

## KECENDERUNGAN ORIENTASI KRISTALIT BAJA SILIKON INTI TRANSFORMATOR

Mohtar\*, Rahmat Satoto\*\*, Hans K. Sujono\*\*

\* Pusat Penelitian Sains Materi - Badan Tenaga Atom Nasional

\*\* Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan - LIPI

### ABSTRAK

KECENDERUNGAN ORIENTASI KRISTALIT BAJA SILIKON INTI TRANSFORMATOR. Telah dilakukan analisis kecenderungan orientasi kristalit baja silikon inti transformator lampu tabung, untuk mengetahui sejauh mana dukungan orientasi kristalit terhadap fungsinya sebagai inti transformator. Penelitian dilakukan pada dua macam lampu tabung dari pasaran merek "Sinar" dan "Ballast". Analisis bahan dilakukan dengan teknik difraksi sinar x, menggunakan metoda "inverses pole figure". Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada kedua merek dagang tersebut arah bidang  $\langle 100 \rangle$  dominan menghadap ke arah longitudinal, dan "Ballast" lebih kuat dari "Sinar", sedangkan arah transversal vertikal keduanya acak. Pada arah transversal horisontal untuk merek "Sinar" ada sedikit kecenderungan arah bidang  $\langle 310 \rangle$ . Dari hasil di atas menunjukkan bahwa kecenderungan orientasi kristalit kedua cuplikan di atas mendukung fungsinya sebagai inti transformator.

### ABSTRAK

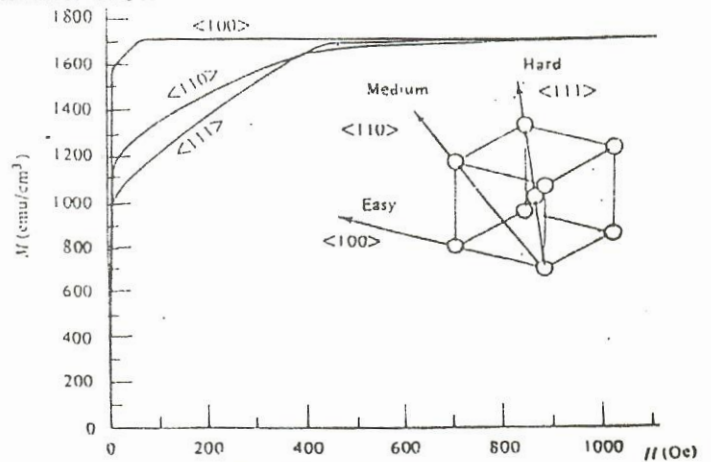
PREFERRED ORIENTATION IN SILICON STEEL OF TRANSFORMER CORE. The preferred orientation in silicon steel of transformer core has been investigated for getting the understanding how the preferred orientation supports the function as a transformer core. Investigation has been done for two transformer cores from "Sinar" and "Ballast" trade mark. The analysis was done by diffraction technique and inverse pole figure method. The result of the preferred orientation analysis was as follows; longitudinal direction of the transformer core is in accordance with the plane direction  $\langle 100 \rangle$ , and "Ballast" is stronger than "SINAR", while the transversal vertical is random for both samples. Transversal horizontal direction of "Sinar" is tending toward plane  $\langle 310 \rangle$ . Therefore the experimental results could be concluded that the preferred orientation of both transformer cores are equal, and in accordance with their function as transformer cores.

### PENDAHULUAN

Inti transformator pada umumnya terbuat dari baja silikon dengan kadar silikon sekitar 3,2%. Baja tersebut pada fasa- $\alpha$  (ferit) dan bersifat ferromagnetik karena sifat itulah maka bahan tersebut banyak digunakan sebagai inti transformator [1,2,3]. Hasil penelitian Honda dan Kaya [1] pada kristal tunggal besi menunjukkan adanya anisotropi magnetik. Arah mudah untuk magnetisasi dan de-magnetisasi pada besi tersebut adalah arah bidang  $\langle 100 \rangle$ , menengah  $\langle 110 \rangle$  dan arah sulit adalah  $\langle 111 \rangle$  seperti terlihat pada Gambar 1.

Hasil penelitian di atas telah mapan dan menjadi bahan rujukan sampai saat ini.

