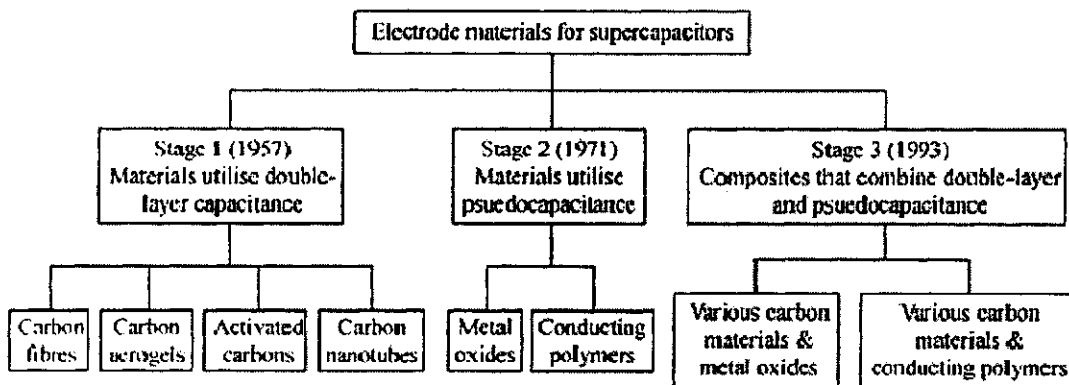


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengenalan

Supercapacitor atau ultracapacitor (E. Frankowiak, et al. 2001) adalah istilah yang digunakan untuk komponen elektrik yang mempunyai nilai kapasitan mencapai ribuan farad. Dikarenakan nilai kapasitannya, supercapacitor menjadi peralatan elektrik yang dipilih untuk penyimpanan tenaga. Perbandingan supercapacitor dengan baterai sebagai penyimpan tenaga listrik mempunyai nilai negatif dan positif. Salah satu kekurangan supercapacitor adalah penyimpanan tenaga spesifik yang relatif rendah (R. Kotz, et al. 2000). Komemercial produk supercapacitor mempunyai spesifik energi dibawah 10 Wh kg⁻¹, lebih rendah jika dibandingkan dengan baterai yaitu 35-40 Wh kg⁻¹, untuk lead-acid baterai, tetapi untuk litium ion baterai dapat mencapai 150 Wh kg⁻¹. Supercapacitor mempunyai spesifik daya yang lebih tinggi dari betterai. Sisi positif lain adalah siklus hidup yang lebih tinggi, dapat dioperasikan pada range temperatur yang lebih besar dan cas dan dis cas yang cepat.



Gambar 1: Perkembangan penyelidikan bahan elektroda superkapasitor.

