

Pengaruh Campuran Epoksi Resin (Er) terhadap *Hardener Resin* (Hr) Pada Sifat Mekanis Matriks Komposit

Zulkifli Djafar¹⁾, Jamasri²⁾, Heru S.B. Rochardjo³⁾, J.P. Gentur Sutapa⁴⁾

¹⁾ Mahasiswa sekolah Pascasarjana Program Doktor, Universitas Gadjadara Mada Yogyakarta; Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

^{2),3)} Promotor/Co-promotor/Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjadara Mada, Yogyakarta

⁴⁾ Co-promotor/Staf Pengajar Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjadara Mada, Yogyakarta

ABSTRAK

Polimer didefinisikan sebagai molekul besar (makromolekul) yang terbentuk dari beberapa unit molekul (monomer) secara berulang sedangkan epoksi merupakan senyawa kimia thermosetting yang tersusun dari ikatan atom oksigen dan karbon dimana polimer epoksi resin banyak dijumpai di bidang usaha seperti pembuatan isolator-isolator listrik, helm, bumper mobil, bodi kendaraan, perahu nelayan, speedboat dan lain sebagainya. Tujuan penelitian ini melihat pengaruh campuran resin epoksi terhadap sifat mekanis matriks komposit. Metode pengujian yang digunakan untuk matriks komposit epoksi resin (adalah uji kekuatan tarik, kekuatan bending dan kekuatan Impak berdasarkan standar ASTM D638-02 type I, standar ASTM D790-02 dan ASTM D5942-96 dengan model *flatwise impact*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat kekuatan tarik yang terbesar diperoleh pada persampuran ER 60-40 sebesar 57.20 ± 2.95 MPa dan yang terkecil diperoleh pada ER 67-33 sebesar 41.66 ± 3.99 MPa, untuk kekuatan bending yang terbesar diperoleh pada persampuran ER 62-38 sebesar 88.68 ± 3.79 MPa dan yang terkecil diperoleh pada ER 64-36 sebesar 67.35 ± 9.99 MPa, sedangkan kekuatan impak yang terbesar diperoleh pada persampuran ER 55-45 sebesar 19.82 ± 3.54 kJ/m² dan yang terkecil diperoleh pada ER 64-36 sebesar 2.21 ± 0.47 kJ/m².

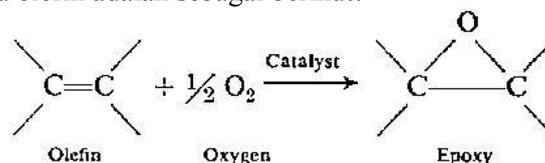
Kata kunci: epoksi resin, hardener resin, kekuatan tarik, kekuatan bending, kekuatan impak.

LATAR BELAKANG

Penggunaan Polimer dan komposit dewasa ini kian meningkat di segala bidang kehidupan misalnya untuk penggunaan bumper mobil, bodi kendaraan, bodi pesawat terbang, body perahu dan lain sebagainya. Polimer didefinisikan sebagai molekul besar (makromolekul) yang terbentuk dari beberapa unit molekul (monomer) secara berulang. Reaksi monomer-monomer tersebut dinamakan reaksi polimerisasi dimana ikatan kimia polimer memiliki pola struktur rantai linier, bercabang dan ikatan-silang (crosslinked) serta jaringan. Ada tiga tipe polimer yaitu thermoplastic (polypropylene, polyethylene dll), thermoset (phenol-formaldehyde, resin epoksi dll) dan elastomer (karet).

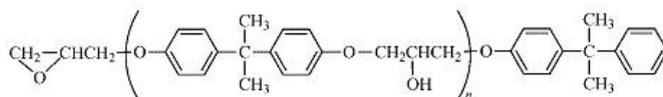
Epoksi merupakan senyawa kimia thermosetting yang tersusun dari ikatan atom oksigen dan karbon. Epoksi diproduksi melalui reaksi antara *epichlorohydrin* dan *bisphenol A*.