Berdasarkan fungsinya, inti transformator akan dimagnetisasi dan demagnetisasi. Dari kurva anisotropi di atas, maka inti transformator yang terbuat dari baja silikon dengan matrik besi- $\alpha$  (ferit) akan semakin efisien jika arah bidang kristal  $\langle 100 \rangle$  pada bahan tersebut



Gambar 1. Kurva anisotropi magnetik yang dilakukan oleh Honda dan Kaya [1].

sebanyak-banyaknya menghadap arah longitudinal.

Dari penelitian ini diharapkan bisa diketahui arah kecenderungan orientasi kristalit inti transformator lampu tabung yang ada di

pasaran, untuk melihat kesesuaiannya dengan arah terbaik berdasarkan fungsinya sebagai inti transformator.

Analisis kecenderungan orientasi kristalit dilakukan dengan teknik difraksi sinar x. Sedangkan metoda yang digunakan adalah *inverse pole figure* [4,7], di mana orientasi kristalit ditentukan dari intensitas relatifnya terhadap intensitas serbuk untuk tiap-tiap arah spesimen dan masing-masing bidang kristal. Pola-pola arah bidang kristalit terbaca dari proyeksi stereografi standar.

### TATA KERJA DAN PERCOBAAN

#### Peralatan

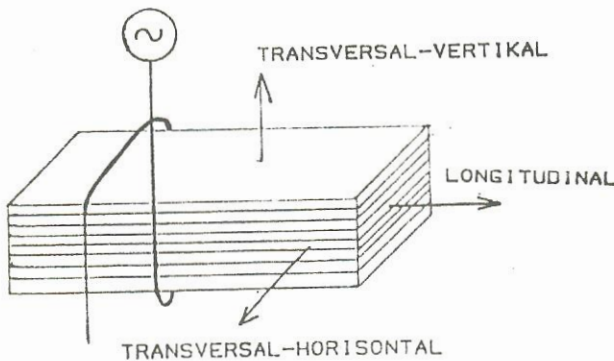
Sebagai alat utama digunakan difraktometer sinar x, merek RIGAKU milik P3FT-LIPI di Bandung, dengan sumber radiasi  $CuK\alpha$ , rentang sudut  $40,00^\circ$  sampai dengan  $140,00^\circ$ , dan langkah tiap  $0,02^\circ$ . Untuk mempersiapkan cuplikan digunakan alat-alat bantu berupa: kikir untuk membuat serbuk, gergaji besi, dan perekat besi.

#### Bahan

Bahan cuplikan berupa dua macam transformator lampu tabung dari pasaran dengan merek dagang "Sinar" dan "Ballast".

#### Prosedur kerja

Kedua cuplikan dipersiapkan untuk difraksi sinar x pada tiga macam arah, dan satu serbuk. Ketiga macam arah adalah longitudinal, transversal-vertikal dan transversal-horisontal (Gambar 2).



Gambar 2. Ketiga macam arah pengambilan data intensitas.

Untuk cuplikan arah transversal-horisontal, pelat-pelat inti transformator ditumpuk berlapis-lapis sampai cukup untuk ukuran cuplikan difraksi sinar-x. Sedangkan untuk menyiapkan cuplikan serbuk, pelat inti transformator dikikir.

Dari pola difraksi tiap cuplikan, intensitas relatif tiap bidang kristal dan tiap cuplikan ditentukan. Kemudian koefisien *texture* dihitung menurut persamaan 1 [5,6].

$$T.C._{\langle h,k,l \rangle} = \frac{I_{\langle h,k,l \rangle} / I_{R\langle h,k,l \rangle}}{\frac{1}{n} \sum_1^n I_{\langle h,k,l \rangle} / I_{R\langle h,k,l \rangle}} \quad (1)$$

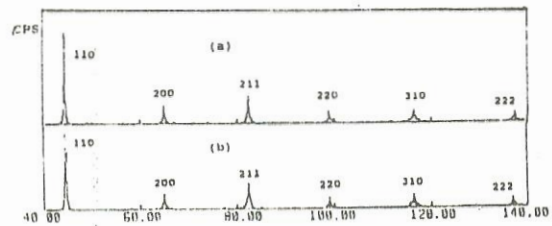
$T.C._{\langle h,k,l \rangle}$  = koefisien "texture" tiap arah bidang kristal  $\langle h,k,l \rangle$  dan tiap arah spesimen  $I_{\langle h,k,l \rangle}$  = intensitas bidang  $\langle h,k,l \rangle$  arah spesimen tertentu.