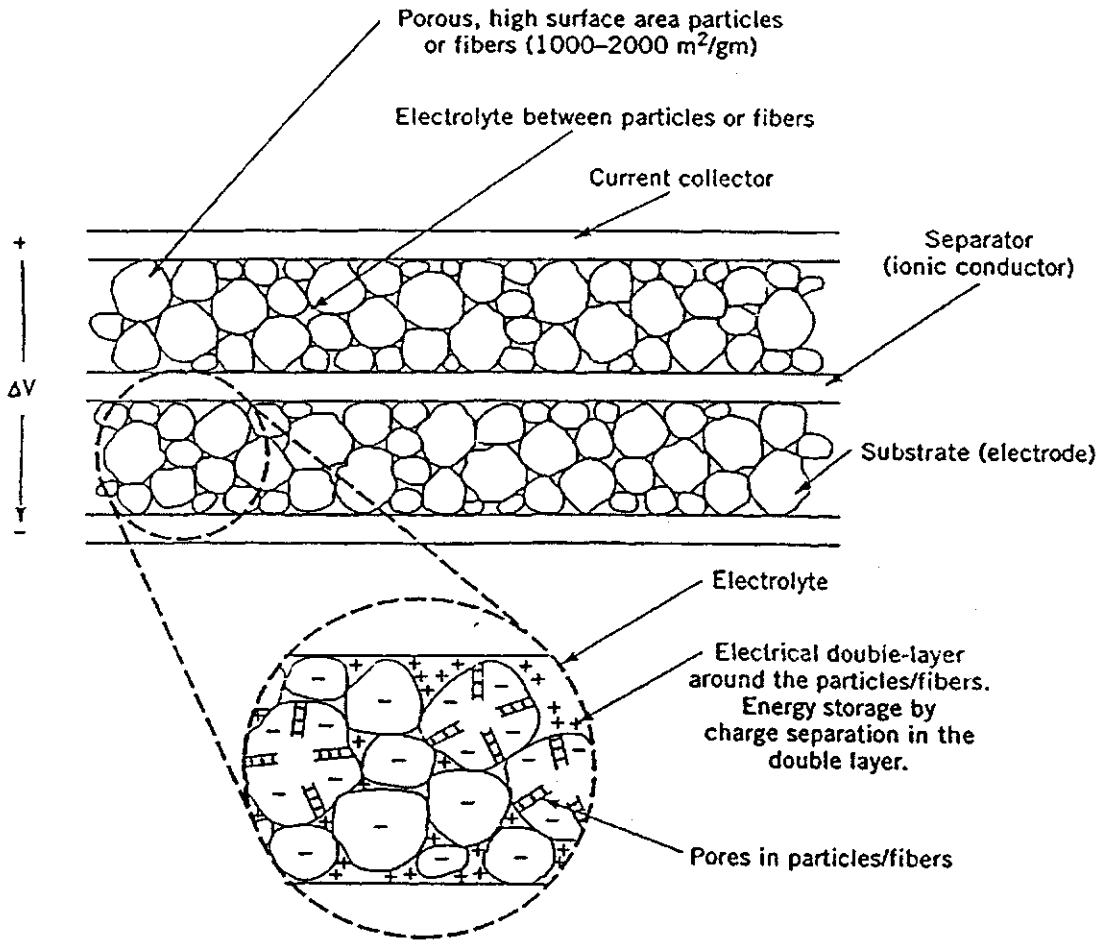
Penyelidikan pada supercapacitor dapat dibagi dalam dua kelompok berdasarkan pada mode penyimpanan energi yang disebut: 1) superkapasitor redox dan 2) kapasitor elektrokimia dua lapisan. Pada superkapasitor redox (juga dikenal dengan istilah pseudocapacitor), sebuah tipe transfer muatan reversibel Faradaic yang menghasilkan kapasitan, yang bukan elektrostatis asal (sehingga diberi awalan 'pseudo' yang membedakan dari kapasitan electric statis). Kapasitan diasosiasikan dengan sebuah proses elektrokimia cas transfer yang mempunyai nilai lebih menggunakan material aktif tertentu (B.E. Conway,

1999). Kelompok material pseudocapacitive yang paling dikenal adalah oksida logam transisi (yang paling populer adalah oksida ruthenium) dan polymer conducting seperti polyaniline, polypyrrole atau turunan polythiopene (C. Peng, et al. 2008). Sedangkan, penyimpanan tenaga pada kapasitor elektrokimia dua lapisan (KEDL) hampir menyerupai kapasitor tradisional yaitu melalui pemisahan muatan. Supercapacitor dapat menyimpan lebih banyak tenaga per unit masa atau volume dari pada kapasitor konvensional karena: 1) pemisahan muatan terjadi pada jarak yang sangat kecil pada KEDL yang terjadi pada perbatasan elektoda dan elektrolit (B.E. Conway, 1999), 2) jumlah muatan yang dapat tersimpan dapat ditingkatkan dengan luas permukaan yang tinggi (terjadi karena jumlah pori yang besar dalam material elektrode dengan luas permukaan yang besar). Mekanisme penyimpanan tenaga berlangsung secara cepat karena melibatkan perpindahan ion dari dan keluar permukaan elektrode.

