida partikel arang sekam padi dan kalsit" ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume *Filler* partikel hibrida terhadap sifat mekanik komposit. Sifat mekanik yang diteliti dari komposit hibrida tersebut meliputi sifat kekuatan lentur standar ASTM D 790, sifat kekuatan Impak standar ASTM D 5941, dan sifat ketahanan bakar standar ASTM D 635 dan foto SEM Untuk mengetahui morfologi patahan komposit. Matrik komposit menggunakan *Unsaturated Polyester Resin* BQTN 157, *Filler hibrida* menggunakan serbuk arang sekam padi mesh 60-80 dan serbuk kalsit mesh 100-120 dengan Fraksi Berat total *filler* 50%. Perbandingan fraksi berat *filler hibrida* antara serbuk arang sekam padi dan serbuk kalsit adalah: 15:35, 20:30, 25: 25, 30:20. Hardener menggunakan MEKP 1 wt% Matrik Resin. Bahan di campur menggunakan mixer putaran 100 Rpm selama 5 menit. Pembuatan komposit dengan cara dituang dalam cetakan dengan *holding time* 30 menit. Spesimen komposit di berikan perlakuan rendaman air hujan selama 20 hari. Hasil pengujian di dapatkan sifat mekanik spesimen komposit tertinggi: Kekuatan lentur 95,54 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan impak 5,97 kJ/mm<sup>2</sup>, dan sifat ketahanan laju bakar 0,10 mm/sec. Sifat mekanik terendah di peroleh: Kekuatan lentur 84,17 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan impak 5,10 kJ/mm<sup>2</sup>, dan sifat ketahanan laju bakar 0,19 mm/sec.

Kata Kunci : Komposit Poliester Resin, filler hibrida serbuk arang sekam padi dan serbuk kalsit.

### 1. Pendahuluan.

Teknologi dan Rekayasa Teknik dewasa ini mengalami perkembangan yang sangat pesat, hal tersebut seiring dengan meningkatnya daya minat masyarakat dalam memanfaatkan peluang untuk mengembangkan wirausaha. Material baja merupakan bahan utama yang di gunakan dalam implementasi penggunaan teknologi dalam berbagai kegunaannya. Sifat mekanik baja diantaranya adalah kuat, keras. Sedangkan kelemahannya diantaranya adalah berat dan pengerjaannya lebih sulit. .

Saat ini penggunaan material komposit mulai banyak dikembangkan dalam dunia industri manufaktur. Penggunaan material komposit yang kuat dan keras merupakan tuntutan teknologi saat ini. Salah satu material komposit yang diharapkan di dunia industri yaitu material komposit yang memiliki sifat mekanik yang tinggi serta dengan memanfaatkan bahan yang melimpah yang terdapat alam sekitar sebagai pengisi (*filler*) maupun penguat (*Reinforced*) pada komposit. Polimer *thermosetting* banyak diaplikasikan untuk komposit dalam sektor industri. Poliester Resin merupakan salah satu jenis *thermosetting* plastik yang digunakan sebagai matrik komposit. Poliester merupakan jenis plastik yang memiliki sifat ketahanan terhadap temperatur yang lebih baik jika

dibanding dengan jenis lainnya seperti *thermoplastik*. Selain sifat tersebut, Poliester juga bersifat tahan terhadap korosi dan bahan kimia, juga memiliki sifat mekanik yang meningkat jika diberikan bahan penguat / *filler* yang tepat namun poliester juga mempunyai kelemahan pada sifat sensitif menyerap air, getas dan *notch sensitive* (Astruc, A. dkk, 2008).

Penggunaan bahan limbah sebagai salah satu material komposit merupakan salah satu alternatif yang banyak di kembangkan. Sekam padi merupakan limbah pertanian yang memiliki jumlah yang melimpah, sebagian besar masyarakat masih belum memanfaatkan limbah sekam padi secara maksimal. Kandungan bahan dalam sekam padi banyak mengandung bahan *lignoselulosa* sehingga menyebabkan timbulnya sifat kuat dan kaku. Berdasarkan sifat kaku dan kuat dari sekam padi ini dapat dibuat sebagai bahan komposit (Ngafwan, 2006). Menurut Umi Fathanah (2011) bahwa unsur-unsur yang terkandung dalam sekam padi diantaranya meliputi: kadar air 9,02 %, Silika (SiO<sub>2</sub>) 16,98%, Abu 17,71%, dan Karbon ( Arang 1,33).