Secara sederhana diperoleh dari epoxidation dari suatu olefin adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Struktur gugus fungsi epoksi (Lee H and Neville K., 1967)

Sebagai kemudahan untuk identifikasi, struktur yang lebih kompleks dari epoksi memiliki gugus atom tersebut. Sebagai contoh ikatan molekul epoksi resin sebagai berikut:



Gambar 2. Struktur epoksi resin *Diglycidyl Ether of Bisphenol A (DGEBA)* (Lee H and Neville K., 1967)

Beberapa karakteristik dari epoksi resin (Lee dkk, 1967) dalam kombinasi unik mempunyai sifat dasar yaitu viskositas rendah, mudah mengering (Easy cure), Penyusutan rendah (low shrinkage), kekuatan rekat tinggi (High Adhesive Strengths), sifat mekanis tinggi (High Mechanical Properties), isolasi listrik tinggi (High electrical Insulation), Ketahanan kimia yang baik (Good Chemical Resistance) dan kegunaannya bermacam-macam (Versatility).

TINJAUAN PUSTAKA

Perekat epoksi resin termasuk kelompok yang memiliki kekuatan yang tinggi, memiliki ketahanan terhadap degradasi lingkungan sehingga resin ini banyak digunakan pada industri pesawat terbang, sebagai resin pelapis epoksi juga memiliki sifat rekat yang baik dan tahan terhadap degradasi air sehingga resin ini sangat ideal digunakan sebagai bodi perahu atau kapal (Ray dan Raut, 2005).

Beberepa penelitian tentang penggunaan epoksi resin yang telah dilakukan antara lain Suryantoro dan Susilowati D (2002), membahas tentang immobilisasi limbah cair TRU dari instalasi radiometaurgi dengan resin epoksi (EPOSIR 7120) dimana sampel kemudian diuji tekan dan uji lucut dengan menggunakan epoksi resin dan epoksi hardener sementara penelitian Jatmiko dan Asy'ari. H (2003), mengenai tegangan flashover pada bahan isolasi resin epoksi (DGBA) yang terpengaruh oleh polutan garam parangtritis untuk mengetahui berapa besar pengaruh polutan garam dan penuaan dipercepat dengan penyinaran sinar ultra violet (UV) terhadap tegangan flashover. Lain halnya dengan penelitian Berahim. H dkk (2006), meneliti tentang epoksi resin ditambah silane untuk mengetahui berapa besar pengaruh perlakuan filler pada sifat dielektrik dari resin epoxy silan di iklim tropis. Pada penelitian Syakur A dkk (2008), meneliti tentang pengukuran discharge pada bahan resin epoksi dengan menyimpulkan bahwa karakteristik pengukuran discharge dipengaruhi oleh tegangan dan waktu yang diterapkan pada bahan

isolasi dan karakteristik jumlah pulsa pengukuran discharge terhadap waktu menunjukkan kurva dengan fluktuasi yang cenderung meningkat.

Syafriyudin (2009), melakukan pengujian kandungan ESDD dan sifat hidrofobik bahan isolasi resin epoksi dengan pengisi sekam padi dengan tujuan mengetahui pengaruh penyinaran ultra violet terhadap sifat hidrofobik, Penelitian diatas semua menggunakan epoksi resin dan epoksi hardener dengan perbandingan campuran 50-50 atau campuran 1 : 1.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *thermosetting* plastik, yaitu epoksi resin dengan campuran resin dan *hardener* yang diperoleh dari PT. Justus Kimia Raya, cabang Semarang dan dibuat pencampuran antara resin epoksi dengan resin hardener sebanyak 7 variasi yaitu 50-50, 55-45, 58-42, 60-40, 62-38, 64-36 dan 67-33.

Alat yang digunakan

Cetakan, terbuat dari baja ukuran 25 x 25 cm, 30 x 30 cm dan 12 x 30 cm, Gelas ukur 500 ml, Jarum suntik 3 ml (untuk mengukur katalis), Thermometer ruangan, Kuas dan Roll, Jangka sorong, Gergaji Lidi, Kertas Amplas, Timbangan Digital, Oven Listrik

Alat Uji

Alat uji tarik (standar ASTM D 638-02 (tipe I), alat uji bending (standar ASTM D790-02) dan alat uji Impak (standar ASTM D5942-96)

