



Pengaruh Temperatur dan Reduksi Hasil Proses *Rolling* Terhadap Sifat Mekanik *Ultra High Molecular Weight Polyethylene* (UHMWPE) Sebagai Material Pengganti Lutut Tiruan

Iman Saefuloh^{*1}, Ahmad Rifa'I¹, Haryadi¹, Yusvardi Yusuf¹, Sidik Susilo¹,
Aswata¹

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

*Email: iman.saefuloh@unitrta.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 17/04/2019
Naskah Direvisi 28/04/2019
Naskah Disetujui 30/04/2019
Naskah Online 30/04/2019

ABSTRAK

Kebutuhan akan polimer pada dunia industri dan kesehatan sangatlah pesat dengan kombinasi sifat mekanis yang baik, yaitu antara lain kekuatan yang tinggi, ketangguhan, kekerasan dan deformasi yang rendah. Untuk itu dilakukan pengujian polimer Ultra High Molecular weight polyethylene (UHMWPE) melalui proses Rolling. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan pengerollan pra pemanasan pada temperatur rekristalisasi dan tingkat deformasi terhadap sifat mekanis dari material UHMWPE yang diperoleh dari proses pengerollan dan dari proses pengujian seperti kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro (SEM) material. Serta mengetahui seberapa besar pengaruh dari variable temperature pemanasan dan reduksi serta nilai respon kekerasan dan elongation. Spesimen dipanaskan pada temperatur 60°C, 80°C, 100°C per specimen dengan waktu tahan sesuai tebal sampel. Kemudian dilakukan proses pengerollan dengan reduksi per specimen 25%, 50% dan 75%. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada sampel hasil pengerollan dengan rata-rata pemberian beban sebesar 60,44 N/mm², dan terendah pada sampel original sebesar 58,00 N/mm². Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variabel kenaikan nilai kekerasan pada nilai rata-ratanya dibandingkan dengan originalnya, serta suhu temperatur dan reduksi sangat signifikan terhadap sifat mekanik orientasi UHMWPE dibandingkan variabel elongation tarik. Pemberian temperatur pemanasan dan reduksi mempunyai pengaruh besar terhadap polimer UHMW PE. Pada penelitian ini didapatkan nilai elongasi terbesar terdapat pada specimen original sebesar 223,8% dan terendah pada specimen hasil uji dengan rata-rata 93,89%.

Kata kunci: UHMWPE, Reduksi, Rolling, Sifat Mekanik

1. PENDAHULUAN

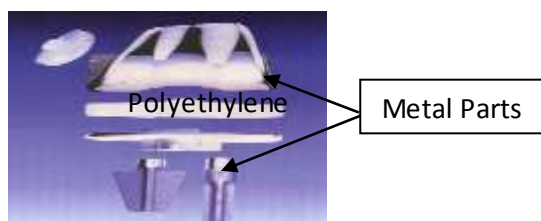
Sendi lutut merupakan sendi terbesar yang terdapat dalam tubuh manusia dengan struktur ligamendan otot yang kompleks. Struktur tulang sendi lutut terdiri dari femur, tibia, fibula dan patella. Meningkatnya usia, adanya cedera yang disebabkan kecelakaan (*traffic injury*), dan penyakit sendi dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan struktur kompleks sendi lutut (Dearnley, P. A., 1999). Perubahan ini dapat mengakibatkan rasa sakit, kelemahan pada otot, dan

terganggunya fungsi sehingga mengurangi mobilitas seseorang. Perawatan bedah yang dilakukan untuk mengembalikan fungsi normal dari sendi lutut adalah dengan operasi penggantian sendi lutut. Penggantian sendi lutut (*knee joint replacement*) merupakan perawatan ortopedi dengan menggunakan sendi lutut tiruan (Charnley, J., 1979). Perawatan ini dilakukan untuk menghilangkan rasa sakit dan mengembalikan fungsi sendi lutut. Secara umum, keberhasilan penggantian sendi lutut tiruan dipengaruhi oleh pemilihan bahan,

desain, prosedur pembedahan dan kondisi pasien. Tiga bahan paduan yang banyak digunakan sebagai bahan komponen femoral yaitu paduan titanium, austenitic stainless steel dan cobalt chrome alloy. Sedangkan untuk komponen tibial, bahan yang digunakan adalah polyethylene jenis UHMWPE (Fang dkk, 2003).

Bahan-bahan yang dipergunakan sebagai bahan pengganti komponen sendi lutut tiruan harus memiliki sifat-sifat tertentu. Sifat utama sebagai biomaterial adalah corrosion resistance, bio-compatibility, bio-adhesion (boneingrowths), bio-functionality (sifat mekanis terutama fatigue strength dan young's modulus yang mendekati sifat tulang manusia), process-ability dan availability (De'Jesus dkk, 2004).