Supercapacitor jenis KEDL adalah kategori supercapacitor yang sangat maju dikembangkan. Carbon dalam berbagai bentuk, secara intensif terus di kaji dan digunakan secara meluas sebagai material elektrode pada KEDL yang pengembangannya di fokuskan pada pencapaian luas permukaan yang lebih tinggi dengan tahanan yang lebih rendah.

2.2. Struktur KEDL

Struktur superkapasitor terdiri dari dua buah elektrode yang terendam dalam elektrolit, dengan sebuah pemisah ion-permeable yang terletak diantara kedua elektroda, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Dalam devais seperti itu, masing-masing antar muka elektrode elektrolit mewakili sebuah kapasitor sehingga sebuah sel lengkap dapat dipandang sebagai dua kapasitor tersusun secara series. Untuk kapasitor simetris (elektrode yang sama), kapasitan sel, ditunjukkan sebagai :



Gambar 2. Struktur superkapasitor

$$\frac{1}{C_{cell}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (1)$$

Dimana C_1 dan C_2 mewakili kapasitan untuk elektrod pertama dan kedua (X. Andrieu, et al, 2000). Sedangkan nilai literature dari kapasitan spesifik selalu dipilih sebagai kapasitan satu elektroda, biasanya di peroleh dari pengukuran menggunakan tiga elektrode yang melibatkan referen dan konter elektrode (D. Qu, et al. 1988). Kapasitan dwi-lapisan, C_{dl} , pada masing-masing antara muka elektrod ditunjukkan dengan rumusan

$$C_{dl} = \frac{\epsilon A}{4\pi t} \quad (2)$$

Dimana ϵ adalah konstanta dielektrik dari daerah dwi-lapisan, A adalah luas permukaan dari elektroda dan t adalah tebal dari dwi-lapisan elektrik. Pada kapasitor dwi-lapisan, merupakan kombinasi dari luas permukaan yang tinggi (biasanya $> 1500 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) dengan pemisahan muatan yang sangat kecil (Angstroms) yang dapat menghasilkan kapasitan yang tinggi

(A.K.Shukla, et al, 2000). TEnergi (E) dan daya (P_{max}) dari superkapasitor dapat ditentukan berdasarkan

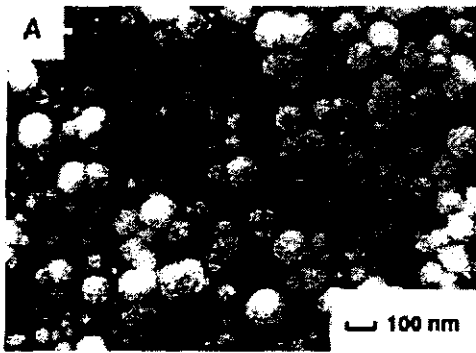
$$E = \frac{1}{2} CV^2 \tag{3}$$

$$P_{max} = \frac{V^2}{4R} \tag{4}$$

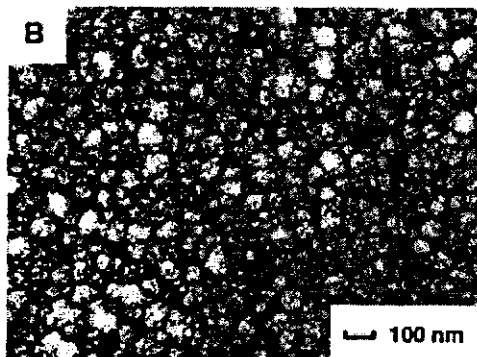
Dimana C adalah kapasitan dc dalam Farads, V adalah tegangan dan R adalah eguivalen tahanan series (ESR) dalam ohm (X. Andrieu, et al, 2000).