Kalsit merupakan unsure utama pembentuk batu gamping. Unsur kimia pembentuk kalsit terdiri dari kalsium (Ca) dan Karbonat (CO<sub>3</sub>). Unsur kalsium dalam kalsite dapat bersubstitusi oleh unsure logam sebagai pengotor yang dalam

prosentase berat tertentu membentuk mineral lain. Sifat fisik kalsit adalah beraj jenis 2,71 gr/cm , kekerasan 3 (Skala Mohs), warna kalsit yang tidak murni adalah kuning, abu-abu. Penggunaan kalsit saat ini telah mencakup dalam berbagai sektor yaitu meliputi pada sektor industry kimia, industry logam, dan sebagainya.

Komposit hibrid adalah komposit yang terdiri dari lapisan lapisan penguat dapat berupa dua atau lebih jenis penguat yang berbeda-beda((Schwart, 1984). Komposit hibrid mempunyai sifat sifat lebih baik daripada komposit yang terdiri dari satu jenis penguat. Dalam penelitian ini akan diteliti sebuah material komposit hibrid matrik poliester resin/serbuk arang sekam padi/serbuk kalsit. Penelitian tentang komposit hibrid ini merupakan salah satu usaha menciptakan produk material inovatif baru terbaru yang dapat diaplikasikan sebagai material alternative industri. Penelitian ini juga sekaligus sebagai salah satu cara untuk mengatasi problem energi.

## 2. Metodologi Penelitian.

### 2.1. Persiapan bahan penelitian.

Bahan yang di gunakan untuk penelitian adalah menggunakan matrik *Unsaturated Polyester* resin BQTN 157 dengan fraksi volume 50%, pengisi menggunakan hibride antara abu sekam padi mesh 60-80 dan serbuk kalsite mesh 100-120. Hardener menggunakan MEKP dengan 1 wt% matrik resin. Serbuk arang sekam padi di buat dengan membakar sekam dan menggilingnya hingga menjadi serbuk.. Persiapan bahan penelitian dilakukan di Lab. Mesin Perkakas Politeknik Pratama Mulia Surakarta.

### 2.2. Pembuatan Spesimen.

Bahan matrik komposit vf 50%, pengisi hibride 50%, dan hardener 1 wt% di campur dengan mixer putaran 100 rpm, selama 5 menit. Fraksi Berat total filler 50% dengan prosentase perbandingan fraksi berat antara serbuk arang sekam padi dan serbuk kalsit adalah: 15:35, 20:30, 25: 25, 30:20.

Bahan setelah dicampur menggunakan mixer kemudian di tuang pada cetakan dengan holding time 30 menit. Spesimen dibuat untuk uji impak (80 x 10 x 4 mm), specimen uji bending (170 x 13,0 x 3,2 mm), dan spesimen uji ketahanan bakar ( 125 x 12,7 x 3,0 mm). Proses di lakukan di Lab. Mesin Perkakas Politeknik Pratama Mulia Surakarta.

### 2.3. Perlakuan Spesimen.

Perlakuan perendaman spesimen dilakukan dalam ruangan tanpa penyinaran matahari. Fluida perendaman menggunakan fluida "Air hujan" waktu perendaman selama 20 hari.

### 2.4. Pengujian Lentur.

Pengujian spesimen komposit terhadap sifat mekanik kekuatan lentur menggunakan metode "three poin bending" standar ASTM D 790. Besarnya tegangan lentur di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3.P.L}{2.b.d^2} \dots\dots\dots (1)$$

### 2.5. Pengujian Laju Bakar.

Pengujian sifat kecepatan laju bakar spesimen komposit mengacu ASTM D 635, spesimen di letakkan pada posisi horinsontal pada sebuah penjepit spesimen dan pembakar posisi miring dengan sudut 45<sup>0</sup> terhadap spesimen. Kecepatan laju bakar spesimen dapat di hitung dengan persamaam:

$$V = L/w \text{ (mm/Sec.)} \dots\dots\dots (2)$$

### 2.6 Pengujian Impak.

Kekuatan impak (tanpa *notched*) spesimen (*a<sub>c,v</sub>*) spesimen kompositi dapat dihitug ( ASTM D 5941) dengan persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{W s}{h . b} \times 10^3 \dots\dots\dots (3)$$

Sedangkan energi serap di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_{\text{serap}} = WR (\cos \alpha - \cos \beta) \dots\dots\dots (4)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan.