Dalam penggunaannya sebagai sendi lutut tiruan, kedua bahan baik stainless steel dan polyethylene akan mengalami gesekan secara terus menerus sebagai wujud dari aktivitas yang dilakukan oleh seseorang. Dalam jangka waktu tertentu, gesekan ini akan menimbulkan keausan dan melepaskan wear debris. Partikel wear debris disebutkan menjadi faktor utama yang menyebabkan kegagalan penggantian (Hutching, I.M., 1995)



Gambar 1. Komponen pengganti lutut



Gambar 2 (a) Komponen sendi lutut tiruan, (b) Operasi sendi lutut tiruan

Untuk memperkecil dan meminimalisir terjadinya keausan pada kedua material tersebut dapat dengan cara meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik serta ketangguhannya, untuk material logam dapat dilakukan dengan cara melapisi/coating stainless steel oleh material yang lebih keras namun memiliki sifat-sifat biomaterial seperti nikel, cobalt, Chrom, dan titanium. Untuk meningkatkan nilai kekuatan tarik, kekerasan dan ketangguhannya pada material polyethylene dapat dilakukan dengan cara die drawing dan rolling (Cornwal dkk

Peningkatan ketahanan kekerasan dan tarik material yang digunakan merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengatasi penekanan, gesekan serta deformasi/keuletan material sendi buatan. Proses Rolling Polyethylene merupakan

salah satu metode untuk meningkatkan kekuatan mekanis dan ketahanan fisik polyethylene. Metode ini menghasilkan perubahan orientasi molekul-molekul yang sesuai dengan arah tarikan serta kekerasan, polyethylene menghasilkan faktor kekerasan serta nilai presentase perpanjangan (elongation)/tarik yang lebih rendah sekitar dibandingkan dengan material asli ketika diuji tarik (Tensile Test) dan Kekerasan (Hardness Test) terutama saat pemberian suhu temperatur rekristalisasi dan reduksi (iman dkk, 2014).

Pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik (kekuatan tarik, kekerasan permukaan, orientasi aliran ikatan sekunder dan sifat keausan) material Polyethylene yang diperoleh dari treatment rolling.

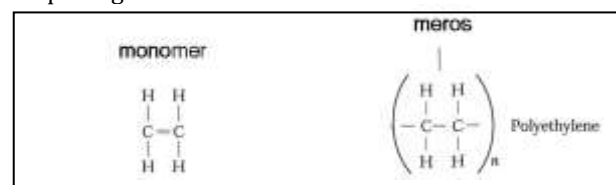
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Polimer

Istilah plastik, yang sering digunakan oleh masyarakat awam untuk menyebut sebagian besar bahan polimer, mulai digunakan pada tahun 1909. Istilah tersebut berasal dari kata plastikos yang berarti mudah dibentuk dan dicetak. Teknologi modern plastik baru dimulai tahun 1920-an, yaitu dengan mulai digunakannya polimer yang berasal dari produk derivatif minyak bumi, seperti misalnya polietilen. Salah satu jenis plastik yang sering kita jumpai adalah LDPE (Low Density Polyethylene) yang banyak digunakan sebagai plastik pembungkus yang lunak dan sangat mudah dibentuk (Hope, S., Gibson, G., 1980).

2.2 Struktur Rantai Molekul Polimer

Istilah polimer digunakan untuk menggambarkan bentuk molekul raksasa atau rantai yang sangat panjang yang terdiri atas unit-unit terkecil yang berulang-ulang atau meratau meros sebagai blok-blok penyusunnya. Molekul-molekul (tunggal) penyusun polimer dikenal dengan istilah monomer. Polimer Polietilen, misalnya, adalah salah satu jenis bahan polimer dengan rantai linear sangat panjang yang tersusun atas unit-unit terkecil (mer) yang berulang-ulang yang berasal dari monomer molekul etilen. Perhatikan bahwa monomer memiliki ikatan kovalen tak jenuh (ikatan ganda) sedangkan pada mer ikatan tersebut menjadi aktif atau ikatan kovalen terbuka dengan elektron tak berpasangan.



Molekul Etilen Polietilen
Gambar 3. Struktur molekul polimer polietilen

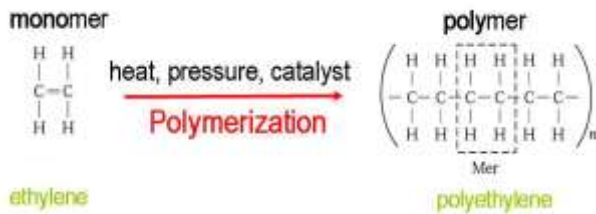
Secara umum, perilaku mekanik dari berbagai jenis polimer dapat dijelaskan dari ikatan-ikatan atom dan struktur rantai molekulnya. Arsitektur polimer sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan perilakunya yang umum. Secara umum, polimer dapat

dikelompokkan menjadi empat jenis berdasarkan struktur molekulnya, yaitu:

- polimer linear (*linear polymer*)
- polimer bercabang (*branched polymer*)
- polimer berkait (*cross-linked polymer*)
- polimer berjejaring (*network polymer*).