$I_{R\langle h,k,l \rangle}$  = intensitas bidang  $\langle h,k,l \rangle$  dari cuplikan serbuk.

$n$  = jumlah puncak difraksi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini pola difraksi arah acak (serbuk) dari kedua cuplikan.



Gambar 3. Pola difraksi sinar x dari cuplikan serbuk: (a) "Sinar" dan (b) "Ballast"

Dari puncak-puncak yang muncul pada pola difraksi di atas, maka struktur kristal kedua cuplikan adalah kubus-pusat-ruang (BCC). Struktur tersebut menunjukkan bahwa kedua cuplikan tersebut merupakan besi fasa- $\alpha$  (ferit).

Koefisien *texture* untuk seluruh arah bidang kristal yang dihitung dari pola difraksi tiap-tiap spesimen adalah sebagai berikut (lihat Tabel 1 s/d 6).

Dari harga-harga  $T.C._{\langle 2,0,0 \rangle}$  kedua cuplikan, pada arah longitudinal tampak harganya sangat besar yakni 2,13 untuk cuplikan "Sinar" dan 2,63 untuk cuplikan "Ballast". Sedangkan untuk arah transversal tidak ada harga T.C yang menyolok besarnya. Arah bidang  $\langle 200 \rangle$  adalah sama dengan arah bidang  $\langle 100 \rangle$ , sehingga kenyataan di atas menunjukkan banyaknya arah bidang  $\langle 100 \rangle$  yang menghadap ke arah longitudinal. Sedangkan untuk transversal relatif acak. Kecenderungan orientasi kristalitnya tampak lebih jelas pada proyeksi stereografi standarnya (Gambar 4). Pada pola stereografi standar kedua cuplikan, "Ballast" dan "Sinar"

Tabel 1. Analisis difraksi sinar-x "SINAR" longitudinal

No.	hkl	cac.	I	I <sub>R</sub>	I/I <sub>R</sub>	T.C.
1	110	1516	100	100	1,00	0,87
2	200	585	39	16	2,44	2,13
3	211	298	20	27	0,74	0,65
4	220	114	8	9	0,89	0,78
5	310	163	11	11	1,00	0,87
6	222	55	4	5	0,80	0,70
Jumlah					6,87	

Tabel 2. Analisis difraksi sinar-x "SINAR" transversal vertikal.

No.	hkl	cac.	I	I <sub>R</sub>	I/I <sub>R</sub>	T.C.
1	110	1555	100	100	1,00	1,47
2	200	186	12	16	0,75	1,10
3	211	264	17	27	0,63	0,93
4	220	77	5	9	0,56	0,82
5	310	120	8	11	0,73	1,08
6	222	55	2	5	0,40	0,59
Jumlah					4,07	

Tabel 3. Analisis difraksi sinar-x "SINAR" transversal horizontal.

No.	hkl	cac.	I	I <sub>R</sub>	I/I <sub>R</sub>	T.C.
1	110	449	100	100	1,00	0,87
2	200	118	26	16	2,63	1,12
3	211	150	33	27	1,22	0,80
4	220	63	14	9	1,55	1,08
5	310	110	25	11	2,27	1,57
6	222	24	5	5	1,00	0,69
Jumlah					9,67	

Tabel 4. Analisis difraksi sinar-x "BALLAST" longitudinal

No.	hkl	cac.	I	I <sub>R</sub>	I/I <sub>R</sub>	T.C.
1	110	1865	100	100	1,00	0,83
2	200	756	41	13	3,15	2,63
3	211	297	16	27	0,59	0,49
4	220	143	8	7	1,14	0,96
5	310	186	10	11	0,91	0,76
6	222	38	2	5	0,40	0,33
Jumlah					7,19	

Tabel 5. Analisis difraksi sinar-x "BALLAST" transversal vertikal.

No.	hkl	cac.	I	I <sub>R</sub>	I/I <sub>R</sub>	T.C.
1	110	512	100	100	1,00	0,59
2	200	158	31	13	2,38	1,41
3	211	193	38	27	1,41	0,83
4	220	59	12	7	1,71	1,01
5	310	137	27	11	2,45	1,45
6	222	33	6	5	1,20	0,71
Jumlah					10,15	

Tabel 6. Analisis difraksi sinar-x "BALLAST" transversal horizontal.