### 3.1. Perendaman Spesimen.

Perlakuan spesimen komposit dilakukan dengan perendaman fluida cair "Air Hujan" selama 20 hari. Pelaksanaan perendaman di Laboratorium mesin perkakas Politeknik Pratama Mulia Surakarta dari tanggal 26 Agustus sampai 14 September 2016.



Gambar 1. Proses perlakuan rendaman spesimen komposit.

### 3.2. Densitas Spesimen.

Spesimen komposit dengan fraksi volume (vf) 50% matrik poliester dan penguat hibride Partikel

Arang Sekam Padi (PASP) dan kalsit memiliki besaran densitas bervariasi. Spesimen vf hibride 15:35 ( PSAP 15% dan kalsit 35%) memiliki densitas tertinggi di dibandingkan dengan vf kalsit 30%, 25%, dan 20%, sedangkan densitas terendah di peroleh pada spesimen komposit dengan vf kalsit 20%. Perbedaan besaran densitas antara densitas terbesar (pada vf kalsit 35%) dan densitas terkecil (pada vf kalsit 20%) masing masing adalah: Spesimen uji impak 4,73%, Spesimen uji lentur 16,36%, Spesimen uji kecepatan laju bakar 10,13%. Data pengukuran densitas spesimen komposit di tunjukkan pada tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Densitas Spesimen Komposit.

Spesimen komposit	Densitas spec.impak (g/cm <sup>3</sup> )	Densitas spec.bakar (g/cm <sup>3</sup> )	Densitas spec.lentur (g/cm <sup>3</sup> )
50:15:35	1,48	1,48	1,65
50:20:30	1,46	1,47	1,55
50:25:25	1,46	1,33	1,4
50:30:20	1,41	1,33	1,38

Keterangan:

50:15:35 = Vf (Poliester-PSAP-Kalsit)

### 3.3. Pengujian Lentur Spesimen.

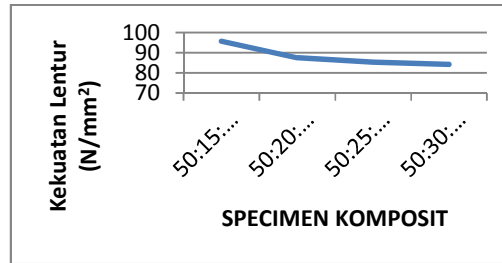
Hasil pengujian lentur spesimen komposit menunjukkan bahwa kekuatan lentur spesimen pada fraksi volume (vf) hibride 15:35 (95,54 N/mm<sup>2</sup>), vf hibride 20:30 (87,42 N/mm<sup>2</sup>), vf hibride 25:25 (85,22 N/mm<sup>2</sup>), vf hibride 30:20 (84,17 N/mm<sup>2</sup>). Pernambahan vf PSAP dari 15% menjadi 30% tidak meningkatkan kekuatan lentur. Data pengujian kekuatan lentur spesimen ditunjukkan pada tabel 2 dibawah. Siswanto, dkk (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa komposit matrik poliester berpenguat partikel sekam padi fraksi volume (vf) 40% dengan perlakuan perendaman air hujan selama 150 jam di dapatkan besar kekuatan lentur 34.66 N/mm<sup>2</sup>. Pengisi hibride dengan memadukan Partikel arang sekam padi dan kalsit dapat meningkatkan kekuatan lentur spesimen komposit dua kali dari spesimen komposit dengan pengisi partikel arang sekam padi ( satu jenis partikel pengisi komposit)

Tabel 2. Data pengujian Kekuatan lentur spesimen.