2.3 Nanopartikel Logam

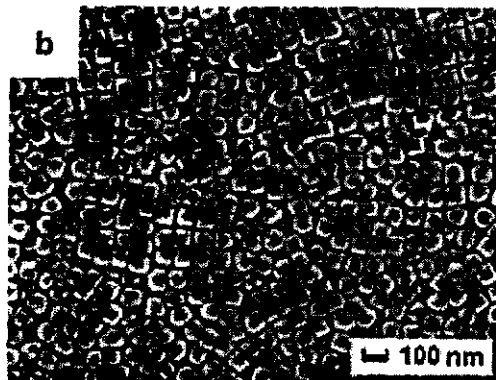
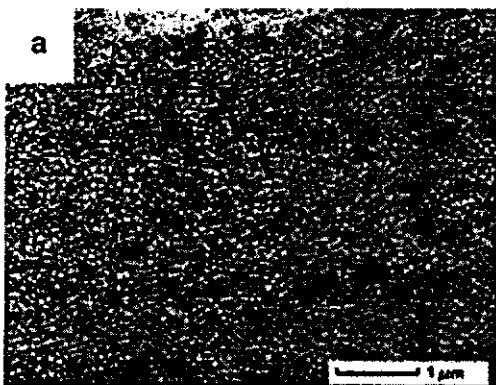
Platinum dan Paladium nano partikel dapat ditumbuhkan pada bahan ITO, Karbon glass, (Gang Chang, Munetaka Oyama , Kazuyuki Hirao, 2006, 2007) dengan menggunakan teknik kimia basah. Pada gambar 5 dan 6 dituntujkkan Platinum dan Palladium nanopartikel yang ditumbuhkan permukaan karbon glass.



Gambar.3A Platinum nano claster pada glassi karbon
Gang Chang , Munetaka Oyama , Kazuyuki Hirao, 2007.

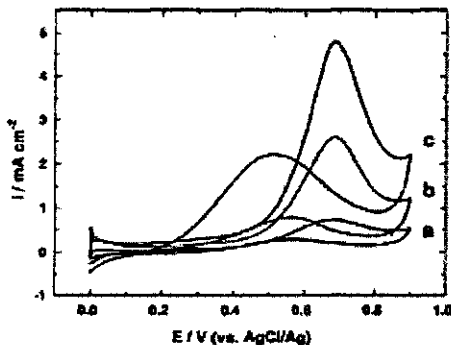


Gambar. 3 B Platinum nano film pada glasi karbon
Gang Chang , Munetaka Oyama , Kazuyuki Hirao, 2007.



Gambar 4. Nano partikel Paladium yang ditumbuhkan diatas karbon glass
Gang Chang a, Munetaka Oyama b, Kazuyuki Hirao , 2007

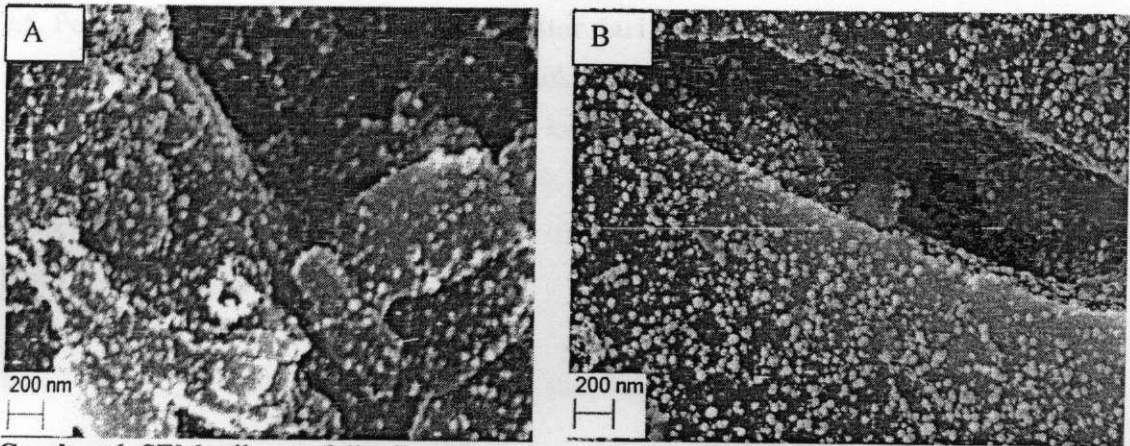
Sifat elektrokimia platinum palladium nanopartikel yang ditumbuhkan karbon glass pun telah diselidiki, seperti ditunjukkan pada gambar dibawah



