

Kajian Ilimiah terhadap Proses Pembuatan Kenaf dengan Propilena (Polypropylene and Kenaf Manufacturing Process: A Review)

Norjamalullail Tamri^{a*}, Rozli Zulki li^a, Che Husna Azhari^a & Albert Uchenna Ude^b

^aJabatan Kejuruteraan Mekanikal dan Pembuatan
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi

^bDepartment of Mechanical, Energy, & Industrial Engineering,
Faculty of Engineering, Botswana International University of Science & Technology

*Corresponding author: n.jamalullail@gmail.com

Received 27 July 2020, Received in revised form 31 December 2020
Accepted 3 February 2021, Available online 30 November 2021

ABSTRAK

Proses pembuatan pada bentuk terawalanya, hanya terdiri daripada seorang pekerja yang mahir dan pembantunya sahaja tetapi, selepas revolusi perindustrian, proses pembuatan menjadi industri berskala besar. Sistem kilang pertama kali diadopsi di Britain pada awal revolusi perindustrian pada akhir abad ke-18. Konsep untuk membuat komposit adalah secara acuan terbuka dan tertutup. Tujuan kajian adalah untuk mengkaji apakah kaedah yang dijalankan oleh pengkaji ilmiah di dalam penggabungan polimer propilena dengan bahan sumber alam, Kenaf. Di dapati hampir kesemua pengkaji menggunakan teknik yang hampir sama iaitu proses tekanan panas (hot press) dan pengacuan suntikan (selepas bahan dikampaun). Proses tekanan panas juga dikenali sebagai compression molding atau teknik matched die. Proses ini mirip dengan proses sheet metal forming. Kaedah pengadunan pula menggunakan mesin kampaun adalah untuk mencampurkan dua atau lebih bahan menjadi satu jisim homogen di dalam satu proses yang berterusan. Dari proses mesin kampaun, palet dihasilkan, maka dari bahan yang berbentuk palet, kaedah pengacuan suntikan digunakan untuk menghasilkan sampel atau dumbbell. Setiap kajian telah membuktikan akan keberkesaann campuran serta teknik pembuatannya, tetapi ianya berakhir di situ sahaja tanpa kesinambungan. Adalah menjadi satu menafaat jika setiap kajian boleh diteruskan dengan menghasilkan produk yang boleh digunapakai di dalam industri. Kebolehgunaan ini akan mendorong para penyelidik untuk berusaha meneroka kaedah atau teknik pembuatan yang lebih mudah tetapi di dalam kos yang rendah

Kata kunci: Kenaf; propilena; proses tekanan panas; pengacuan suntikan; pembuatan

ABSTRACT

The manufacturing process in its earliest form, consisted only of one skilled worker and his assistant but, after the industrial revolution, the manufacturing process became a large-scale industry. The factory system was first adopted in Britain at the beginning of the industrial revolution in the late 18th century. The concept for making composites is with open and closed mold. The purpose of the study is to study the methods by scientific researchers in the combination of polypropylene polymer with natural source material, Kenaf. It was found that almost all researchers use the same technique, namely the process of hot press and injection molding (after compounded). The hot press process is also known as compression molding or matched die technique. This process is similar to the sheet metal forming process. The method of blending using a compound machine combine two or more ingredients into one homogeneous mass in a continuous process. From the process, a pallet is produced, then from a pallet-shaped material, the injection molding method is used to produce a sample or dumbbell. Every study has proven the effectiveness of the mixture as well as its manufacturing techniques, but it ends in research arae. It is a benefit if every study can be continued by producing products that can be used in the industry. This usability will encourage researchers to explore simpler but less costly manufacturing methods or techniques

Keywords: Kenaf; polypropylene; hot press; injection molding; manufacturing

PENGENALAN

Sistem pembuatan adalah proses menukarkan bahan mentah ke dalam produk siap melalui operasi perindustrian skala besar. Pengeluaran kata kerja, mengikut kamus Merriam-Webster adalah sebagai "proses pembuatan barang dengan tangan atau mesin terutama apabila dilakukan secara sistematik dengan pembahagian tugas". Jenis proses pembuatan adalah bergantung kepada kemudahan, kemahiran pekerja dan sistem maklumat yang ada tetapi tidak harus dilupakan adalah ia tertakluk kepada kehendak pelanggan serta jumlah harga produk yang perlu dihasilkan. Jika kita menggunakan mesin atau acuan yang canggih tetapi harganya melampaui batasan yang dikehendaki oleh pelanggan, maka ia juga tidak boleh diterima. Proses pembuatan adalah langkah-langkah yang harus dialami sebelum bahan-bahan mentah diubah menjadi produk akhir (Crainer 2000).

Proses pembuatan pada bentuk terawal hanya terdiri daripada seorang pekerja yang mahir dan pembantunya sahaja tetapi selepas revolusi perindustrian proses pembuatan menjadi industri berskala besar. Di dalam dunia pra-industri, kebanyakan proses pembuatan dilaksanakan di kawasan luar bandar di mana proses pembuatan berasaskan industri dari rumah (*household-based manufacturing*) dan seterusnya bergerak menjadi satu industri kecil, sederhana dan besar (Mokyr 2001).

Sistem kilang pertama kali diadopsi di Britain pada awal revolusi perindustrian pada akhir abad ke-18 dan kemudian tersebar di seluruh dunia. Ciri utama sistem kilang adalah penggunaan mesin yang pada asalnya menggunakan tenaga air atau wap dan kemudiannya menggunakan sumber tenaga elektrik. Peningkatan penggunaan berskala ekonomi, pemusatan kilang dan penyeragaman alat ganti diadopsi dalam sistem pembuatan Amerika pada abad kesembilan belas (Zulkepli et al. 2019).

Penggunaan komposit pertama bermula pada tahun 1500-an SM di mana ketika penduduk awal Mesir dan peneroka Mesopotamia menggunakan campuran lumpur dan jerami untuk membuat bangunan yang kuat serta tahan lama. Menjelang akhir Perang Dunia II, industri komposit kecil telah berkembang dengan pesat, bermula dengan permintaan yang rendah untuk produk ketenteraan, berkembang bila sebilangan kecil pengusaha komposit telah memperkenalkan komposit ke pasaran lain. Berdasarkan sifat sebuah bot atau kapal yang sangat sesuai untuk komposit, maka satu kapal komersial pertama yang dihasilkan dari komposit pada tahun 1946. Pada tahun 1970-an industri komposit mula bertambah berkembang (Nagavally 2016). Penghasilan resin plastik yang lebih baik dan serta penciptaan gentian yang lebih kukuh mula dilaksanakan pada era zaman ini. Syarikat DuPont

menghasilkan gentian aramid yang dikenali sebagai Kevlar, gentian ini telah menjadi satu perisai untuk sistem pertahanan negara kerana ia mempunyai ketahanan yang amat tinggi (Nagavally 2016).