Proses Pencetakan

Proses pencetakan komposit menggunakan pelat baja berukuran 250 mm x 250 mm. Langkah-langkah pencetakan spesimen komposit ini, yaitu: Alat dan bahan harus dipersiapkan terlebih dahulu, Langkah pertama yaitu tuangkan resin dan hardener sesuai perbandingan yang telah ditentukan kedalam gelas ukur, Campurkan resin dan hardener pada sebuah wadah kemudian aduk campuran tersebut hingga merata, Tuangkan campuran resin dan hardener kedalam cetakan secukupnya, kemudian ratakan hingga semua daerah cetakan terisi, Tutup cetakan dengan penutup yang juga terbuat dari pelat baja kemudian tekanlah dengan alat press hidrolis. Hal ini dilakukan dengan harapan tebal komposit sesuai standar, Tunggu selama 6-8

jam sampai cetakan mengering/mengeras, Setelah kering hasil cetakan komposit dapat dilepas dan masih berupa lempengan. Kemudian lempengan ditempelkan kertas yang telah digambar spesimen uji tarik, bending dan impak sesuai dengan standar ASTM (lebar, panjang dan tebal telah sesuai) lalu dilakukan pemotongan dengan menggunakan mesin gergaji mengikuti bentuk gambar, Hasil pemotongan dilakukan *finishing* dengan menggunakan kikir dan ampelas halus agar permukaan luar spesimen uji lebih halus dan merata, Spesimen siap diuji.

Proses Pengujian

a. Pengujian Tarik Komposit

Pembuatan spesimen uji tarik sesuai dengan standar ASTM D638-02 type I, dengan ukuran dimensi spesimen pengujian *Width of narrow section* ($W = 13 \pm 0.5$) mm, *Length of narrow section* ($L = 57 \pm 0.5$) mm, *Width overall, min* ($W_o = 19 \pm 6.4$) mm, *Length overall, min* ($L_o = 165$) mm, *Gage Length* ($G = 50 \pm 0.25$) mm, *Distance Between Grips* ($D = 115 \pm 5$) mm, *Radius of fillet* ($R = 76 \pm 10$ mm, *Thickness* (T) sesuai ketebalan material uji. Jumlah

benda uji *Tarik* berjumlah 8 (delapan) buah. Hal ini bertujuan agar memperoleh sampel yang valid

b. Pengujian Bending Komposit

Pembuatan spesimen uji bending sesuai dengan standar ASTM D790-02, dengan ukuran dimensi spesimen pengujian span ($L = 16$ d), panjang total ($L_o = L + 10\%$), lebar ($b = 4$ d) dan tebal (d) sesuai ketebalan material uji. Jumlah benda uji *bending* berjumlah 14 (empat belas) buah. Hal ini bertujuan agar memperoleh sampel yang valid.

c. Pengujian Impak Komposit

Pembuatan specimen uji impak sesuai ASTM D5942-96 dengan model *flatwise impact*, dengan ukuran dimensi spesimen pengujian span ($L = 62 \pm 8.5$), panjang total ($L_o = 80 \pm 2$), lebar ($b = 10 \pm 0.2$) dan tebal (d) sesuai ketebalan material uji. Jumlah benda uji *Impak* berjumlah 14 (empat belas) buah. Hal ini bertujuan agar memperoleh sampel yang valid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

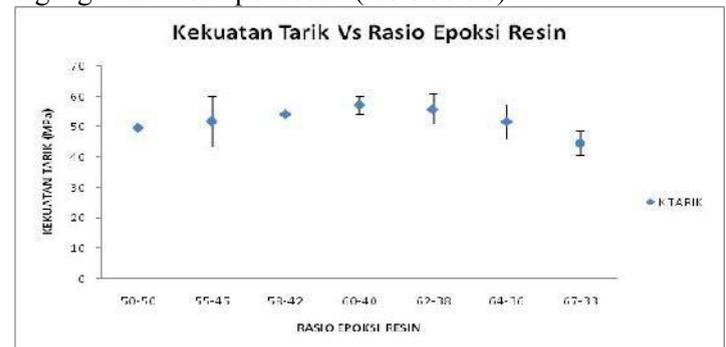
HASIL PENGUJIAN PENGUJIAN TARIK

EPOKSI RESIN (ER)

Pengujian tarik matriks dimaksudkan untuk mengetahui sifat mekanis material sebelum digunakan sebagai pengikat serat tenunan rami pada suatu pembuatan komposit. Hasil pengujian tarik matriks epoksi resin (ER) meliputi tegangan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas tarik dimana hasil pengujian tarik epoksi resin ditunjukkan pada Gambar 1.