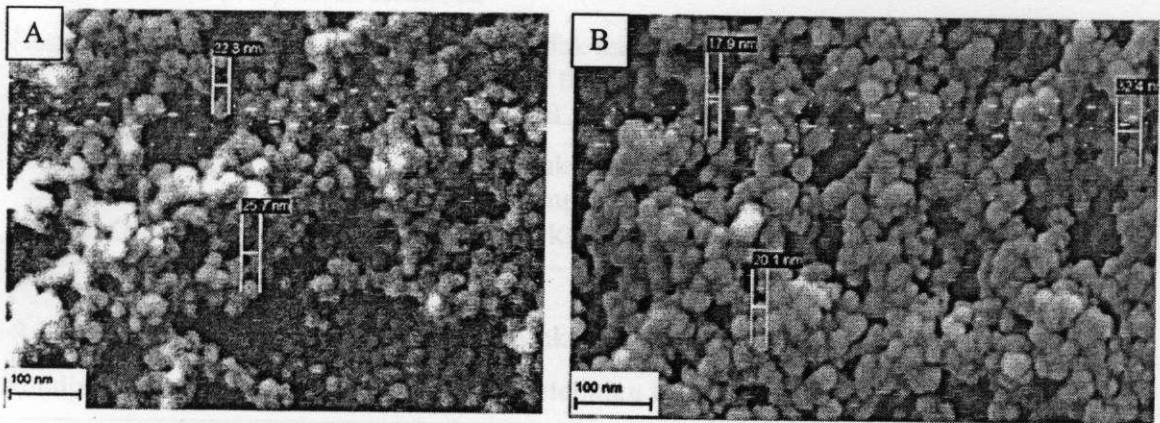
Gambar 5. Siklus voltamogram a. platinum nano cluster b, platinum nano film dalam larutan 0,5M H₂SO₄ dengan scan rate 50mV/s

