

**PENGARUH PENGGUNAAN TEKNIK *BLENDING* DAN
KOMPAKSI TERHADAP MORFOLOGI KOMPOSIT
POLIMER UHMWPE- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
SEBAGAI BAHAN PERISAI RADIASI NEUTRON TERMAL**

**Winda Surya Bery¹, Dian Fitriyani¹, Elvaswer¹, Enny Zavianti¹,
Mardiyanto², Abu Khalid Rivai², dan Sulistioso Giat Sukaryo²**

¹ FMIPA - Universitas Andalas, Limau Manis, Padang, 25163

² Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM) - BATAN, Kawasan
Puspipstek, Serpong, Tangerang Selatan, 15314

e-mail: winda.suryabery@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan dan karakterisasi komposit polimer UHMWPE dengan *filler* $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebagai bahan perisai radiasi neutron termal. Pembuatan bahan dilakukan dengan menggabungkan UHMWPE dan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ menggunakan metode *blending* untuk menghasilkan komposit yang homogen, dan proses kompaksi untuk meminimalkan jarak antar partikel penyusun bahan. Persentase penambahan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan bervariasi dari 0% hingga 52%. Bahan dasar dan *filler* di-*blending* pada suhu 165°C selama 15 menit, selanjutnya dikompaksi dengan pembebanan 10 ton. Hasil analisis EDS menunjukkan persentase massa *filler* di permukaan bahan meningkat dengan penambahan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ hingga konsentrasi 40% dan menurun di 52%. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan persentase *filler* optimum pada 40%. Dengan demikian metode *blending* dan kompaksi sesuai digunakan untuk mencampurkan UHMWPE dan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ menjadi bahan perisai neutron termal dengan perbandingan komposisi (60:40)%.

Kata kunci : Perisai radiasi, neutron termal, UHMWPE, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, *filler*, *blending*, kompaksi

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan perisai radiasi (Salimi, dkk., 2013), khususnya radiasi neutron termal berbasis polimer dewasa ini semakin dibutuhkan karena bersifat lebih ringan, lebih mudah diproses, dan dapat didaur ulang. Salah satu matrik polimer yang dapat menyerap radiasi neutron termal adalah *Ultra High Molecular Weight Polyethylene* (UHMWPE) karena mengandung elemen hidrogen sebanyak 14% beratnya, sehingga dapat menyerap dan memperlambat energi radiasi neutron (Kim dkk., 2014). Nilai densitas UHMWPE sebesar 0,930-0,935 g/cm³ dan berat molekul antara 3,1 hingga 5,57 juta, menyebabkan jenis polimer ini bersifat lebih keras, tahan terhadap pengaruh asam basa, dan memiliki tingkat ketahanan panas dengan titik lebur (109-183)°C, serta ketahanan kimia yang baik dibandingkan polimer lain (Steven, 2009).

Fungsi polimer sebagai perisai radiasi dapat ditingkatkan dengan menambahkan bahan pengisi (*filler*) yang mempunyai tampang lintang neutron termal (σ) tinggi. Salah satu unsur yang mampu menangkap neutron dengan nilai σ tinggi adalah boron (Joseph, dkk., 2011). Isotop boron ^{10}B memiliki $\sigma = 3837$ barn. Boron tidak ditemukan secara alami di alam. Penggunaan boron lebih ekonomis dalam bentuk senyawa. Jenis *filler* karbida boron (B₄C) dapat ditambahkan pada UHMWPE (Kaloshkin, dkk., 2012) namun kurang efektif karena harganya cukup tinggi. Oleh karena itu, perlu diteliti jenis *filler* dari senyawa lain sebagai bahan alternatif. Jenis lain dari senyawa boron yang dapat digunakan untuk *filler*

adalah boraks pentahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) karena memiliki kualitas mekanik yang baik (Ozalp, 2008 dan Noviarthy, dkk., 2013)