2.3. Proses Pembentukan Polimer (Polimerisasi)

Untuk memulai proses polimerisasi etilen, ditambahkan H₂O₂ sehingga terjadi pemutusan ikatan kovalen antar oksigen dalam molekul Hidrogen Peroksida dan ikatan kovalen antar karbon dalam molekul Etilen. Polimerisasi dimulai dengan terbentuknya dua kelompok inisiator (OH) dan mer. Satu dari dua kelompok OH selanjutnya akan bergabung dengan mer etilen mengawali terbentuknya rantai molekul polimer. Selanjutnya akan terjadi pertumbuhan rantai yang berlangsung sangat cepat membentuk rantai molekul raksasa linear. Terminasi dari pertumbuhan rantai dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pertama dengan bergabungnya OH ke ujung rantai molekul, dan kedua bergabungnya dua rantai molekul. Panjang dari rantai polimer dapat dikendalikan dengan cara mengendalikan jumlah inisiator. Secara, umum, jika jumlah inisiator yang diberikan sedikit, maka jumlah OH yang tersedia untuk menghentikan reaksi semakin sedikit pula. Yang perlu dicatat adalah bahwa di reaksi adisi ini tidak menghasilkan produk sampingan (*by product*).



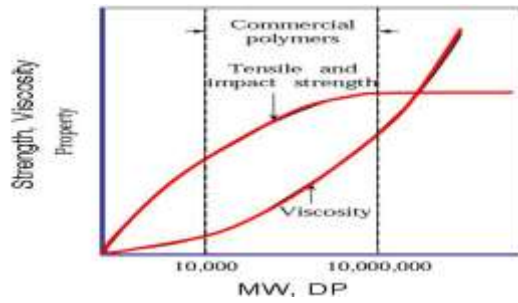
Gambar 4. Proses pembentukan polietilen

2.4. Berat Molekul dan Derajat Polimerisasi

Derajat polimerisasi (DP) dari suatu polimer adalah rasio atau perbandingan berat molekul polimer dengan berat molekul mer-nya. Suatu polietilen (PE) dengan berat molekul 28.000 gr misalnya, memiliki derajat polimerisasi 1.000 karena berat molekul dari mer-nya (C₂H₄) adalah (12x2) + (1 x 4) = 28. DP menggambarkan ukuran molekul dari suatu polimer berdasarkan atas jumlah dari monomer penyusunnya.

Berat molekul rata-rata atau derajat polimerisasi dari suatu polimer termoplastik sangat berpengaruh terhadap keadaan dan sifat-sifatnya. Viskositas dan kekuatan polimer misalnya akan meningkat dengan meningkatnya berat molekul atau derajat polimerisasinya. Sebagai ilustrasi, kita dapat membandingkan keadaan dari monomer etilen pada derajat polimerisasi yang berbeda-beda. Perbedaan dari sifat-sifat tersebut dapat dijelaskan oleh fakta bahwa semakin panjang rantai molekul suatu polimer, semakin

besar energi yang diperlukan untuk mengatasi ikatan sekundernya.



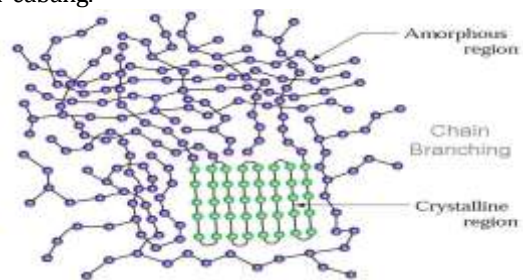
Gambar 5. Efek berat molekul dan derajat polimerisasi pada kekuatan dan viskositas polimer

Tabel 1. Bentuk polimer berdasarkan nilai DP

DP	1	6	35	140	1350
Form	Gas	Liquid	Grease	Wax	Hard Plastic

2.5. Derajat Kekristalan Polimer

Tidak seperti halnya logam, polimer pada umumnya bersifat *amorphous*, tidak bersifat kristalin atau memiliki keteraturan dalam rentang cukup panjang. Namun, polimer dapat direkayasa sehingga strukturnya memiliki daerah kristalin, baik pada proses sintesis maupun deformasi. Besarnya daerah kristalin dalam polimer dinyatakan sebagai derajat kekristalan polimer. Derajat kekristalan polimer misalnya dapat direkayasa dengan mengendalikan laju solidifikasi dan struktur rantai, walaupun sangat sulit untuk mendapatkan derajat kekristalan 100 % sebagaimana halnya pada logam. Polimer dengan struktur rantai bercabang misalnya akan memiliki derajat kekristalan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan struktur tanpa cabang.

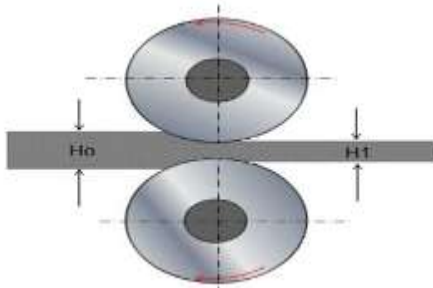


Gambar 6. Struktur rantai molekul polietilen menunjukkan daerah kristalin dan daerah *amorphous*.

Sifat-sifat mekanik dan fisik dari polimer sangat dipengaruhi oleh derajat kekristalannya. Sifat-sifat mekanik yang dipengaruhi oleh derajat kekristalan misalnya adalah kekakuan (*stiffness*), kekerasan (*hardness*), dan keuletan (*ductility*). Sedangkan sifat-sifat fisik yang berhubungan dengan derajat kekristalan misalnya adalah sifat-sifat optik dan kerapatan (*density*) dari polimer.