Bahan komposit adalah sejenis bahan yang terdiri daripada dua atau lebih bahan (bercampur dan terikat) pada skala makroskopik. Contohnya, konkrit terdiri daripada simen, pasir, batu, dan air. Sekiranya komposisi berlaku pada skala mikroskopik (tahap molekul), bahan baru itu kemudiannya disebut aloi untuk logam atau polimer untuk plastik. Secara amnya, bahan komposit terdiri daripada tetulang (serat, zarah, serpihan, dan / atau pengisi) yang tertanam dalam matriks (polimer, logam, atau seramik). Matriks bertetulang untuk membentuk bahan yang diinginkan sementara tetulang meningkatkan sifat mekanikal keseluruhan matriks bahan tersebut. Apabila dirancang dengan betul, bahan baru ini akan mempunyai kekuatan yang lebih baik daripada setiap bahan asal.

PROSES PEMBUATAN KOMPOSIT

Proses pembuatan untuk membuat komposit boleh dibahagikan dengan dua proses iaitu acuan terbuka dan tertutup. Pada proses acuan terbuka, keadaan permukaan yang terkena matriks tidak dapat dikawal, proses ini adalah terdiri dari pencetakan tangan (*hand layup*), penyemburan (*spray up*) dan filament winding. Acuan tutup pula lebih praktikal, ia dikenali sebagai *Liquid Composite Moulding* (LCM). Proses ini dilaksanakan dengan gentian diisi di kedua-dua sisi acuan dan resin pula dimasukkan ke dalam rongga acuan di antara laminasi tersebut. Proses ini juga dikenali sebagai infusi vakum, pultrusion, *Resin Transfer Moulding* (RTM) dan *Light Resin Transfer Moulding* (LRTM), walaupun secara dasarnya sama tetapi setiap proses mempunyai kelainan dari segi perjalanan dan hasilnya (Zulkepli et al. 2019).

Sehingga kini, sistem pengacuan suntikan (*Injection Molding*), penyemperitan (*Extrusion*), dan pengacuan mampatan (*Compression Molding*) atau proses tekanan panas (*Hot Press*) adalah proses pembuatan utama untuk polimer komposit. Secara amnya, kaedah pemrosesan untuk polimer terbiodegradasi seperti *polylactide* (PLA) serupa dengan yang dikembangkan untuk bahan komposit konvensional. Menurut Barkoula et al. (2010), komposit yang dihasilkan melalui pengacuan suntikan menunjukkan kekuatan hentakan yang lebih rendah daripada proses pengacuan mampatan. Menurut Saad (2011), kekuatan tegangan, kekuatan hentaman, dan pembengkakan ketebalan untuk sampel yang dirawat dengan MAPP memberikan prestasi yang lebih baik berbanding dengan komposit yang tidak dirawat. Lee et al. (2010) telah menggunakan teknik

tekanan panas untuk menilai kesan orientasi gentian panjang kenaf dan sifat laminat. Hasil kajian menunjukkan bahawa sifat mekanik bertambah baik apabila kandungan gentian meningkat dan berorientasikan selari dengan arah pemuatan.

Salah satu pendekatan yang menarik untuk meningkatkan sifat mekanik dan memberikan kebolehterbaikan adalah dengan menggunakan gentian sumber alam untuk mengukuhkan campuran Propilena (PP). Gentian sumber alam lebih disukai kerana ia dapat dibiodegradasi sepenuhnya di persekitaran semula jadi dan dapat dikekalkan sepenuhnya. Kajian terdahulu telah menyelidiki campuran polimer sintetik dan boleh terurai yang dipenuhi dengan gentian sumber alam. Sebagai contoh, serat kapas dijelaskan dalam literatur sebagai penguat polimer termoplastik berasaskan kanji dan campuran. Sebilangan besar gentian sumber alam terdiri daripada selulosa, hemiselulosa dan lignin dalam jumlah relatif yang berbeza. Oleh itu, apabila gentian sumber alam dicampurkan dengan termoplastik dan campurannya, maka sifat mekaniknya menjadi bertambah baik. Ia mendapati bahawa sifat mekanik gentian flax (*Flax Fiber*) / komposit PP adalah yang produk gabungan yang terbaik semasa proses tekanan panas dengan suhu kepanasan hanya 180°C dan masa pemproses hanya 40 minit sahaja (Nam et al. 2014).

KOMPOSIT POLIMER (PROPILENA DENGAN KENAF)

Poliiolefin yang paling kerap dikaji, termasuk polietilena dan propilena. Plastik ini mempunyai pelbagai sifat dengan kombinasi ringan, kekuatan tinggi dan kemudahan proses. Sebilangan poliiolefin cair di bawah tahap suhu 200°C, ia menjadikannya pilihan polimer yang sesuai untuk pengeluaran komposit hibridisasi berasaskan gentian sumber alam (Schirp dan Su 2016).

Komposit bertetulang kenaf adalah salah satu bidang yang paling banyak dikaji. Kenaf adalah tanaman tahunan herba yang terdapat dalam pelbagai keadaan cuaca. Ia ditanam secara aktif sejak tumbuh dengan cepat dan dapat dituai dengan kos yang sangat rendah. Di antara serat lignoselulosa, kenaf menarik perhatian khusus kerana sifat mekaniknya yang baik dan peningkatan penanamannya di banyak negara yang membangun dan negara maju. Gentian kenaf memberikan nilai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Mereka mempunyai nisbah aspek yang lebih tinggi dan ini menjadikannya sesuai sebagai pengukuhan dalam komposit polimer. Memandangkan isu persekitaran global baru-baru ini dan sumber gentian yang tidak mencukupi, penyelidikan di seluruh dunia mula menunjukkan minat untuk memanfaatkan potensi penuh kenaf dan pelbagai

kegunaannya (Sarifuddin et al. 2013).

Mansor et al. (2013) menggunakan Proses Hierarki Analitik untuk memilih gentian sumber alam yang sesuai daripada 13 jenis bahan gentian didalam usaha untuk menggabungkan (secara individu) dengan gentian kaca untuk menghasilkan tuas brek automotif. Mereka mendapati bahawa gentian kenaf menghasilkan skor tertinggi jika dibandingkan dengan yang lain (Mansor et al. 2013).

Industri pada masa kini mampu menghasilkan komposit bertetulang kenaf menggunakan pelbagai kaedah pemprosesan termasuk pengacuan mampatan, tekanan panas dan teknik pultrusion. Walau bagaimanapun, kaedah pemprosesan konvensional ini tidak sesuai untuk pengeluaran dengan jumlah yang tinggi terutamanya untuk komponen automotif. Oleh itu, pengacuan suntikan plastik nampaknya merupakan alternatif yang ideal untuk komposit gentian sumber alam yang menawarkan intoleransi tinggi, geometri kompleks, masa kitaran pendek dengan kos yang lebih rendah. (Radzi et al. 2015).

Kenaf, (dari kumpulan hibiscus fiber) didapati mempunyai sumber gentian penting untuk komposit dan aplikasi industri lain. Gentian kenaf bast mempunyai potensi tinggi sebagai gentian penguat dalam komposit termoplastik kerana kekuatannya yang tinggi dan nisbah aspek yang tinggi berbanding dengan gentian sumber alam yang lain. Gentian kenaf tunggal boleh mempunyai kekuatan tegangan dan modulus setinggi 11.9 GPa dan 60.0 GPa masing-masing (Karnani et al.1997).