Polimer UHMWPE dan *filler* $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ memiliki perbedaan densitas, karena itu diperlukan teknik *blending* berupa pencampuran bahan polimer dengan pemanasan dan pengadukan secara bersamaan. Metode *blending* dapat menghasilkan komposit yang homogen (Juliyani, dkk., 2012). Selanjutnya, peningkatan nilai densitas dapat dilakukan dengan metode kompaksi (Uhm, dkk., 2010) berupa proses pemadatan untuk meminimalkan jarak antar partikel penyusun bahan (Xiaozhou dkk., 2010). Penggunaan metode *blending* dan kompaksi bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap morfologi komposit polimer UHMWPE- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Morfologi permukaan bahan perisai radiasi dapat dilihat secara mikro menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Morfologi bahan perisai dikatakan baik jika bahan tersebut homogen atau setiap elemen penyusun bahan tersebar secara merata. SEM dapat mengamati struktur mikro karena bekerja memanfaatkan elektron dengan resolusi 0,1-0,2 nm. Resolusi elektron jauh lebih tinggi dibandingkan cahaya yang hanya mampu mencapai 200 nm, sehingga dengan menggunakan elektron dapat diperoleh beberapa jenis pantulan yang berguna untuk keperluan karakterisasi bahan (Sujatno, 2015). SEM bekerja dengan memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda. Ketika lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel, sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel. Saat elektron mengenai sampel maka permukaan sampel akan mengeluarkan elektron baru. Pada SEM gambar dibuat berdasarkan deteksi elektron baru (*secondary electrones*) atau elektron pemantul (*backscattered*) yang muncul dari permukaan sampel. Elektron sekunder atau elektron pantul yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, kemudian besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap-terang pada layar monitor *Cathode Ray Tube* (CRT).

Jenis elemen penyusun bahan, perbandingan komposisi penyusun bahan dan pemetaan elemen dapat diidentifikasi dengan *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS). Jenis atom atau unsur yang terkandung dalam sampel dapat diketahui dari spektrum energi sinar-X. Sedangkan persentase unsur yang terkandung dalam sampel dapat diketahui dari tingginya intensitas. Karakterisasi EDS memakai prinsip dasar bahwa setiap elemen memiliki atom dengan struktur unik, sehingga memungkinkan ciri khas dari struktur atom suatu elemen dapat diidentifikasi antara satu dengan yang lain. Sinar-X diemisikan dari transisi elektron pada lapisan kulit atom, karena itu tingkat energinya tergantung dari tingkatan energi kulit atom. Setelah sinar-X ditembakkan pada posisi yang diinginkan, akan muncul puncak-puncak tertentu mewakili suatu unsur yang terkandung pada bahan.

Berdasarkan ulasan di atas, pada penelitian ini dibuat komposit polimer UHMWPE dengan *filler* $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebagai bahan perisai radiasi neutron termal menggunakan metode *blending*. Selanjutnya komposit polimer UHMWPE- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dikompaksi untuk meningkatkan densitas bahan. Untuk mengetahui sebaran *filler* di dalam bahan yang telah dibuat, dilakukan karakterisasi menggunakan SEM-EDS.

2. METODE PENELITIAN

Serbuk UHMWPE dan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ di-*blending* menggunakan *Torque Rheomix Mixer* secara bersamaan dengan persentase penambahan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ masing-masing 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 52% selama 15 menit, kondisi vakum dengan pemanasan 165°C (Sukaryo, dkk., 2012). Hasil *blending* kemudian dikompaksi menggunakan *hydraulic press* dengan pembebanan 10 ton.

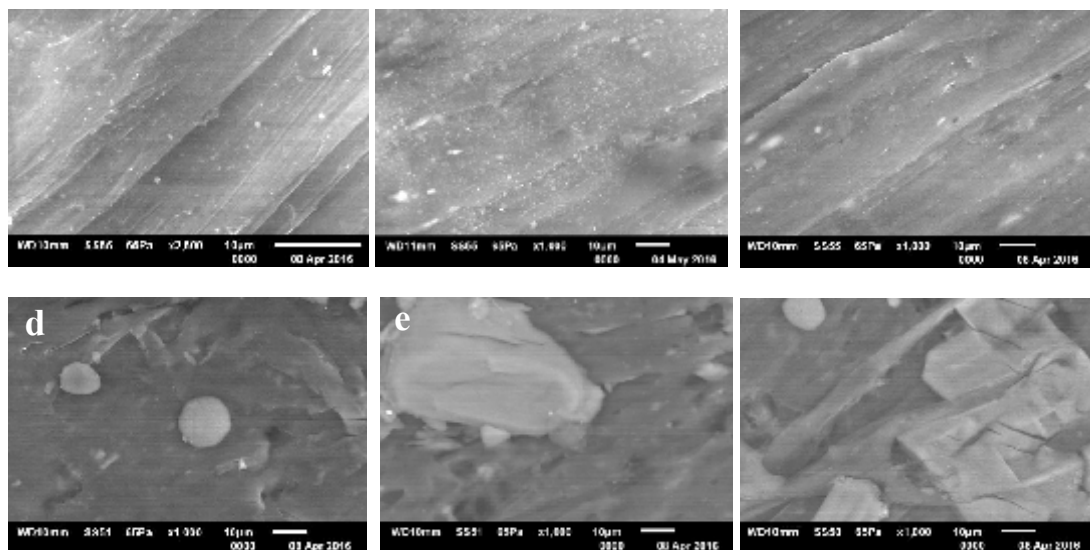
Pengamatan morfologi permukaan sampel dilakukan dengan SEM-EDS. Set alat pada 20 kV dengan *low vacuum mode* untuk menghindari naiknya sensitifitas pendeteksian alat