2.6. Proses Rolling (Hot-Rolling)

Polimer yang telah dipanaskan diatas suhu rekristalisasinya dilewatkan antar dua roll yang berputar berlawanan arah, dengan celah antara kurang dari ketebalan masuk material. Karena roll berputar dengan kecepatan permukaan melebihi kecepatan polimer yang masuk, gesekan sepanjang kontak antarmuka beraksi memajukan polimer. Polimer dijepit dan perpanjangan adalah sebagai kompensasi penurunan luas penampang lintang. Jumlah deformasi yang bisa dicapai pada sekali pengerolan tergantung pada kondisi friksi (gesek) sepanjang permukaan. Bila terlalu banyak yang diinginkan roll tak dapat memproses material dan slip di atas permukaan karena bila terlalu sedikit deformasi sekali lewat akan mengakibatkan biaya produksi mahal.



Gambar 7. Hot-Rolling menunjukkan deformasi dan rekristalisasi dari polimer yang sedang diroll

Seperti pada proses hot-working yang lain, kontrol suhu sangat krusial untuk keberhasilan proses. Idealnya material dipanaskan menjadi suhu panas yang seragam, bila suhu tidak seragam deformasi berikutnya juga tidak akan seragam. Contohnya bila material telah dipanaskan dengan waktu yang tak memadai sehingga suhu belum seragam, maka bagian luar yang panas akan mengalir lebih dulu, atau bila material telah mengalami pendinginan lebih karena proses sebelumnya, permukaan yang lebih dingin akan tahan terhadap deformasi. Retak atau sobek pada permukaan yang dingin mungkin terjadi karena interior yang panas dan lemah mencoba mengalir.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian

a. Simulasi

1. Membentuk sampel untuk proses simulasi penelitian dengan dimensi : 240mm x 30mm x 25mm ,9 spesimen
2. Melakukan pengerollan dengan diatur suhu awal dari ruangan .

b. Proses rolling

1. Membentuk sampel uji dengan dimensi berdasarkan hasil simulasi (240mm x 30mm x 25mm)
2. Melakukan pemanasan/Furnace dengan suhu temperature yang berbeda-beda (80°, 100°, 120°)
3. Melakukan perollan (*rolling*) sebanyak 1 kali roll

4. Mengukur serta merubah reduksi perubahan ketebalan pada sampel uji (25%, 50%, 75%) dengan tebal awal 25mm.

Setelah dilakukan proses rolling dilanjutkan dengan pengujian-pengujian:

1. Pengujian Tarik(*Tensile Test*).
2. Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*).
3. *Scanning electron microscop* (SEM)

3.2 Alat dan Bahan

a. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Mesin *Rolling* kapasitas beban maksimum 100 ton.
- Termokopel
- Sarung tangan (*Heat Resistance Gloves*)
- Penjepit plat
- Furnace (*Tungku listrik*)
- Gerinda potong kayu/*Cut off machine* (*Cutting Wheel/Circular Saw*)
- Mesin uji kekerasan
- Mesin uji tarik
- *Scanning Electron Microscope* (SEM)
- Mesin Coating
- Mesin polishing
- Mikroskop
- *Cut off machine*



(a)



(b)



(c)

Gambar 8. Alat-alat pengujian a. alat Uji kekerasan b. alat uji tarik. C. *Scanning elektro Mikroskopis* (SEM)

b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Polimer UHMWPE (*Polyethylen*) 1000 ukuran 300mm x 300mm x 25mm.



Gambar 9. Bahan yang digunakan alir penelitian.



(c)

Gambar 10. Polyethylene hasil rolling dengan reduksi 25%, 50%, 75% (a) Pemanasan 60°C (b) Pemanasan 80°C (c) Pemanasan 100° C

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengerollan

Data hasil proses pengerollan ditunjukkan pada table 4.1. Deformasi/perubahan bentuk yang terjadi diperoleh dari reduksi yang berbeda - beda, dan hasil *rolling* diperoleh secara pengukuran langsung dilapangan menggunakan jangka sorong dan mistar baja.

Tabel 2. Data hasil proses *Rolling*

Reduksi	60°			80°			100°		
	P (mm)	L (mm)	T (mm)	P (mm)	L (mm)	T (mm)	P (mm)	L (mm)	T (mm)
Awal	240	30	25	240	30	25	240	30	25
25%	250	32	18.75	245	34	18.75	255	40	18.75
50%	305	36	12.5	310	38	12.5	320	44	12.5
75%	460	46	6.25	480	52	6.25	520	56	6.25

Pengerollan dari temperatur dan reduksi yang berbeda - beda dengan *holding time* 5 menit, kecepatan tarik stabil menghasilkan produk dengan diameter yang berbeda. Perbedaan temperatur pemanasan dan reduksi mempengaruhi tingkat kristalisasi dari polimer. Karena pergeseran molekul/monomer yang terjadi saat material dipanaskan disuhu kristalisasi dapat berpengaruh pada sifat material serta struktur rantai liniernya maka struktur molekul akan berubah dan material yang direduksi dengan proses pengerollan akan bertambah nilai kekerasannya dan menurun nilai elastisnya.