Konsep untuk membuat komposit adalah secara acuan terbuka dan tertutup. Acuan terbuka sesuai untuk menghasilkan bahagian isi padu yang rendah dan harganya lebih murah daripada acuan tertutup. Kelebihan penggunaan teknik acuan terbuka adalah keberkesannya dan menggunakan bahan teras berketumpatan rendah. Sementara itu untuk konsep acuan tertutup, ia lebih banyak menghasilkan produk dengan kos buruh yang lebih rendah. Manfaat lain adalah penggunaan acuan tertutup akan mengurangkan sisa dan pelepasan bahan terurai ke udara yang sedikit semasa pemprosesan. Ia bagus untuk persekitaran yang bersih serta menggunakan bahan terbuang yang sedikit serta dapat mengurangkan kos pelupusan (Zulkepli et al. 2019).

KAJIAN ILMIAH

Dalam kajian ilmiah yang hanya memfokuskan kajian terhadap gabungan polimer komposit yang berasaskan propilena dan bahan sumber alam kenaf, terdapat hanya dua kaedah yang utama iaitu kaedah tekanan panas dan pengacuan suntikan. Di antara kajian tersebut adalah seperti Gibeon Nam dalam kajian nya menyatakan

spesimen komposit disediakan dengan menggunakan mesin pengacuan suntikan. Sebelum menggunakan mesin ini, gentian serta matriks dicampurkan dalam mesin pengaduan (*extruder*) berskru kembar sebanyak dua kali. Proses ini dilaksanakan pada suhu kepanasan 170°C dengan nisbah berat 3:10 (Kenaf: PP). Acuan yang digunakan untuk menghasilkan spesimen mengikut Piawaian Perindustrian Jepun JIS K 7139 (Nam et al. 2014).

Selain dari bahan PP dan kenaf, poli-polipropilena anhidrida-molekul (MAPP) dicampurkan dengan menggunakan pengadun dalaman untuk meningkatkan hubungan permukaan antara gentian dan matriks (Loh et al. 2016). Mesin tekanan panas digunakan selama 6 minit kemudian diikuti dengan penyejukan secara suhu bilik selama 15 minit. Bahan Polypropylene Maleic Anhydride (PPMAH) dimasukkan sebagai agen pemangkin ke dalam pencampuran PP dengan kenaf fiber (KP). Kajian dijalankan dengan percampuran dan penyediaan kompaun pula dilakukan dengan menggunakan pengadun yang dipanaskan pada suhu 180°C selama 7 minit. Kemudian, campuran tersebut dibentuk menjadi kepingan setebal satu milimeter (mm) dengan menggunakan mesin tekanan panas pada suhu 180°C selama 12 minit. Kepingan ini pula dipotong menjadi bentuk dumbbell untuk tujuan ujian tekanan tegangan (Mustaffa et al. 2018). Polipropilena yang berbentuk lembaran (*sheet*) digunakan untuk kajian seterusnya di mana kenaf yang berbentuk tikar dipotong dalam bentuk segi empat sama (30 cm × 30 cm) sebelum dikeringkan di dalam ketuhar pada suhu 110°C selama 7 jam. Kemudian, tikar kenaf diapit di antara lembaran PP yang ditimbang dan dibungkus dengan menggunakan kepingan Teflon®. Penggunaan mesin tekanan panas digunakan dengan tekanan setinggi 3.5 MPa selama 20 minit pada suhu 210°C. Bahan-bahan tersebut kemudiannya disejukkan di bawah tekanan bilik selama 3 minit (Tholibon et al. 2019).

Dalam kajian yang dijalankan oleh Byoung-Ho Lee et al. (2009) pula, beliau mengkaji gentian yang disediakan menggunakan mesin lekapan (*Carding*) yang mana ia mencampurkan gentian sumber alam secara seragam dengan bahan PP. Sebelum proses lekapan dijalankan, gentian sumber alam, kenaf dikeringkan selama 12 jam pada suhu 100°C. Kenaf dimasukkan ke dalam mesin dengan bahan PP untuk menghasilkan preform campuran. Preform tersebut ditekan dengan menggunakan plate panas untuk mengurangkan isipadu mereka serta memampatkan preform tersebut. Kemudian, preform dipindahkan ke dalam mesin tekanan panas, di mana proses tersebut menggunakan tekanan 70 kgf / cm² selama 5 minit pada suhu 200°C. Semasa proses penekanan panas, bahan PP mencair dan mengalir keluar antara gentian sumber alam dan seterusnya membentuk fasa matriks secara berterusan (Lee et al. 2009). Kajian penggunaan PP, kenaf dan tepung

kayu yang ditimbang dan dibungkus secara berasingan mengikut kadar yang ditetapkan dijalankan oleh Jamal M pada tahun 2007. MA dan DCP juga ditambahkan pada kadar 1 dan 0.1 % dari berat setiap bungkusan. Bahan ini kemudian diadun pada suhu 1800°C selama 8 minit pada kelajuan 60 rpm menggunakan pengadun (Internal mixer) (HAAKE SYS 9000). Bahan-bahan yang dikompaun kemudian digiling untuk dijadikan butiran dengan menggunakan mesin grinder (WIESER, WGLS 200/200). Campuran kemudian dikeringkan pada suhu 105°C selama 4 jam. Spesimen ujian disuntik dengan menggunakan mesin pengacuan suntikan pada suhu 1900C dan tekanan suntikan 7 MPa untuk menghasilkan spesimen ujian tekanan tegangan mengikut piawaian ASTM D638. Spesimen disimpan dalam keadaan terkawal (kelembapan relatif 50% dan 23°C) selama sekurang-kurangnya 40 jam sebelum diuji (Mirbagheri et al. 2007).

H. Anuar et al. (2011) pula menjalankan ujikaji terhadap komposit PP/EPDM-Kenaf dengan gentian kenaf dengan menggunakan kaedah Pengadun (*Melt Blending*). Kenaf digiling dengan menggunakan mesin penggulung (*Roll Mill*). Kelajuan motor mesin yang diselaraskan pada 80rpm dan panjang kenaf yang diperolehi adalah dalam lingkungan 0.05 mm. Gentian kenaf kemudian diayak menggunakan mesin pengayak untuk memastikan ukuran setiap butiran gentian adalah di dalam lingkungan 300-500 µm. Untuk mengatasi masalah kelembapan yang berlebihan, gentian kenaf dikeringkan dalam oven (Contherm Thermotec 2000) selama 24 jam pada suhu 110°C. Campuran polimer berdasarkan PP dan EPDM dibuat dengan kaedah pencampuran dalam nisbah 70:30 menggunakan mesin pencampur (*mixer*)(HAAKE Rheomix 600p). Proses pengadunan dilakukan pada suhu 180°C, dikelajuan rotor 40 rpm selama 10 minit. Komposit PP / EPDM-KF dikompaun dengan menggunakan mesin pencampur yang sama. Matriks PP / EPDM akan ditambah dengan gentian kenaf bast yang berbeza dari kadar 0% sehingga 20 %. Komposit dibuat menggunakan parameter pemprosesan yang sama seperti dalam penyediaan matriks. Kompaun tersebut kemudian disuntik ke dalam acuan untuk membentuk dumbbell dengan menggunakan mesin pengacuan suntikan pada tekanan suntikan (800 bar), kelajuan suntikan (170 mm / s) dan masa penyejukan (10 s) (Anuar, H. et al. 2011). Dalam kajian yang lain pula, bahan PP (TITANPRO PX 617) dalam bentuk palet dan serbuk (HM20 / 70P) yang dibekalkan oleh Lotte Chemical Titan (M) Sdn. Bhd., Malaysia dan Goonvean Fibers Ltd., United Kingdom masing-masing telah dikaji oleh Puan Dulina. Sampel disediakan dengan kaedah penekanan tekanan panas di mana gentian akan meluruskan arah yang bertentangan serta bergabung dengan dua lembaran filem PP. Sebelum itu, gentian akan disebatkan secara manual dalam bekas serbuk PP untuk memastikan kesabitan