Spesimen Komposit	Ke. Lentur (N/mm <sup>2</sup> )	ST Deviasi
50:15:35	95,54	2,79
50:20:30	87,42	2,88
50:25:25	85,22	2,49
50:30:20	84,17	2,43

Ikatan antara matrik poliester dan pengisi kalsit terjadi dengan baik, matrik poliester dapat mengisi pada setiap permukaan kalsit dengan baik.

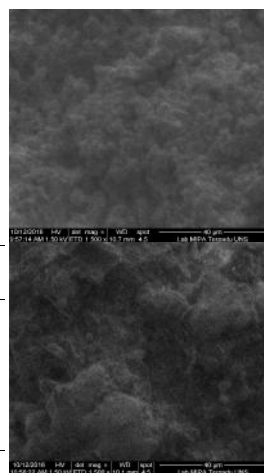
Hal tersebut berbanding terbalik dengan pengisi partikel sekam padi, bahwa semakin besar fraksi volume (vf) PSAP sifat lentur spesimen mengalami penurunan. Grafik pengujian lentur spesimen di tunjukkan pada gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Grafik pengujian kekuatan lentur spesimen.

### 3.4. Pengujian Impak Spesimen.

Komposit dengan fraksi volume matrik poliester 50% dengan pengisi partikel secara hibride (PASP-Kalsit), kemudian diuji terhadap kekuatan impak didapatkan data pengujian seperti pada tabel 3 dibawah. Kekuatan impak tertinggi terjadi pada spesimen komposit dengan vf filler hibride 15:35 yaitu 5,97 kJ/mm<sup>2</sup>, sedangkan kekuatan impak terkecil terjadi pada vf hibride 30:20, yaitu 5,10 kJ/mm<sup>2</sup>. Gambar 3 dibawah di tunjukkan foto SEM permukaan patah spesimen uji impak filler hibride 15: 35 (gambar 3A) dan permukaan patah spesimen uji impak filler hibride 30:20 ( Gambar 3B). Pada gambar 3A memiliki warna permukaan patah lebih terang, hal tersebut di sebabkan pengaruh prosentasi kalsit lebih tinggi dari Partikel arang sekam padi, sehingga filler kalsit selain berpengaruh terhadap warna permukaan patah spesimen juga berpengaruh pada meningkatnya sifat impak spesimen jika di banding dengan spesimen dengan filler hibride 30:20.



(A)

(B)

Gambar 3. Foto SEM pembesaran 1500x. A).  
 Permukaan patah spesimen hibride 15:35, B).  
 Permukaan patah  
 spesimen hibride 30:20

Spesimen komposit berpenguat partikel memiliki sifat impact yang lebih rendah apabila di bandingkan dengan spesimen komposit berpenguat serat, hal tersebut dibenarkan oleh Siswanto, dkk (2013) dalam penelitiannya bahwa komposit polimer HDPE berpenguat serat cantula Vf 40% tersusun random memiliki kekuatan impact 43,13 KJ/mm<sup>2</sup>. Data kekuatan impact spesimen komposit penguat hibride partikel PSAP-kalsit di tunjukkan pada tabel 3 dibawah.

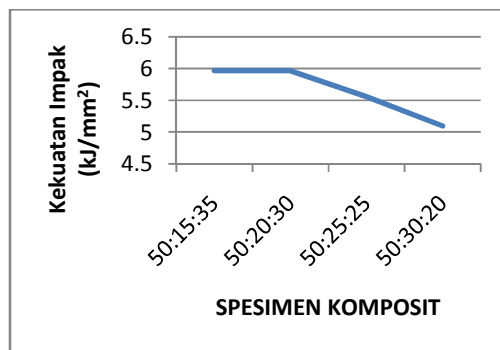
Tabel 3. Data pengujian kekuatan impact spesimen.