□ Tegangan Tarik

Dari Gambar 3 Grafik kekuatan tarik epoksi resin terlihat bahwa rasio epoksi resin dibuat perbandingan mula-mula yaitu 50-50, kemudian dinaikkan lagi rasionya menjadi 55-45, 58-42, dan 60-40, sampel-sampel tersebut memperlihatkan adanya kenaikan tegangan tarik berturut-turut yang semakin meningkat yaitu sebesar 49.72 ± 1.32 MPa, 51.83 ± 8.43 MPa, 54.14 ± 1.99 MPa dan 57.20 ± 2.95 MPa atau kenaikannya berkisar 15,04% dari nilai tegangan tarik yang tertinggi terhadap nilai tegangan tarik sampel acuan (rasio 50-50).



Gambar 3. Grafik kekuatan tarik epoksi resin

Kenaikan nilai tegangan tarik ini tidak terus bertambah pada rasio-rasio sampel berikutnya, terlihat bahwa tegangan tarik mulai menurun ketika rasio epoksi resin berada pada 62-38, 64-36 dan 67-33. Pada sampel ini tegangan tarik yang diperoleh berturut-turut sebesar

55.75 ± 4.92 MPa, 51.69 ± 5.72 MPa, dan 41.66 ± 3.99 MPa atau terjadi penurunan sebesar

2.60%, 7.85% dan 24.08% terhadap nilai tegangan tarik tertinggi yang diperoleh.

Dari sampel ini dapat dilihat bahwa tegangan tarik yang tertinggi diperoleh pada rasio epoksi resin 60-40, yaitu sebesar 57.20 ± 2.95

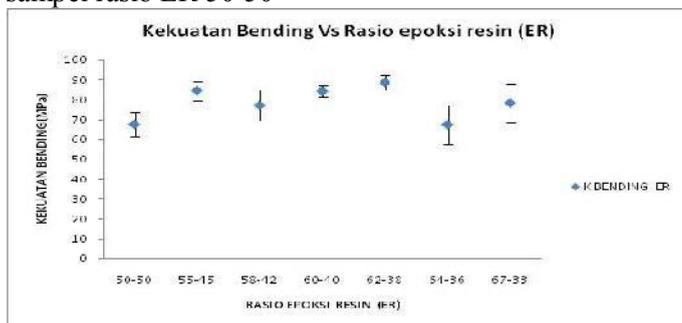
MPa dan tegangan tarik terkecil diperlihatkan pada rasio epoksi resin 67-33, yaitu sebesar 41.66 ± 3.99 MPa atau terjadi perbedaan sebesar 33.82% dari tegangan tarik maksimum terhadap tegangan tarik minimum.

PENGUJIAN BENDING MATRIKS EPOKSI RESIN (ER)

Hasil pengujian bending matriks epoksi resin (ER) meliputi tegangan bending, regangan bending dan modulus elastisitas bending dimana hasil pengujian bending epoksi resin ditunjukkan pada Gambar 4.

□ Tegangan Bending

Pada Gambar 4. Grafik kekuatan bending epoksi resin (ER) terlihat bahwa untuk sampel rasio ER 50-50, memberikan nilai tegangan bending sebesar 67.51 ± 6.05 MPa. Selanjutnya pada sampel rasio ER 55-45, tegangan tarik terus meningkat dengan nilai tegangan bending yang terpaut cukup besar dari sampel rasio ER 50-50



Gambar 4. Grafik kekuatan bending epoksi resin (ER)