diantara satu sama lain (Tholibon et al. 2017).

Dari Ayou Hao et al. (2013) pula, gentian kenaf panjang purata 50.8 mm dan kehalusan 7 denier digunakan untuk lembaran bukan tenunan dan ikatan. Gentian kenaf dan PP dikondisikan pada suhu 22°C dan 3% kelembapan selama 48 jam sebelum diproses. Tidak ada rawatan kimia diberikan kepada gentian kenaf dan PP. Pembuatan lembaran melibatkan tiga langkah: pelekapan, penusukan jarum, dan pemampatan terma. Gentian kenaf yang bertindak sebagai penguat dibuka secara manual dan dicampur dengan serat PP dalam nisbah berat 50/50. Campuran itu kemudian dimasukkan ke dalam mesin lekapan (Carding F015D) untuk menghasilkan jaringan gentian. Seterusnya, lembaran ini dipotong menjadi segmen berukuran 0.3 m x 0.3 m. Sampel dibentuk dengan menggunakan mesin tekanan panas (MEYER_ Transfer Printing and Laboratory Press System (Type APV 3530/16). Selepas proses mampatan, sampel dipindahkan ke sepasang plat sejuk dan ditekan pada suhu 105 Pa selama 30 saat untuk mendapatkan permukaan yang nipis dan padat. Lembaran 6 mm kemudian dipotong menjadi bentuk dumbbell untuk proses pengujian seterusnya (Hao et al. 2013). Dari sumber kajian yang lain, Puan Dulina juga menjalankan kajian terhadap PP dan kenaf dengan menyediakan sampel komposit mengikut kaedah tekanan panas di mana sampel kepingan rata dihasilkan dengan menggunakan acuan yang terdiri daripada dua plat. Proses penekanan berlaku apabila semua gentian dan matriks ditekan bersama semasa ia sedang panas dan tekanan yang diberikan mengikut masa yang ditentukan. Parameter pemrosesan untuk sampel direkodkan. Penyediaan komposit melibatkan dua langkah, penyediaan dua kepingan menggunakan pelet PP diikuti dengan fabrikasi komposit dengan memasang gentian panjang kenaf dengan serbuk PP diletakkan di antara dua lapisan lembaran PP (Tholibon et al. 2016).

Menurut kajian ilmiah seterusnya dijalankan oleh Radzi et al. dengan menekan kaedah pengacuan suntikan terhadap PP dan kenaf. Bahan yang digunakan dalam kajian ini adalah 20 gentian kenaf mesh dan PP yang mana berada di dalam bentuk pengisi (filler) dan palet. Ukuran pengisi untuk 20 kenaf mesh diukur dengan menggunakan penganalisis zarah Malvern dengan ukuran D_{50} 992.3 μm . Lotte Chemical Titan (M) Sdn. Bhd., Malaysia membekalkan matriks PP SM850 dengan indeks Melt Flow 45 g / 10 min. Matriks ini sesuai digunakan untuk mesin pengacuan suntikan bahan komposit. Dalam kajian ini, susunan ortogonal Taguchi (OA) digunakan untuk menentukan jumlah minimum ujian eksperimen bagi mengoptimalkan kesan penyelarasan parameter kawalan untuk menghasilkan sifat mekanik komposit tertinggi. Parameter yang terpenting adalah suhu barrel, tekanan suntikan, tekanan pegangan dan kadar kelajuan suntikan. Parameter lain yang

perlu diselaraskan adalah; suhu acuan (35°C), masa penyejukan (15 s), dan masa tekanan pegangan (10 s). Nilai parameter boleh mempengaruhi kualiti komposit. (Radzi et al.). Komposit terdiri daripada PP, KF dan Magnesium Hydroxide (MH) kalis api disatukan dan dikaji oleh C.H. Lee. Ejen pemangkin Maleated Polypropylene (MAPP) ditambahkan pada kadar 3% untuk setiap komposisi komposit bagi meningkatkan interaksi permukaan. PP tulen digunakan sebagai sampel kawalan. Enam belas komposisi berbeza disediakan untuk dibuat kajian. Kesemua bahan dikeringkan pada suhu 500C selama 24 jam. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan mesin tekanan panas (HaakeRheocord) pada suhu 1700C pada 50 putaran per minit (rpm) selama 15 minit. PP dan gentian kenaf dicampur dengan MAPP serta MH dengan menggunakan mesin pengadun. Bahan PP dimasukkan dan dicairkan selama 5 minit, kemudian gentian kenaf, MAPP dan MH ditambahkan ke matriks PP cair dan dicampur selama 10 minit lagi. Campuran kemudian dikeluarkan dari mesin pengadun ketika masih panas dan terus dimasukkan ke acuan persegi 1 mm x 3 mm. Mesin tekanan panas (Scientific Laboratory Hydraulic) digunakan untuk proses pra-pemanasan dan pemampatan akhir dengan mengikut parameter masing-masing (suhu 200°C selama 5 minit). Lembaran yang dimampatkan disejukkan selama 5 minit pada suhu 50°C (Lee et al. 2017).

Seong Ok Han pula dalam kajiannya menyatakan bahawa komposit yang dibuat dengan campuran gentian kenaf dengan pelet PLA atau serbuk PP dengan menggunakan mesin pengacuan semperitan Twinscrew. Kelajuan skru diselaraskan pada kelajuan 150 rpm, masa tinggal bahan di penyemperitan ditetapkan kepada 3min dan suhu barrel pada tahap 180°C. Sampel spesimen dibuat dengan menggunakan mesin pengacuan suntikan dengan suhu acuan $T_{\text{mold}} = 750\text{C}$ dan tekanan proses (suntikan dan pegangan) pada tahap 110 psi. Kandungan gentian kenaf yang digunakan pula dibuat pada kadar 0, 20, 30, dan 40% (Han et al. 2012). En Anuar pula dalam kajian yang berlainan menjumpai komposit dari gentian yang berbentuk tikar bukan tenunan kenaf yang digabungkan dengan PP. Gentian tikar bukan tenunan dipotong menjadi 30 cm x 30 cm dan diletakkan di antara dua plat aluminium. Kedua-dua plat ini kemudian ditekan di antara dua plat mesin hot press pada ketebalan 6 mm. Tekanan, suhu dan masa pemampatan ditetapkan pada 15 Mpa, 190°C dan 20 minit. Lembaran KPNC setebal 6 mm kemudian dipotong menjadi ukuran dan bentuk dumbbell khusus untuk ujian tekanan tegangan (Anuar et al. 2017).