Temperatur rekristalisasi tersebut yaitu, perubahan struktur kristalisasi akibat pemanasan pada suhu kritis, sehingga dapat diartikan lebih lanjut bahwa temperatur rekristalisasi adalah suatu proses dimana molekul-molekul yang terdeformasi digantikan oleh molekul baru yang tidak terdeformasi, yang intinya tumbuh sampai molekul asli termasuk didalamnya.



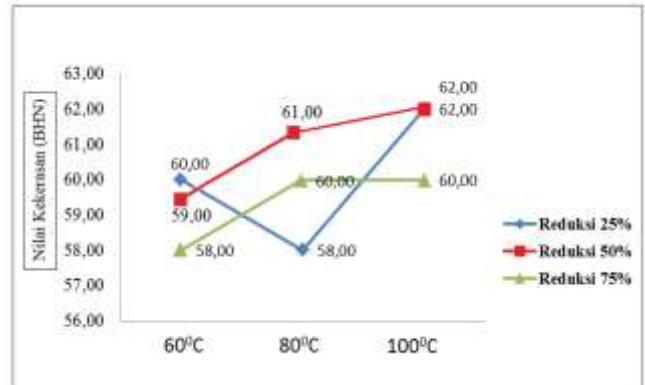
(a)



(b)

4.2. Hasil Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

Data yang digunakan di dalam analisa statistik ini adalah data hasil uji kekerasan. Bertujuan untuk memberikan penilaian pengaruh faktor temperatur pemanasan dan reduksi terhadap kekerasan material *polyethylene* hasil *Rolling*. Pengujian kekerasan dilakukan pada semua material hasil pengerollan, termasuk material *polyethylene original* sebagai pembanding. Karena uji kekerasan dapat dilaksanakan pada material uji (spesimen) dengan metode *ball indentation* menggunakan indentor bola baja berdiameter 5mm dan pembebanan 358N. Uji kekerasan ini menggunakan standar pengujian ISO 2039-1. Benda uji berbentuk balok dengan panjang 50 mm, lebar 30 mm dan tinggi 6 mm.



Gambar 11. Grafik hasil pengujian kekerasan material *polyethylene*

Dari hasil pengujian kekerasan, dapat dilihat pengaruh temperature *Rolling* terhadap nilai pemberian beban kekerasan polimer *polyethylene*. Pada polimer sampel didapat nilai pemberian beban kekerasan terendah 58 BHN sedangkan nilai rata-rata polimer hasil pengerollan 60 BHN. Nilai tersebut dipengaruhi oleh nilai kristalisasi, karena pergeseran molekul/monomer yang terjadi saat material dipanaskan disuhu kristalisasi dapat berpengaruh pada sifat material serta struktur rantai liniernya maka struktur molekul akan berubah dan material yang direduksi dengan proses pengerollan akan bertambah nilai kekerasannya dan menurun nilai elastisnya.

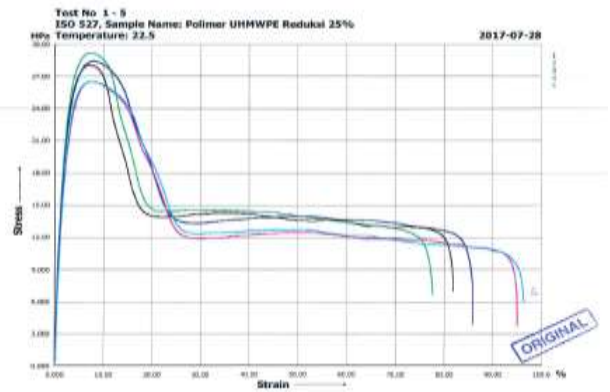
Temperatur rekristalisasi tersebut yaitu, perubahan struktur kristalisasi akibat pemanasan pada suhu kritis, sehingga dapat diartikan lebih lanjut bahwa temperatur

rekristalisasi adalah suatu proses dimana molekul-molekul yang terdeformasi digantikan oleh molekul baru yang tidak terdeformasi, yang intinya tumbuh sampai molekul asli termasuk didalamnya.

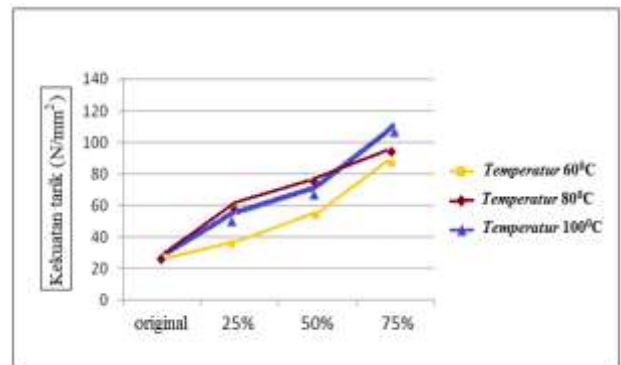
4.3. Hasil Uji Tarik (Tensile Test)

Data yang digunakan di dalam analisa statistik ini adalah data hasil uji Tarik. Tujuan dari dilakukannya suatu pengujian mekanis adalah untuk menentukan respon material dari suatu konstruksi, komponen atau rakitan fabrikasi pada saat dikenakan beban atau deformasi dari luar. Jadi dengan kata lain pengujian pada polimer ini ialah untuk memberikan penilaian respon kekuatan tarik maksimum dari poimer polyethylene PE yang telah mendapatkan perlakuan pengerollan serta pengaruh faktor temperatur pemanasan dan reduksi yang telah diberikan. Pengujian tarik dilakukan pada semua material hasil pengerollan, termasuk material polyethylene original sebagai pembanding.