2.4. Hasil yang telah dicapai pada penumbuhan nanopartikel logam pada permukaan pellet karbon dan ITO

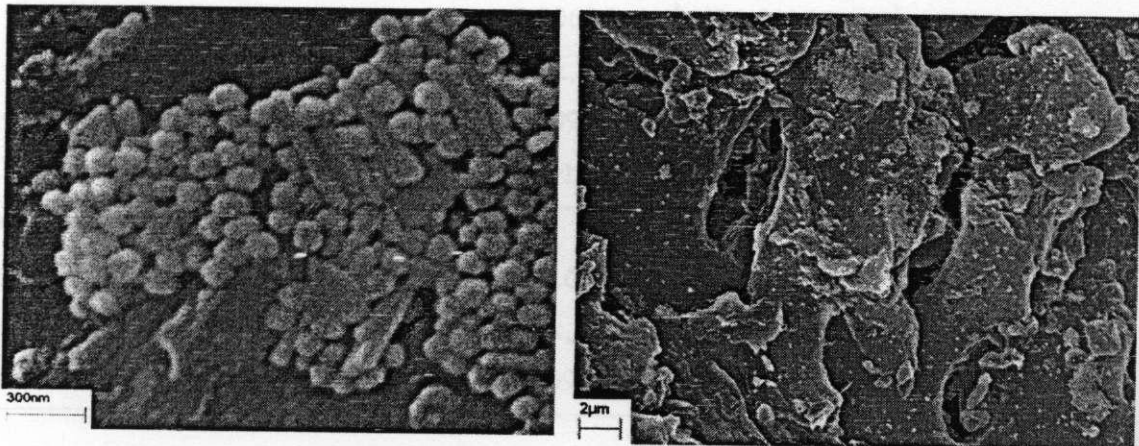
Beberapa hasil terpenting yang berkait langsung dengan penelitian yang diusulkan dapat dikemukakan sebagai berikut: Iwantono dkk, sejak tahun 2007 telah melakukan studi awal tentang penumbuhan nano-partikel logam (Pt, Pd dan Au) pada beberapa substrat seperti, pellet karbon dan ITO. Gambar SEM (Pt dan Au) yang ditumbuhkan pada permukaan pellet karbon ditunjukkan pada Gambar 5 (E. Taer, 2009) dan 7 (E. Taer, 2009) sedangkan penumbuhan Pd pada permukaan ITO ditunjukkan pada Gambar 6 (Iwantono, 2010). Dari gambar tersebut ditunjukkan bahwa nano-partikel logam Pt, Pd dan Au dapat ditunjukkan bahwa partikel yang dihasilkan tumbuh merata pada permukaan pellet karbon dan ITO. Sehingga diharapkan nano-partikel logam tersebut dapat juga ditumbuhkan pada permukaan pengumpul arus stanlees secara merata dan terikat kuat sehingga dapat berperan sebagai antaramuka pada piranti superkapasitor.



Gambar 6. SEM mikrograf distribusi Pt nano-partikel pada permukaan pellet karbon dengan beda waktu penumbuhan A, 2 jam dan B, 16 jam



Gambar 7. SEM mikrograf distribusi Pd nano-partikel pada permukaan ITO dengan beda waktu penumbuhan A, 1 jam dan B, 24 jam.



Gambar 8. SEM mikrograf distribusi Pd nano-partikel pada permukaan pellet carbon selama 24 jam dengan A, pembesaran 40k dan B, pembesaran 3k.

2.5. Pengembangan elektroda superkapasitor dari serbuk gergaji kayu karet

Peneliti secara khusus telah mengembangkan elektroda superkapasitor berbentuk pellet dari bahan biomassa yaitu limbah gergaji kaku karet. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5 berikut. Berdasarkan hasil yang telah dicapai ini dapat dijadikan pengetahuan dasar untuk pengembangan elektroda karbon superkapasitor dari sumber lain, seperti petroleum based (green pertolium coke).

Tabel 2. Optimasi pengembangan elektroda superkapasitor dari serbuk gergaji kayu karet

Tahapan Kegiatan	Hasil
a. Variasi tekanan pempeletan elektroda	
-Density	Tidak terlalu bervariasi pada daerah 7-10ton, 0.83 s/d 0.86 g/cm ³
-Luas permukaan BET	318.18 s/d 337.93 m ² /g
-Kapasitan spesifik	Mak pada tekanan 8 ton (nilai rata-rata dari 5 sampel, 95.04, retained ratio sangat rendah
Kondisi Optimum	Tekanan 8 ton
b. Variasi ketebalan elektroda	
-Retained ratio	Maksimum pada ketebalan 0.4mm, 21.33%
Kondisi Optimum	Ketebalan 0,4mm
c. Variasi suhu karbonisasi	
-Luas permukaan BET	733.99 m ² /g, suhu 600C
-Konduktivitas listrik	0.0068 S cm ⁻¹ s/d 0.0126 S cm ⁻¹
-Kapasitan spesifik	Mak, 29.09 F/g, pd suhu 600C
-Retained ratio	23.09 % setelah scan rate 100mV/s
Kondisi Optimum	Karbonisasi pada suhu 600C
d. Variasi waktu	
-Luas permukaan BET	860.66 m ² /g, waktu 2.5 jam
-Kapasitan spesifik	Mak, 90 F/g
-Retained ratio	19.09 % setelah scan rate 100mV/s