KEPUTUSAN

Sebanyak 30 kertas ilmiah telah dikaji dan diplotkan didalam sebuah matrik seperti yang dilampirkan dibawah:

JADUAL 1. Carta kajian yang diselidik

No.	Rujukan	Tambahan	Proses awal		Proses akhir	
			Percampuran	Lain Lain	H. P	Suntikan
1	Abdullahi, T. et al. 2008		√	Dihancurkan (<i>crusher</i>)	√	
2	Nam, G. et al. 2014		√	Pengadunan		√
3	Loh, X.H. et al. 2016	MAPP	√		√	
4	Mustaffa, Z. et al. 2018	PPMAH	√		√	
5	Tholibon(a), D. et al. 2019			Potong empat segi letak secara sandwich	√	
6	Lee, B.H. et al. 2009			Mesin Llekapan untuk menyulam gentian	√	
7	Mirbagheri, J. et al. 2007	Wood Flour	√			√
8	Anuar, H. et al. 2011		√	Digiling dan diayak dengan mesin serta dioven serta diadun		√
9	Tholibon(b), D. et al. 2017			Potong empat segi gentian dan guna PP kemudian diletak secara sandwich	√	
10	Hao, A. et al. 2013			Mesin Lekapan untuk menyulam gentian	√	
11	Tholibon(c), D. et al. 2016			Gentian panjang kenaf dengan serbuk PP diletakan di antara dua lapisan lembaran PP	√	
12	Radzi (a), M.K.F.M. et. al		√	Pengadunan		√
13	Lee, C.H. et al. 2017	MAPP & MH	√		√	
14	Han, S.O. et al. 2012	PLA	√	Pengadunan		√
15	Anuar, H. et al. 2017.			Menggunakan lembaran	√	
16	Karnani, R. et al. 1997	MAPP		Pengadunan		√
17	Meon, M.S. et al. 2012.	MAPE & MAPP		Digulung kemudian dicincang sebelum dihancurkan (<i>crusher</i>)	√	
18	Ismail, M.F. et al. 2019.			Hand layout kemudian tekanan panas	√	
19	Wambua, P. et al. 2001			Filem PP disusun di antara tiga lapisan kenaf	√	
20	Radzuan, N.A.M. et al. 2019			Dihancurkan (<i>crusher</i>) serta Kampaun		√
21	Suherman, H. et al. 2019.		√		√	
22	Zampaloni, M. et al. 2007			Kenaf dicincang, PP Power diapit oleh lembaran PP	√	
23	Idumah, C.I. et al. 2016	NP & MAPP	√	Hancurkan jadi tepung (<i>powder</i>) kemudian Kampaun baru disuntik		√
24	Radzi (a), M.K.F.M. et. al 2015		√			√
25	Saad M.J.2011		√		√	
26	Amran, M. et al. 2014		√		√	
27	Rowell, R.M. et al. 1999	MAPP		Pengadunan		√

bersambung...

sambungan...

28	Radzi (b), M.K.F.M. et. al. 2018		Dihancurkan (<i>crusher</i>)	√
29	Razak, Z. et al. 2018	MAPP	Pengadunan	√
30	Sanadi A.R., et al. 2008	Wood & MAPP	Pengadunan	√
			Jumlah	17
			Peratusan	57 %
				13
				43 %

CATATAN

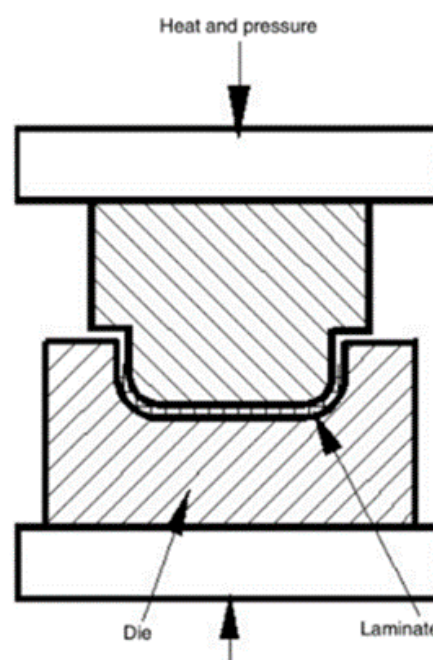
MAPP	Maleic Anhydride-Grafted-Polypropylene
PPMAH	Polypropylene Maleic Anhydride
MH	Magnesium Hydroxide
MAPE	Maleate Polyethylene
GNP	Exfoliated Grapheme Nano platelets

Dari kajian yang dijalankan seperti jadual di atas mendapati hampir kesemua pengkaji menggunakan teknik yang hampir sama iaitu tekanan panas dan pengacuan suntikan (selepas bahan dikampaun).

PROSES TEKANAN PANAS (*HOT PRESS*)

Proses ini juga dikenali sebagai *compression molding* atau teknik *matched die*. Proses ini mirip dengan proses *sheet metal forming*. Dalam proses ini, prepreg atau bahan termoplastik disusun secara berselang seli mengikut keperluan dan kemudian diletakkan di antara acuan yang akan dipanaskan. Paa kebiasaannya pecahan isipadu serat mestilah lebih besar daripada 60%. Proses ini digunakan secara meluas di peringkat kajian dan pembangunan (R&D) untuk membuat sampel ujian. Proses ini digunakan untuk membuat produk yang bersaiz kecil dan sederhana seperti laminat rata. Proses ini kurang mendapat permintaan secara komersial. Proses ini digunakan untuk membuat produk yang mempunyai ketebalan yang sama.

Bahan mentah yang digunakan dalam proses ini adalah bahan termoplastik yang digabungkan dengan gentian sumber alam. Bahan thermoplastik yang boleh digunakan adalah seperti PP, Nylon, PE dan beberapa jenis plastik lain. Acuan untuk proses ini diperbuat daripada keluli tahan karat atau aluminium. Ini kerana kebanyakan laminat rata dibuat menggunakan teknik ini, acuannya bersaiz kecil atau sederhana. Dalam reka bentuk acuan, proses pengecutan produk serta pengembangan acuan perlu diberi pertimbangan. Adalah wajar untuk mempunyai pekali pengembangan haba yang sama antara bahan komposit dan acuan semasa proses tekanan panas ini dijalankan. Reka bentuk acuan untuk proses ini jauh lebih mudah daripada proses pengacuan suntikan atau proses yang menggunakan teknik *Resin Transfer Mould* (RTM). Kerana proses ini tidak ada keperluan untuk sprue, runner, atau *gate* kerana acuan ini tidak memerlukan suntikan bahan mentah ke dalamnya. Acuan diletakkan di antara dua *plate* yang dipanaskan untuk membentuk produk.