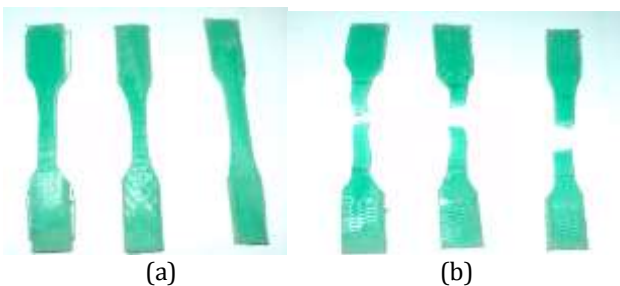
Hasil uji tarik ditunjukkan pada table 4.3, dimana a adalah ketebalan specimen dan nilai b adalah lebar specimen atea gauge length. Nilai kekuatan tarik pada saat putus. Pembebanan kekuatan tarik maksimum dan nilai elongasi pada saat luluh diperoleh dari data rekaman mesin UTM (Universal Testing Machine). Nilai elongasi pada saat putus. Kurva tegangan regangan dari hasil uji tarik material polyethylene ditunjukkan pada gambar



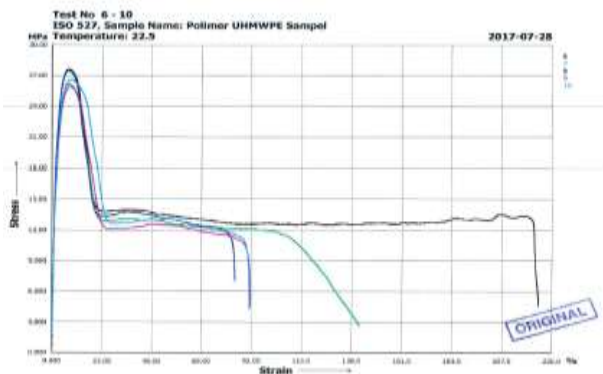
Gambar 14. Kurva Tegangan – Regangan material polyethylene hasil rolling yang dihasilkan pada pembacaan mesin UTM



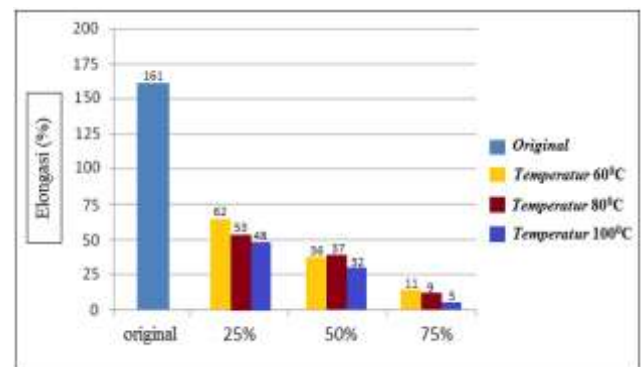
Gambar 15. Grafik nilai kekuatan tarik terhadap reduksi dan temperatur rolling



Gambar 12. Sampel uji tarik (a) sebelum di uji tarik (b) setelah di uji tarik



Gambar 13. Kurva Tegangan-Regangan Material Original polyethylene yang dihasilkan pada pembacaan mesin UTM



Gambar 16. Grafik hubungan antara elongasi pada saat putus untuk material UHMWPE original dan hasil rolling.

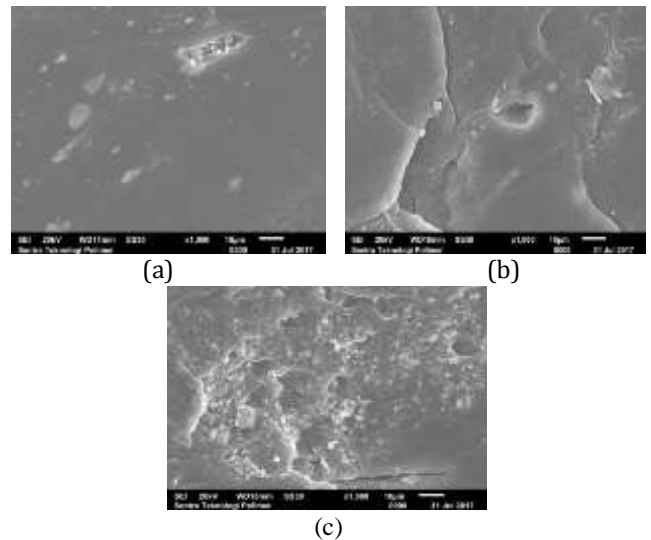
Material polyethylene hasil Rolling setelah dilakukan uji tarik pada specimen yang dibuat searah

dengan arah tarikan menunjukkan penurunan kekuatan tarik. Diperlihatkan bahwa kekuatan tarik berbanding lurus dengan reduksi *rolling* dan perbedaan temperatur ditunjukkan oleh gambar 15, 16 dan 18 adalah kurva tegangan-regangan yang menunjukkan material *polyethylene* terjadi penurunan keuletan dibanding material awal adalah 105% dan penurunan keuletan yang dihasil dari reduksi 25-75% adalah 32-64%. Penurunan keuletan ini dicirikan dengan berkurangnya elongasi yang secara jelas ditunjukkan pada grafik elongasi pada saat putus gambar 16.