Nilai tegangan bending pada sampel ini terjadi sebesar 84.56 ± 4.96 MPa. Terlihat adanya kenaikan nilai tegangan bending cukup besar yaitu 25.26% terhadap nilai tegangan bending sampel rasio ER 50-50. Ketika sampel rasio dinaikkan lagi menjadi sampel dengan rasio ER 58-42, terlihat bahwa nilai tegangan bendingnya menurun dan diperoleh sebesar 77.09 ± 7.79 MPa atau turun sebesar 9.69% terhadap nilai tegangan bending sampel rasio ER 55-45. Pada sampel rasio ER 60-40 terlihat tegangan bendingnya naik kembali dan diperoleh sebesar 84.27 ± 2.95 MPa atau naik sebesar 9.31% terhadap sampel ER 58-42. Selanjutnya sampel rasio ER 62-38 memberikan nilai tegangan bending yang juga naik, dimana nilainya diperoleh sebesar 88.68 ± 3.79 MPa atau

naik sebesar 5.23 % terhadap nilai tegangan bending sampel rasio ER 60-40. Pada sampel rasio ER 64-36, memperlihatkan nilai tegangan bending yang kembali turun dimana nilai tegangan bending yang diperoleh sebesar 67.35 ± 9.99 MPa atau turun sebesar 3.67% terhadap nilai tegangan bending sampel rasio ER 62-38. Untuk sampel dengan rasio ER 67-33, memberikan nilai tegangan bending yang kembali naik dengan nilai sebesar 78.28 ± 9.55 MPa atau naik sebesar 16.23% terhadap nilai tegangan bending sampel rasio ER 64-36.

Dari Gambar 4. Grafik kekuatan bending epoksi resin (ER) di atas terlihat bahwa rasio sampel uji yang ada dengan perbedaan rasio ER, kenaikan atau penurunan nilai tegangan bendingnya, terjadi secara acak pada beberapa sampel uji. Namun pada tiga sampel yang berurutan yaitu rasio ER 58-42, ER 60-40 dan ER 62-38, memperlihatkan nilai tegangan bending yang naik terus, sedangkan sampel lainnya memperlihatkan tegangan bending yang awalnya naik kemudian turun lagi ataupun sebaliknya (tidak berurut). Terlihat pula bahwa besarnya nilai tegangan bending sampel rasio ER 50-50 dengan sampel rasio ER 64-36, memberikan nilai yang hampir sama yaitu 67.51 ± 6.05 MPa dan 67.35 ± 9.99 MPa. Nilai tegangan bending yang terbesar diberikan pada sampel rasio ER 62-38 sebesar 88.68 ± 3.79

MPa dan nilai tegangan bending terkecil diperlihatkan pada sampel rasio ER 64-36 sebesar 67.35 ± 9.99 MPa.

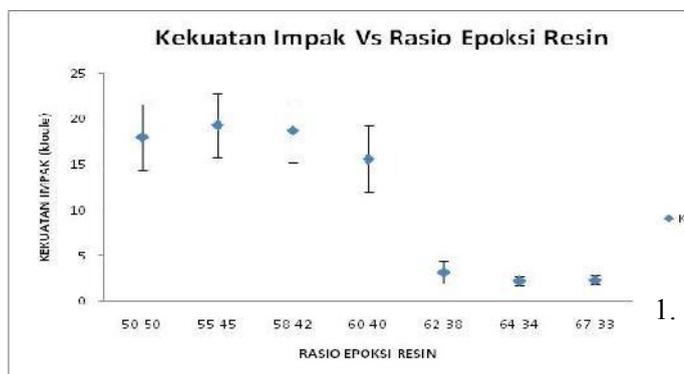
HASIL PENGUJIAN IMPAK EPOKSI RESIN (ER)

Hasil pengujian impact matriks epoksi resin (ER) meliputi kekuatan impact dan Energi serap dimana hasil pengujian bending epoksi resin ditunjukkan pada Gambar 5.

□ Kekuatan Impact

Pada Gambar 5. Grafik kekuatan impact epoksi resin (ER) di atas, terlihat sampel rasio ER 50-50 memberi nilai kekuatan impact sebesar 17.96 ± 3.61 kJ/m². Selanjutnya sampel rasio ER 55-45 memberi nilai kekuatan impact sebesar 19.82 ± 3.54 kJ/m² dimana nilai kekuatan impact ini merupakan nilai kekuatan impact yang tertinggi atau terbesar diantara sampel rasio epoksi resin di atas. Terlihat adanya kenaikan sebesar 10.36% terhadap nilai kekuatan impact sampel rasio ER 50-50. Pada

sampel rasio ER 58-42, nilai kekuatan impact yang diberikan sebesar $18.68 \pm 3.48 \text{ kJ/m}^2$, atau terjadi penurunan sebesar 6.10% terhadap nilai kekuatan impact pada sampel rasio ER 55-45.