RAJAH 1. Acuan dua plate tekanan panas

Untuk proses tekanan panas, bahagian komposit dibuat dengan meletakkan bahan mentah dalam acuan seperti yang ditunjukkan pada rajah 1 di atas. Dalam kes ini, bahan merangkumi keseluruhan permukaan acuan. Bahan termoplastik tidak mempunyai daya tahan dan mengalami masalah kelembapan yang tinggi. Bahan dipotong mengikut keperluan bentuk, ukuran, dan sudut gentian. Mereka diletakkan secara selang seli mengikut keperluan yang ditentukan.

Kepingan laminat diletakkan di dalam acuan. Sebelum meletakkan laminat, agen pelepas (*release gent*) disapu ke permukaan acuan agar ia mudah untuk mengeluarkan produk yang terbentuk. Acuan kemudian ditutup dan diletakkan di antara dua platen peralatan pemanasan mampatan di mesin tekanan panas, tetapi terdapat jenis mesin yang acuan melekat pada plate secara langsung.

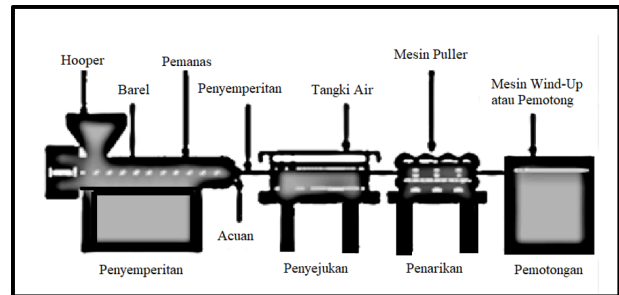
Sedikit tekanan dikenakan sehingga suhu bahan mencapai suhu lebur bahan yang digunakan. Setelah suhu mencapai tahap yang diselaraskan, tekanan dikenakan untuk jangka masa yang ditentukan dan kemudian acuan dikeluarkan ke mesin pendingin atau disejukan menggunakan suhu bilik. Tekanan dikekalkan semasa proses penyejukan sehingga bahagiannya benar-benar padat. Beberapa peralatan penekan panas mempunyai sistem penyejukan terbina di bahagian dalaman dan, dalam kes itu, acuan disejukan terus di mesin tekanan panas tanpa memindahkannya. Setelah penyejukan dilakukan, acuan dibuka dan bahagiannya dikeluarkan.

Terdapat dua parameter yang perlu dikawal untuk mendapatkan satu gabungan yang baik. Pertama, harus ada hubungan kimikal antara lapisan bersebelahan dan kedua, perlu ada masa pemanasan yang mencukupi untuk proses peleburan dan kesabatan. Ketika proses penekanan panas, pastikan udara dari antara acuan dikeluarkan. Tanpa dua lapisan bersebelahan bersentuhan secara fizikal, proses penyebaran molekul tidak akan bermula. Oleh kerana bahan termoplastik mempunyai kebolehcampuran yang lemah, penyingkiran udara antara dua permukaan yang dicantumkan menjadi satu cabaran atau boleh menimbulkan masalah. Ini kadangkala mereka menggunakan vakum untuk menyedut udara yang berada di dalam acuan.

PROSES KOMPAUN DAN PENGACUAN SUNTIKAN

Kaedah pengadunan dengan menggunakan mesin kompaun adalah poses untuk mencampurkan dua atau lebih bahan menjadi satu jisim homogen di dalam satu proses yang berterusan. Campuran ini akan menjadi lebih sehati kerana ia menggunakan kesemua bahan di dalam satu barrel dan mengeluarkannya menjadi bentuk pallet. Terdapat mesin yang menggunakan satu skru (*single*) atau dua skru (*double*) di dalam barrel. Proses kompaun merangkumi beberapa proses yang kecil di dalam proses yang besar seperti suapan (*feeding*), leburan (*melting*), percampuran (*mixing*), pengudaraan (*venting*), penyejukan (*cooling*) (di dalam takungan air) dan pemotongan (*cutting*) untuk menjadikannya bentuk pallet.

Penyemperitan kompaun adalah proses yang mencampurkan satu atau lebih polimer dengan bahan tambahan untuk memberikan sebatian plastic atau polimer komposit. Bahan plastik yang berbentuk pelet, serbuk dan / atau cecair yang dihasilkan akan digunakan dalam proses pembentukan plastik lain seperti penyemperitan dan pengacuan suntikan. Seperti mesin pemrosesan plastik yang lain, mesin kompaun mempunyai pelbagai ukuran mesin bergantung pada aplikasi, kadar bahan per minit dan hasil yang diperlukan



RAJAH 2. Proses kompaun

Dipetik dari: <https://polymeracademy.com/plastic-extrusion-process>

Penyemperitan plastik adalah proses pembuatan yang berterusan, di mana plastik mentah dicairkan dan dibentuk menjadi profil berterusan. Proses ini dimulakan dengan memasukkan bahan plastik (pelet, butiran, serpihan atau serbuk) dan bahan campuran seperti fiber, bahan tambahan dan lain-lain dari hopper ke dalam barel penyemperit. Bahannya dicairkan secara beransur-ansur. Tenaga mekanikal dihasilkan dengan memutar skru dan oleh pemanasan yang terhasil dari alat pemanasan (*heater*) yang terdapat di sekeliling luar barel. Bahan yang cair keluar dari acuan penyemperitan akan dimasukkan ke dalam takungan air (*water bath*) dan telah menjadi keras akan dipotong menjadi bentuk pallet, ia ditarik oleh satu mesin puller. Jika bahan diperlukan untuk berbentuk tepung (*powder*) maka satu mesin pengisar diperlukan. Adakala terhadap alat pengering (*dryer*) di dalam proses untuk mengeringkan bahan mentah sebelum dibungkus ke dalam bag

Sebilangan besar skru mempunyai tiga zon berikut:

1. Zon suapan (*Feed zone*) (juga disebut zon pepejal): Pada zon ini resin dimasukkan ke dalam barel penyemperit, dan garispusat barrel berada di dalam keadaan yang sama saiznya.
2. Zon leburan (*Melting zone*) (juga disebut zon peralihan atau pemampatan): sebahagian besar bahan mentah akan dicairkan di bahagian ini, dan saiz garispusat barrel akan mengecil.
3. Zon Metering (*Metering zone*) (juga disebut zon penyebaran peleburan): Pada zon ini zarah akan dicairkan dan bercampur dengan sepenuhnya mengikut suhu pada komposisi yang seragam. Seperti zon suapan, garispusat barrel berada di dalam keadaan yang sama saiznya.