Spesimen Komposit	Kek. Impact (kJ/mm <sup>2</sup> )	STDEV
50:15:35	5,97	1,44
50:20:30	5,97	1,44
50:25:25	5,56	1,13
50:30:20	5,1	1,01

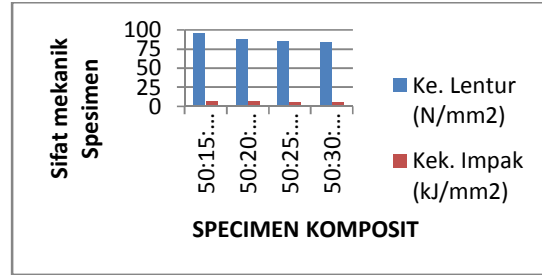
Keterangan:

50:15:35 = Vf (Poliester-PSAP-Kalsit)

Variasi fraksi volume pengisi hibride berpengaruh pada sifat impact spesimen. Gambar 4 dibawah menunjukkan grafik penurunan kekuatan impact seiring dengan penurunan fraksi volume pengisi partikel kalsit. Spesimen dengan pengisi kalsit vf 35% dengan kalsit vf 20% menyebabkan perbedaan sifat impact, besarnya penurunan kekuatan impact sebesar 14,8%. Perbandingan sifat mekanik kekuatan lentur dan kekuatan impact spesimen ditunjukkan pada gambar 5 dibawah.



Gambar 4. Grafik pengujian kekuatan impact spesimen.



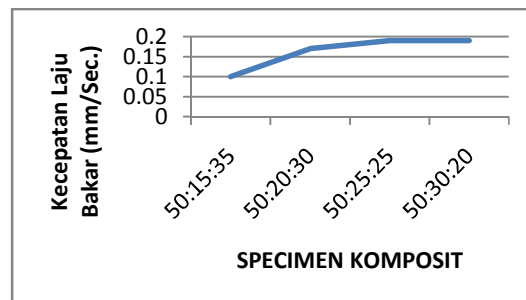
Gambar 5. Perbandingan Kekuatan Lentur dan Kekuatan Impact Spesimen.

### 3.5. Pengujian kecepatan laju bakar spesimen.

Spesimen komposit berpenguat hibrid partikel PSAP-kalsit seperti di tunjukkan pada tabel 4 dibawah, bahwa Kecepatan laju bakar cenderung menurun seiring dengan meningkatnya fraksi volume pengisi kalsit dalam komposit. Spesimen dengan fraksi volume 50:15:35 memiliki sifat laju bakar lebih rendah (0,10 mm/Sec.) di banding dengan spesimen dengan fraksi volume 50:30:20 (0,19 mm/sec.). Pengaruh pengisi kalsit selain meningkatkan sifat mekanik lentur dan impact juga menurunkan ketahanan spesimen terhadap laju bakar. Grafik perbandingan kecepatan laju bakar spesimen di tunjukkan pada gambar 6 dibawah.

Tabel 4. Data pengujian kecepatan laju bakar spesimen

Spesimen Komposit	Kec. Laju bakar Spec. (mm/Sec.)	ST Deviasi
50:15:35	0,1	0,24
50:20:30	0,17	0,1
50:25:25	0,19	0,14
50:30:20	0,19	0,1



Gambar 6. Grafik Kecepatan laju bakar spesimen

## 4. Kesimpulan.

Komposit poliester berpenguat hibride partikel arang sekam padi dan kalsit pada penelitian tersebut diatas memiliki sifat mekanik tertinggi di peroleh pada fraksi volume 50:15:35 yaitu sifat kekuatan lentur 95,54 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan impact 5,97 kJ/mm<sup>2</sup>, dan sifat ketahanan laju bakar 0,10

mm/sec. Sifat mekanik terendah di peroleh pada spesimen komposit fraksi volume 50:30:20 diperoleh sifat kekuatan lentur  $84,17 \text{ N/mm}^2$ , kekuatan impak  $5,10 \text{ kJ/mm}^2$ , dan sifat ketahanan laju bakar  $0,19 \text{ mm/sec}$ . Partikel kalsit sebagai pengisi hibride komposit poliester resin meningkatkan sifat mekanik dengan baik.