Gambar 5. Grafik kekuatan impact epoksi resin (ER)

Selanjutnya sampel rasio ER 60-40, memberi nilai kekuatan impact yang tetap terus menurun, dimana nilainya diperoleh sebesar $15.56 \pm 3.63 \text{ kJ/m}^2$ atau turun sebesar 20.05% terhadap nilai kekuatan impact sampel rasio ER 58-42. Pada sampel dengan rasio ER 62-38, terlihat nilai kekuatan impactnya melonjak turun secara drastis dari nilai $15.56 \pm 3.63 \text{ kJ/m}^2$ menjadi $3.16 \pm 1.27 \text{ kJ/m}^2$ atau turun sebesar 392.41% terhadap nilai kekuatan impact sampel rasio ER 60-40. Begitupula pada sampel rasio ER 64-36, terlihat nilai kekuatan impactnya tetap menurun namun penurunannya tidak signifikan dengan sampel sebelumnya yang turun sebesar 392.14%. Penurunan yang terlihat pada sampel ini dari nilai $3.16 \pm 1.27 \text{ kJ/m}^2$ menjadi $2.21 \pm 0.47 \text{ kJ/m}^2$ atau turun sebesar 42.99% terhadap sampel rasio ER 62-38. Selanjutnya untuk sampel dengan rasio ER 67-33, nilai kekuatan impactnya terlihat sedikit naik dari sampel sebelumnya, dimana nilai sebelumnya diperoleh $2.21 \pm 0.47 \text{ kJ/m}^2$ menjadi $2.28 \pm 0.52 \text{ kJ/m}^2$ pada sampel ini. Selisih kenaikannya terpaut hanya sebesar 0.07 kJ/m^2 atau naik sebesar 3.17% terhadap nilai kekuatan impact sampel rasio ER 64-36.

KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa sifat kekuatan tarik yaitu tegangan tarik yang terbesar diperoleh pada percampuran ER 60-40 sebesar $57.20 \pm 2.95 \text{ MPa}$

dan yang terkecil diperoleh pada ER 67-33 Sebesar $41.66 \pm 3.99 \text{ MPa}$, untuk tegangan bendungnya diperoleh pada percampuran ER 62-38 sebesar $88.68 \pm 3.79 \text{ MPa}$ dan yang terkecil diperoleh pada ER 64-36 Sebesar $67.35 \pm 9.99 \text{ MPa}$, sedangkan kekuatan impact yang terbesar diperoleh pada percampuran ER 55-45 sebesar $19.82 \pm 3.54 \text{ kJ/m}^2$ dan yang terkecil diperoleh pada ER 64-36 sebesar $2.21 \pm 0.47 \text{ kJ/m}^2$.

DAFTAR PUSTAKA

- Berahim. H dkk., 2006, "Influence Of The Filler Treatment On Dielectric Properties Of Silane Epoxy Resins In Tropical Climate" IEEE 2006 Universitas Teknologi Malaysia.
- Jatmiko dan Asy'ari. H., 2003, "Tegangan Flashover Pada Bahan Isolasi Resin Epoksi (DGBA) Yang Terpengaruh Oleh Polutan Garam Parangtritis" Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Emitor Vol 3 No. 2 September 2003.
- Lee H and Neville K., 1967, "Hand book Of Epoxy Resins" McGraw-Hill, Inc USA.
- Ray, D and Raut, J., 2005, Thermoset Biocomposit, "Natural Fibers, Biopolimers Dan Biocompositer" Taylor and Francis.
- Suryantoro dan Susilowati D., 2002, "Immobilisasi limbah cair tru dari instalasi radiometalurgi dengan resin epoksi (EPOSIR 7120)", Hasil penelitian Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif (P2PLR) tahun 2002.
- Syafriyudin., 2009, "Pengujiian Kandungan ESDD Dan Sifat Hidrofobik Bahan Isolasi Resin Epoksi Dengan Pengisi Sekam Padi" jurnal teknologi volume 2 nomor 2 desember 2009,143-149.
- Syakur A dkk., 2008, "Studi Pengukuran Discharge Pada Bahan Resin Epoksi" Transmisi Jurnal Teknik Elektro, Jilid 10, Nomor 1, Maret 2008, hlm 49-52.