Sebagai tambahan, skru yang berventilasi (dua tahap) akan mempunyai: Zon penyahmampatan (*Decompression zone*): Pada zon ini, ia berada kira-kira dua pertiga ke bawah skru, garispusat barrel akan tiba-tiba menjadi lebih besar sedikit, ia direka untuk melepaskan tekanan yang

terjadi di dalam proses dan ia juga melepaskan sebarang gas terperangkap (kelembapan, udara, pelarut atau reaktan) melalui saluran vakum yang terdapat di antara barel.

Dari proses mesin kampaun, palet dihasilkan, maka dari bahan yang berbentuk palet, kaedah pengacuan suntikan digunakan untuk menghasilkan sampel atau dumbbell.

KESIMPULAN

Pemilihan teknik tekanan panas dan pengacuan suntikan adalah disebabkan oleh:

1. Kajian yang terjurus kepada hasil kekuatan bahan sahaja.
2. Limitasi terhadap mesin dan peralatan yang diperlukan oleh pengkaji
3. Kekurangan pengetahuan terhadap pengendalian mesin yang lain.
4. Kekangan kewangan untuk kajian penggunaan mesin atau pembentukan acuan yang baru.

Polipropilena (PP) adalah salah satu termoplastik tujuan umum yang paling kerap digunakan dalam banyak aplikasi. Ia sering diproses melalui Teknik pengacuan penyemperitan dan pengacuan suntikan, khususnya dengan gentian kaca dan juga dengan gentian sumber alam (Cho et al. 2017).

Komposit kenaf / PP menunjukkan peningkatan yang tinggi di dalam sifat tegangan dan lenturan berbanding PP yang asal tanpa mengira kaedah teknik pencampurannya. Walau bagaimanapun, sifat hentaman komposit lebih rendah daripada PP yang asal walaupun kaedah pengacuan penyemperitan cenderung untuk meningkatkan sifat tersebut.

Pembangunan komposit fabrikasi bergantung pada pemilihan gentian dan produk untuk beberapa aplikasi yang ditentukan. Konsep acuan terbuka dan tertutup ini memberikan idea untuk menghasilkan produk yang lebih kualiti atau kualiti ditahap yang tertinggi. Gabungan dan penyatuan setiap proses yang berlaku akan menghasilkan produk yang lebih baik. Sifat mekanikal telah diuji pada setiap kajian yang dijalankan mengikut standard ASTM. Ini perlu untuk memastikan produk dan proses yang dapat digunakan dalam industri pembuatan bukan sekatakat kajian sahaja. Pertimbangan mengenai penggantian gentian sumber alam dengan bahan polimer harus mempertimbangkan kerana ia akan memberi produk yang lebih baik di masa hadapan.

Pengukuhan kenaf tanpa rawatan dan rawatan dalam komposit yang dilakukan menggunakan teknik tekanan panas telah menghasilkan sifat teguh dari segi kekuatan dan mikrostruktur. Ia jugat dapat meningkatkan sifat

lenturan sebanyak 25.95% berbanding komposit epoksi (N.F. Ismail et al. 2018).

Adalah menjadi satu menafaat jika setiap kajian boleh diteruskan dengan menghasilkan produk yang boleh digunapakai di dalam industri. Kebolegunaan ini akan mendorong para penyelidik untuk berusaha meneroka kaedah atau teknik pembuatan yang lebih mudah tetapi di dalam kos yang rendah. Pihak industri juga disyorkan untuk memberi bantuan teknikal, kewangan serta berkonsi ilmu di dalam penghasilan produk yang dikaji. Adakala dirasakan kebanyakan pemain industri terutama plastik dan komposit tidak mengambil inisitif membaca setiap journal atau kajian yang bermutu yang dihasilkan oleh penyelidik.

PENGHARGAAN

Penulis merakamkan ucapan penghargaan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia di atas sokongan terhadap penyelidikan ini.

PENGISYTIHARAN KEPENTINGAN BERSAING

Tiada

RUJUKAN

- Abdullahi, T., Harun, Z., Othman, M.H.D., Aminu, N., Gabriel, O., Aminu, T., Ibrahim, S.A. dan Kamarudin, N.A. 2018. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciencess* 14(4): 397-402.
- Amran, M., Hilmi, H., Salmah, S., Abdullah, Z., Mohamad, E., Jun L.P. dan and Sivaraos. 2014. Evaluation of mechanical performance of homopolymer polypropylene/kenaf fibre/ /binder using full factorial method. *Journal of Advanced Research in Materials Science* 1(1): 7-13.
- Anuar, H., Hassan, N.A. dan Fauzey, F.M. 2011. Compatibilized PP/EPDM-Kenaf fibre composite using melt blending method. *Advanced Materials Research* 264-265: 743-747.
- Anuar, N.I.S., Zakaria, S., Harun J. dan Wang, C. 2017. Kenaf/PP and EFB/PP: Effect of fibre loading on the mechanical properties of polypropylene composites. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 217. 012036: 1~11.
- ASTM D638 –14. 2015. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. American Society for Testing and Materials International, West Conshohocken, PA.
- Barkoula, N.M., Garkhail, S.K. dan Peijs, T. 2010. Biodegradable composites based on flax/ polyhydroxybutyrate and its copolymer with hydroxyvalerate. *Industrial Crops and Products* 31(1): 34-42.