terhadap bahan oksida $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ yang pada penelitian ini bersifat non-konduktif. Pengamatan sebaran *filler* pada permukaan sampel dan perbandingan komposisi UHMWPE dengan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dilakukan dengan proses *mapping* (pemetaan) sebaran *filler* pada sampel dengan konsentrasi *filler* 10% dan 52%. Sebaran *filler* dipilih untuk elemen natrium (Na) yang merupakan salah satu elemen penyusun *filler* $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Kemudian dilanjutkan dengan proses EDS untuk mengetahui persentase *filler* pada masing-masing sampel dengan variasi komposisi.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Morfologi Permukaan Bahan

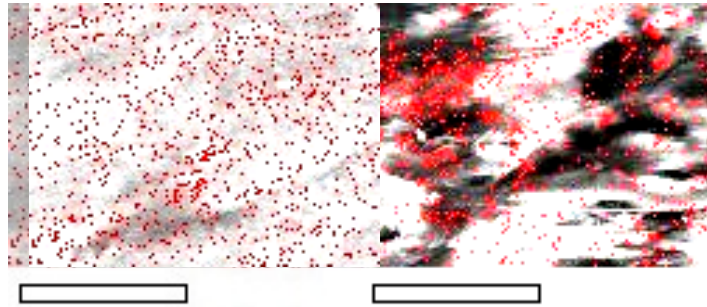
Pada hasil gambar SEM untuk setiap komposisi sampel, morfologi permukaan sampel mulai terlihat jelas berbeda dari bahan dasar pada penggunaan *filler* 30% hingga 52% (Gambar 1 d, e dan f). Pada permukaan terdapat gumpalan-gumpalan dengan intensitas lebih terang dibandingkan bahan dasar. Sebaran gumpalan meningkat pada penggunaan *filler* 40%, tetapi kembali menurun pada 52%.



Gambar 1. Hasil SEM komposit polimer UHMWPE- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan penambahan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (a) 0%, (b) 10%, (c) 20%, (d) 30%, (e) 40%, dan (f) 52%

3.2 Pemetaan Sebaran *Filler* pada Permukaan Bahan

Sebaran *filler* pada permukaan bahan dapat diketahui dengan proses pemetaan unsur-unsur penyusun bahan. Unsur yang paling efektif diambil data pemetaannya untuk mewakili sebaran *filler* adalah Na (Gambar 2). Hal ini disebabkan karena unsur B dari bahan tidak dapat dideteksi melalui proses pemetaan. Sebagian besar unsur penyusun bahan adalah C, sehingga unsur C sangat mudah dideteksi. Namun hal ini menyebabkan hasil pemetaan untuk B dan C tidak dapat dibedakan, karena pemetaan unsur-unsur dengan nomor atom berdekatan tidak definitif, bahkan *overlapping* (tumpang tindih) dengan unsur yang memiliki persentase lebih tinggi (Sujatno, 2015).