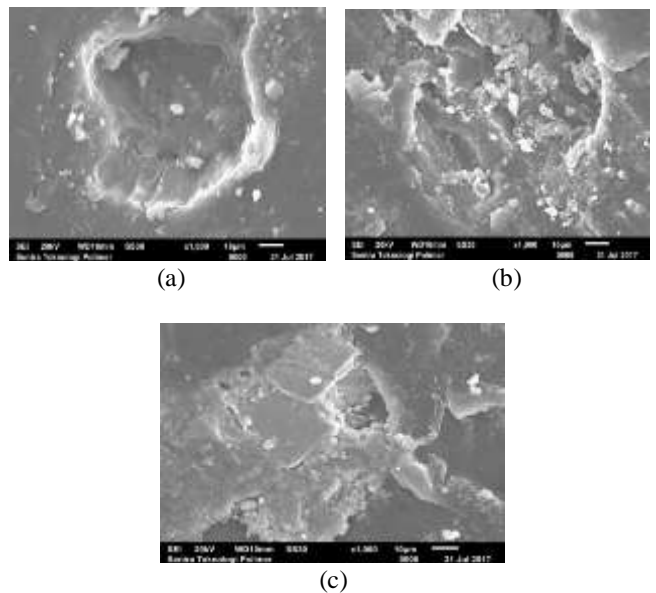
Hali ini berhubungan dengan perilaku elastis non-linear atau non-proporsional pada daerah elastis. Ikatan sekunder sangat berperan dalam mekanisme ini. Mula-mula akan terjadi pelurusan rantai liner molekul polimer dengan ikatan sekunder. Selanjutnya akan terjadi gelinciran antar rantai molekul yang telah lurus (terorientasi) pada arah garis gaya. Ikatan sekunder dalam hal ini akan berperan sebagai tahanan dalam proses deformasi antar rantai molekul yang sejajar dengan arah garis gaya. Hal ini berakibat pada kristal yang terbentuk menjadi lebih banyak. Semakin panjang rantai molekul suatu polimer, maka semakin besar energi yang diperlukan untuk mengatasi ikatan-ikatan sekundernya. Oleh karena itu, kekuatan tarik *polyethylene* menjadi menurun dalam mengatasi beban deformasi uniaksial setelah dilakukannya proses *Rolling*.

4.4 Hasil Uji SEM (Scanning Electron Microscopy)

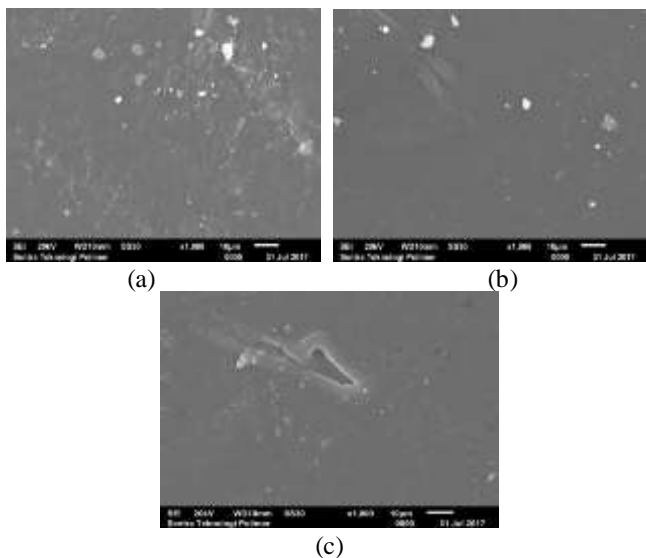
Hasil uji untuk *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada sampel *polyethylene* tampak ditunjukkan pada gambar-gambar dibawah ini. Untuk pembesaran pada pengujian ialah pembesaran pada 1000 kali dan dengan menggunakan metode *morphology analysis*. Gambar berikut akan memperlihatkan struktur mikro dari specimen yang telah di *Rolling*.