- Cho, D., Kim, J., Kwon, O.H. dan Park, W.H. 2017. Processing and Characterization of Green Composites with Chopped Kenaf Fibers and Recycled Expanded Polypropylene. 21st International Conference on Composite Materials Xi'an. 1-6.
- Crainer, S. 2000. The Management Century: A Critical Review of 20th Century Thought and Practice. San Francisco, CA: JosseyBass
- Han, S.O., Karevan, M., Sim, I.N., Bhuiyan, M.A., Jang, Y.H., Ghaffar, J. dan Kalaitzidou, K. 2012. Understanding the reinforcing mechanisms in kenaf fiber/PLA and kenaf fiber/PP composites: A comparative study. *International Journal of Polymer Science* 679252 (8): 1~8
- Hao, A., Zhao, H. dan Chen, J.Y. 2013. Kenaf/polypropylene nonwoven composites: The influence of manufacturing conditions on mechanical, thermal, and acoustical performance. *Composites: Part B* 54: 44–51.
- Idumah, C.I. dan Hassan, A. 2016. Characterization and preparation of conductive exfoliated graphene nanoplatelets kenaf fibre hybrid polypropylene composites. *Synthetic Metals* 212: 91-104.
- Ismail, M.F., Sultan, M.T.H., Hamdan, A., Shah, A.U.M., Jawaid, M. dan Safri, S.N.A. 2019. Kenaf/glass hybrid composites. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* 8(1S5):456-461.
- Lee, B.H., Kim, H.J. dan Yu, W.R. 2009. Fabrication of long and discontinuous natural fiber reinforced polypropylene bio composites and their mechanical properties. *Fibers and Polymers* 10 (1): 83-90.
- Lee, C.H., Sapuan S.M. dan Hassan, M.R. 2017. Mechanical and thermal properties of kenaf fiber reinforced polypropylene magnesium hydroxide composites. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 12(2): 50-58.
- Lee, S., Shi, S., Groom, L. dan Xue, Y. 2010. Properties of unidirectional kenaf fiber-polyolefin laminates. *Polymer Composites* 31(6):1067-1074.
- Loh, X.H., Dau, M.D.M. dan Selamat, M.Z. 2016. Mechanical properties of kenaf/polypropylene composite: An investigation. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES)* 10(2): 2098-2110.
- Karnani, R., Krishnan M. dan Narayan, R. 1997. Biofiber-reinforced polypropylene composites. *Polymer Engineering and Science* 37(2).
- Mansor M.R., Sapuan S.M., Zainudin E.S., Nurain A.A. dan Hambali A. 2013. Hybrid natural and glass fibers reinforced polymer composites material selection using analytical hierarchy process for automotive brake lever design. *Materials and Design* 51: 484-492.
- Meon, M.S., Othman, M.F., Husain, H., Remel M.F. dan Syawal, M.S.M. 2012. Improving tensile properties of kenaf fibers treated with sodium hydroxide. *Procedia Engineering* 41: 1587 – 1592.
- Mirbagheri, J., Tajvidi, M., Hermanson, J.C. dan Ismaeil Ghasemi, I. 2007. Tensile properties of wood flour/kenaf fiber polypropylene hybrid composites. *Journal of Applied Polymer Science* 105: 3054–3059.
- Mokyr, J. 2001. The rise and fall of the factory system: Technology, firms and households since the industrial revolution. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 55(1): 1-45.
- Mustaffa, Z. Ragunathan, Othman, N.S., Ghani, A. A., Mustafa, W.A., Farhan, A.M., Zunaidi, I., Razlan, Z.M., Wa, W.K. dan Shahrman A. B. 2018. Fabrication and Properties of Polypropylene and Kenaf Fiber Composite. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 429: 1-7.
- Nagavally, R.R. 2016. Composite Materials - History, Types, Fabrication Techniques, Advantages, And Applications. Proceedings of 29th IRF International Conference
- Nam, G., Wu, N. dan Okubo, K, Toru Fujii. 2014. Effect of natural fiber reinforced polypropylene composite using resin impregnation. *Agricultural Sciences* 4(5): 1338-1343.
- N.F. Ismail, N. Muhamad, A.B. Sulong dan C.H.C. Haron. 2018. Effects of alkali treatment on mechanical properties of epoxy composites reinforced kenaf fibre using compression moulding process. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering* 18(3): 86-95.
- Radzi, M.K.F.M., Sulong, A.B., Muhamad, N., Latiff, M.A.M. dan Ismail, N.F. 2015. Effect of filler loading and naoh addition on mechanical properties of moulded kenaf/polypropylene composite. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 38(4): 583-590.
- Radzi M.K.F.M., Muhamad, N., Sulong, A.B, Haron, C.H.C., Razak, A., Akhtar, M.N., Ismail, N.F., Tholibon D. dan Tharazi, I. 2017. Optimization of injection molding parameters: Improving mechanical properties of kenaf reinforced polypropylene composites. *Journal of Advanced Manufacturing Technology (JAMT)* 12(2): 107-120.
- Radzi, M.K.F.M, Muhamad, N., Akhtar, M.N., Razak Z. dan Foudzi, F.M. 2018. The effect of kenaf filler reinforcement on the mechanical and physical properties of injection moulded polypropylene composites. *Sains Malaysiana* 47(2): 367-376.
- Radzuan, N.A.M., Ismail, N.F., Radzi, M.K.F.M., Razak, Z., Tharizi, I., Sulong, A.B., Haron, C.H.C. dan Muhamad, N. 2019. Kenaf composites for automotive components: Enhancement in machinability and moldability. *Polymers* 11(1707): 2-10.
- Razak, Z., Sulong, A.B., Muhamad, N., Haron, C.H.C., Radzi, M.K.F.M., Tholibon, D., Tharazi, I. dan Ismail, N.F. 2018. The effects of Maleic Anhydride Grafted PP (MAPP) on the mechanical properties of injection moulded kenaf/CNTs/PP composites. *Sains Malaysiana* 47(6): 1285–129.

- Tholibon, D., Tharazi, I., Sulong, A.B., Muhamad, N., Ismail, N.F., Radzi, M.K.F.M., Radzuan, N.A.M. dan Hui, D. 2019. Kenaf fiber composites: A review on synthetic and biodegradable polymer matrix. *Jurnal Kejuruteraan* 31(1): 65-76.
- Tholibon, D., Sulong, A.B., Muhamad, N., Tharazi, I., Ismail, N.F. dan Radzi, M.K.F.M. 2017. Optimization of hot-pressing process for unidirectional kenaf polypropylene composites by full factorial design. *Journal of Mechanical Engineering SI* 3 (2): 23-35.
- Tholibon, D., Sulong, A.B., Muhamad, N., Ismail, N.F., Tharazi, I. dan Radzi, M.K.F.M. 2016. Tensile properties of unidirectional kenaf fiber polypropylene composite. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 78(6-9):101-106.
- Saad, M. 2011. Effect of maleated polypropylene (MAPP) on the tensile, impact and thickness swelling properties of Kenaf Core-Polypropylene composites. *Journal of Science and Technology* 2(1): 33-44.
- Sanadi A.R. dan Caulfield, D. 2008. Thermoplastic polyolefins as formaldehyde free binders in highly filled lignocellulosic panel boards: Using glycerine as a processing aid in kenaf fiber polypropylene boards. *Materials Research* 11(4): 487-492.
- Sarifuddin, N., Ismail, H. dan Ahmad, Z. 2013. The effect of kenaf core fibre loading on properties of low-density polyethylene/thermoplastic sago starch/kenaf core fiber composites. *Journal of Physical Science* 24(2): 97-115.
- Schirp A. dan Su, S. 2016. Effectiveness of pre-treated wood particles and halogen-free flame retardants used in wood-plastic composites. *Polymer Degradation and Stability* 126: 81-92.
- Suherman, H., Azwar, E., Yovial, D. dan Septe, E. 2019. Properties of kenaf fibers/epoxy biocomposites: Flexural strength and impact strength. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 652(012036):1-6.
- Rowell, R.M., Sanadi, A., Jacobson, R. dan Caulfield, D. 1999. Properties of kenaf/ polypropylene composites. *Mississippi State University, Ag & Bio Engineering* 32: 381-392
- Wambua, P., Ivens, J. dan Verpoest, I. 2001. Some mechanical Properties of Kenaf/Polypropylene Composites prepared using a Film Stacking Technique. International Committee on Composite Materials 13 Beijing, China. 1125:1-9.
- Zampaloni, M., Pourboghra, F., Yankovich, S.A., Rodgers, B.N., Moore, J. dan Drzal, L.T. 2007. Kenaf natural fiber reinforced polypropylene composites: a discussion on manufacturing problems and solutions. *Part A Appl. Scie. Manuf.* 38: 1569-1580.
- Zulkepli, I.I., Mokhtar, H., Aminanda, Y., Dawood M.S.I.S. dan Rehan, M.S.M. 2019. Review of manufacturing process for good quality of composite assessment. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 488 (012008): 1-8.