#### 4. Refferensi.

- Heribertus Sukarja, 2013. Pengaruh Penambahan Clay Terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid Epoxy/Serat Gelas. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Proklamasi 45, Yogyakarta.
- Ngafwan (2006) *Pemanfaatan Limbah Sekam Padi untuk Pembuatan Komposit Hambat Panas Menggunakan Matrik Resin*, *Media Mesin*, Vol. 7, No. 1, 17-23, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Umi Fathanah. 2012. Kualitas Papan Komposit dari Sekam Padi dan Plastik HDPE Daur Ulang Menggunakan *Maleic Anhydride* (MAH) sebagai *Compatibilizer*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala , Darussalam, Banda Aceh
- Rincon M, dkk, 2009, Recycling of Composite Materials Application the Car Industry, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM). CSIC. Avda. Gregorio del Amo, 8. 28040 Madrid, Spain.
- Schwart M.M., 1984, Composite Material Hand Book, Mc Graw Hill Inc, New York.
- Siswanto, Diharjo K. 2011, Pengaruh fraksi volume dan ukuran partikel komposit polyester resin berpenguat serbuk genteng terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Siswanto. 2013. PENGARUH PEMAPARAN CUACA TERHADAP PERUBAHAN SIFAT MEKANIK DAN SIFAT *THERMAL* KOMPOSIT *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE)-SERAT *CANTULA* RANDOM, Thesis, Pascasarjana Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret Surakarta.



SEMINAR NASIONAL  
**REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI**  
**SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294  
Email : [seminar@sttnas.ac.id](mailto:seminar@sttnas.ac.id) website : [www.retii.sttnas.ac.id](http://www.retii.sttnas.ac.id)



CERTIFICATE NO. ID10/01471

**BERITA ACARA**  
**KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016**

Pada hari ini Sabtu, tanggal 10 bulan Desember, tahun 2016 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) Ke -11, atas:

Nama Pemakalah : Basmal<sup>1</sup>, Joko Sukarno<sup>2</sup>, Siswanto<sup>3</sup>  
Judul Makalah : *Analisis Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Biride Partikel Arang Sekam Padi dan Kalsit*  
Pukul : 10.30 – 10.45 WIB  
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta  
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281  
Ruang : D.12  
Moderator : Dr. Daru sugati, ST. MT.  
Notulen : Hasta Kuntara, ST. MT.

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian Oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh moderator.

Jumlah Peserta yang Hadir : \_\_\_\_\_ Orang (Daftar Hadir Terlampir)

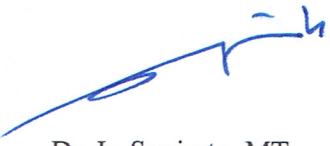
Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Moderator,

Pemakalah,

  
Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Dr. Daru sugati, ST. MT.

Basmal<sup>1</sup>,  
Joko Sukarno<sup>2</sup>, Siswanto<sup>3</sup>



SEMINAR NASIONAL  
**REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI**  
**SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294  
Email : [seminar@sttnas.ac.id](mailto:seminar@sttnas.ac.id) website : [www.retii.sttnas.ac.id](http://www.retii.sttnas.ac.id)



CERTIFICATE NO. ID10/01471

**NOTULEN JALANNYA**  
**KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016**

Nama Pemakalah : Basmal<sup>1</sup>, Joko Sukarno<sup>2</sup>, Siswanto<sup>3</sup>  
Judul Makalah : *Analisis Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Biride Partikel Arang Sekam Padi dan Kalsit*  
Pukul : 10.30 – 10.45 WIB  
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta  
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281  
Ruang : D.12

Jalannya Acara Seminar:

1. Pembukaan oleh Moderator.
2. Paparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah.
3. Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan dari Pemakalah.

Adapun pertanyaan/kritik/saran dari Peserta Seminar terhadap Pemakalah serta tanggapan Pemakalah adalah sebagai berikut:

Pertanyaan / Kritik / Saran	Tanggapan Pemakalah

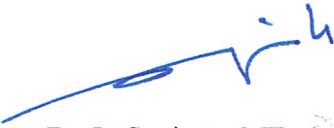
4. Penutup: Oleh Moderator.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Moderator,

Pemakalah,

  
Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Dr. Daru sugati, ST. MT.

Basmal<sup>1</sup>,  
Joko Sukarno<sup>2</sup>, Siswanto<sup>3</sup>