Gambar 18. Hasil uji SEM *Morfology Analysis* pada reduksi 50% dengan (a) temperature 60°C (b) temperature 80°C dan (c) temperatur 100°C



Gambar 19. Hasil uji SEM *Morfology Analysis* pada reduksi 50% dengan (a) temperature 60°C (b) temperature 80°C dan (c) temperatur 100°C



Gambar 17. Hasil uji SEM *Morfology Analysis* pada reduksi 25% dengan (a) temperature 60°C (b) temperature 80°C dan (c) temperatur 100°C

Pada gambar 17-19 menunjukkan perubahan yang signifikan, celah/pori pada struktur permukaan serta molekul polimerisasinya terdapat perubahan. Perubahan pada permukaan serta molekul yang lebih terlihat besar dan jelas terdapat pada pemberian suhu di temperatur 100°C, dan juga terjadi pada specimen lainnya yang mendapatkan suhu di temperatur 100°C. Terlebih lagi pada pemberian reduksi atau pengurangan ketebalan melalui proses pengerollan terlihat sangat jelas perubahan pada fisik polimer yang terjadi pembukaan pori atau molekul yang lebih besar terdapat pada pemberian reduksi 75%.

Karena material yang sudah mendapatkan pemanasan diatas suhu solidnya, maka struktur polimer akan berubah/terjadi perubahan cabang molekul, terlebih lagi material yang direduksi dengan melalui

proses pengerollan akan bertambah nilai kekerasannya dan menurun nilai elastisnya. Serta celah/pori yang dihasilkan, diakibatkan pergeseran molekul yang terjadi saat specimen dipanaskan dan direduksi disuhu solidifikasinya, sehingga mengakibatkan perubahan pada sifat materialnya (Deformasi plastis) dan hasil uji impak, nilai impak lebih besar dibandingkan hasil dari proses pendinginan dengan menggunakan air dan oli.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa proses rolling berpengaruh terhadap sifat mekanik *polyethylene*. Semakin besar nilai reduksi dan temperature yang diberikan pada proses rolling *polyethylene* maka semakin besar pula nilai kekuatan tarik dan kekerasan yang dihasilkan, kekuatan tarik yang dihasilkan antara 14-28% dan untuk kenaikan kekerasannya adalah 2-8%, namun demikian nilai elongasi berbanding terbalik kekuatan tarik dan kekerasan, semakin besar reduksi dan temperature proses *rolling* yang diberikan semakin rendah nilai elongasinya, besarnya nilai penurunannya sekitar 32-64%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM E23.1982 Standard Test Method for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials. American Society of Testing and Materials
- ASM Handbook. 2004. Metallography and Microstructures. ASM International.
- ASM Handbook. 1993. Worldwide Guide To Equivalent Irons And Steels. ASM International
- Amstead, B. H. 1993. Teknologi Mekanik. Terjemahan Sriati Djaprie. Jilid I edisi 7. Jakarta : Erlangga
- Batista, G., Ibarra, M., Ortiz, dan Villegas, M., 2004, "Engineering bio mechanics of Knee replacement", *Applications of Engineering Mechanics in Medicine*, GED, University of Puerto Rico.
- Bohler. 1997. Bohler High Grade Steels
- B.J.M Beumer 1994. Ilmu Bahan Logam Jilid 1 Penerbit Bhratara - Jakarta
- Callister D. William, Jr. 2001 Fundamentals of Materials Science and Engineering 5th edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Charnley, J., 1979, "low frictional torque arthroplasty of the hip joint replacement head and thick ultra high molecular weigh *polyethylene*", *Journal of the Southern*. Vol. 2 hal 25-40
- Cornwall, G. B., Bryant, J.T., dan Hanson, C. M., 2001, "The Effect of Kinematic condition on the wear of Ultra High Molecular *polyethylene* (UHMWPE) in orthopedic Bearing Application" *proc.instn. Mech. Engrs., Vol 213 Part II*
- Dearnley, P. A., 1999, "A Review of Metallic, Ceramic and Surface Treated Metal Used for Bearing Surface in Human Joint Replacement", *Proc. Instn Mech. Engrs., Vol. 213, Part II*.
- De'Jesus, W., Echevarria, L., Rodriguez, J., dan Vargas, A., 2004, "Biomechanics of Elbow Prostheses", *Applications of Engineering Mechanics in Medicine*, GED, University of Puerto Rico.
- Dharmastiti, R., Barton, D.C., Fisher, J., Eddin, A., dan Kurtz, S., 2001, "The wear of oriented UHMWPE under isotropically rough and scratched counterface test conditions", *Bio-Medical Materials and Engineering* 11, hal. 241 - 256.
- Fang H., Hsu S. M., dan Sengers J. V., **UltraHigh Molecular Weight Polyethylene Wear Particle Effects on Bioactivity**, NIST Special Publication 1002, 2003
- Hutchings I.M., **Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials**, Arnold, London, 1995.
- Humbleton, J. H., 1991, "Wear and prosthetic joint", *Joint Replacement arthroplasty*, Churchill Livingstone, New York, hal. 47 - 57.
- Hope, S., Gibson , G., 1980 Ward I. M., "Effects of extrusion temperature and polymer grade" *Journal Of polymer science* Vol 18. Part II hal 1243- 1256.
- Howie, D.W., Vernon-Roberts, B, Oakeshott, R, Mantley, B, 1998, "The rat model of resorption of bone at the cement-bone interfacein the presence of polyethylenewear particle"s, *Journal Bone and Joint Surgery*, 70:A, hal. 257-26.
- Iman, S. 2014, Pengaruh Kekasaran Permukaan Stanles Steel AISI 316L dan Variasi Beban Terhadap Sifat Keausan *Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE)*.