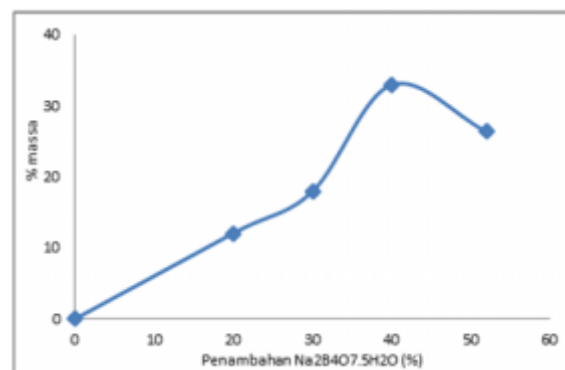
Gambar 2. Pemetaan unsur natrium (Na) pada komposit polimer UHMWPE- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, bar = 30 μm dengan penambahan (a) 10% dan (b) 52% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Gambar 2 menunjukkan sebaran Na pada permukaan sampel dengan komposisi *filler* 10% (Gambar 2.a) dan 52% (Gambar 2.b). Jika dibandingkan antara sampel dengan *filler* 10% dan 52% terjadi peningkatan jumlah Na. Artinya peningkatan kandungan *filler* pada bahan yang dihasilkan sebanding dengan penambahan persentase *filler* yang digunakan dalam proses preparasi sampel. Pemilihan sampel dengan konsentrasi tersebut dilakukan karena sebaran Na pada hasil pemetaan untuk konsentrasi pertengahan (30%), perbedaannya tidak signifikan dengan penggunaan *filler* 10%. Hal ini disebabkan karena jumlah unsur yang dipetakan jauh lebih kecil dibandingkan dengan keseluruhan bahan. Jumlah Na hanya 7,1% dari jumlah *filler* yang ada pada bahan.

Pada Gambar 2.b terlihat adanya penumpukan *filler* di beberapa bagian bahan. Penumpukan dapat terjadi karena H_2O pada *filler* tidak seluruhnya dapat menguap selama proses *blending* dan pemanasan. Kandungan H_2O menyebabkan terjadinya gumpalan-gumpalan pada serbuk *filler*. Dalam hal ini, peningkatan jumlah *filler* hanya dapat dilakukan hingga batas konsentrasi tertentu, tetapi jika penggunaan *filler* berlebihan menyebabkan tingkat homogenitas komposit yang dihasilkan menurun.

3.3 Analisis Persentase *Filler* dengan EDS

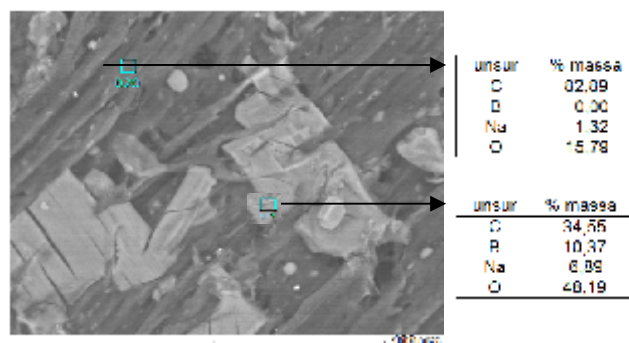
Analisis EDS dilakukan pada sampel komposit polimer UHMWPE- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ untuk semua komposisi. Analisis EDS bertujuan untuk mengetahui persentase massa *filler* yang terkandung pada setiap jenis sampel (Gambar 3) dan mengetahui jenis unsur penyusun bahan.



Gambar 3. Persentase massa $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ pada permukaan komposit polimer UHMWPE- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Pada Gambar 3 dapat dilihat persentase massa $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ di permukaan sampel mengalami peningkatan dengan penambahan *filler* $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ pada bahan hingga konsentrasi 40%. Ketika penambahan *filler* melebihi 40%, massa $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ di permukaan sampel berkurang. Hal ini sesuai dengan hasil gambar morfologi permukaan (Gambar 1), pada penambahan *filler* 40% terdeteksi gumpalan yang lebih banyak dan tersebar lebih merata dibandingkan sampel dengan *filler* 52%. Hasil analisis EDS menunjukkan komposisi bahan dasar dan *filler* optimum pada perbandingan massa masing-masing (60:40) %. Komposit bahan dasar UHMWPE berfungsi sebagai pembungkus *filler*. Jika jumlah *filler* melebihi jumlah bahan dasar, *filler* yang dapat tercampur dengan bahan hanya sampai batas kemampuan bahan dasar untuk membungkusnya. Massa *filler* yang tersisa tidak dapat tercampur lagi dengan bahan. Jadi pada proses *blending* penggunaan *filler* dengan persentase massa 52% tidak efektif untuk dilakukan.

Hasil EDS juga dapat digunakan untuk mengetahui unsur-unsur yang ada pada area tertentu di permukaan bahan. Seperti pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa elemen yang berbentuk gumpalan dengan intensitas lebih terang (area 019) memiliki kandungan *filler* diantaranya B, Na dan O lebih tinggi dibandingkan dengan elemen yang berwarna gelap (area 020), bahkan pada area 020 tidak terdeteksi adanya kandungan unsur B. Sementara kandungan C tetap ada pada keduanya, hanya saja pada area 019 jumlahnya sedikit, sehingga dapat disimpulkan bahwa elemen yang berwarna gelap sebagian besar adalah UHMWPE dan gumpalan-gumpalan dengan intensitas lebih terang sebagian besar adalah *filler*. Adanya kandungan C pada gumpalan tersebut menunjukkan bahwa proses *blending* yang telah dilakukan berfungsi dengan baik untuk mencampurkan bahan dasar dan *filler*, tetapi kandungan H_2O pada *filler* menyebabkan terjadinya penumpukan bahan dasar dan *filler* yang sudah tercampur rata tersebut di area-area tertentu.



Gambar 4 Persentase massa unsur-unsur yang terkandung pada beberapa bagian permukaan komposit polimer UHMWPE- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (komposisi 40% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini proses *blending* UHMWPE dan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ berhasil membentuk komposit polimer yang homogen dan proses kompaksi berhasil untuk meminimalkan jarak antar partikel penyusun komposit polimer UHMWPE- $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan persentase optimum penambahan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ pada UHMWPE adalah sebanyak 40%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Joseph, W., Grant, W., Bobek, L., Regan, T & Lowell, U, 2011, Boron Fiber Neutron Thermal Properties, *Specialty Materials*, University Avenue, 1852-1854.
2. Juliyani, Sutiarmo, Setiawan, & Kristianti, 2012, Karakterisasi Bahan Pelindung Neutron B₂O₃ dengan Teknik Radiografi Neutron, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2012*, ISSN 1411-2213.
3. Kaloshkin, S. D., Tcherdyntsev, V. V., Gorshenkova, M. V., Gulbina, V. N & Kuznetsov, S.A, 2012, Radiation-protective polymer-matrix nanostructured composites, *Journal of Alloys and Compounds*, 536S, S522– S526.
4. Kim, J., Lee, B., Uhm, Y., & Miller, 2014, Enhancement of thermal neutron attenuation of nano -B₄C, -BN dispersed neutron shielding polymer nanocomposites, *Journal of Nuclear Materials*, 453, 48-53.
5. Ozalp, M, 2008, The Investigation of Borax Pentahydrate Influences With Double Components in Varnish Applications of Wood Materials, *Journal: Wood Research*, 53, 4, 121-128.
6. Salimi, M., Amirabadi, E. A., Gal-Eh, N., & Etaati, G. R, 2013, Design and simulation of concrete reinforced with Fiber as a shield to Gamma and Neutron radiations, *International Science and Investigation Journal*, ISSN, 25, 2251-8576.
7. Steven, M. K, 2009, Ultra High Molecular Weight Polyethylene in Total Joint Replaceent and Medical Device, *UHMWPE Hand Book*, Academic Press.
8. Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana., & Dimiyati, A, 2015, Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium, *Jurnal Forum Nuklir (JFM)*, 9, 2, 44-50.
9. Sukaryo, S. G., Arifin, N., Sudaryo., & Sudirman, 2012, Pengaruh Radiasi Gamma Terhadap Sifat Mekanik UHMWPE untuk *Tibial Tray*, *Jurnal Kimia Kemasan*, 34, 2, 271-280.
10. Uhm, Y. R., Kim, J., Jung, J., & Rhee, C, K., 2010, Preparation and characteristics of nano-B₄C/PVA particles and ultra high molecular weight polyethylene composites, *Koeran Journal of Chemical Engineering*, 27(4), 1338-1342.
11. Xiaozhou, C., Xiangxin, X., Tao, J., Zhefu, L., Yuefeng, D., Yong, L., He, Y, 2010, Mechanical properties of UHMWPE/Sm₂O₃ composite shielding material, *Journal of Rare Earths*, 28, 482.