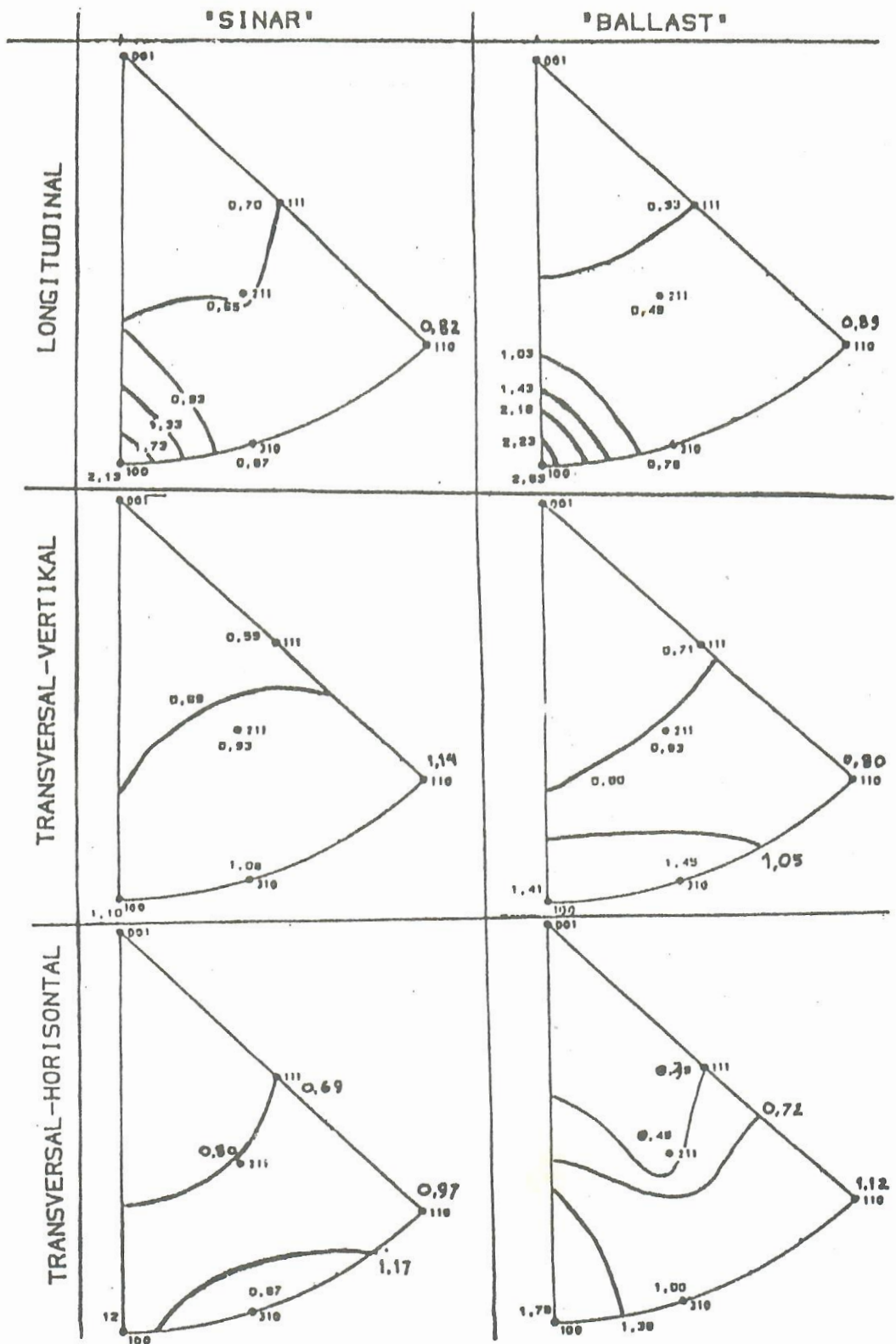
No.	hkl	cac.	I	I <sub>R</sub>	I/I <sub>R</sub>	T.C.
1	110	1650	100	100	1,00	1,20
2	200	311	19	13	1,46	1,78
3	211	163	10	27	0,37	0,45
4	220	100	6	7	0,86	1,05
5	310	146	9	11	0,82	1,00
6	222	37	2	5	0,40	0,39
Jumlah					4,91	

tampak adanya kutub-kutub yang memuncak ke arah bidang kristal <100> pada arah longitudinal. Sedangkan arah cuplikan transversal kesemuanya relatif acak, kecuali arah bidang kristal <310> ada sedikit kecenderungan menghadap ke arah transversal horisontal untuk bahan dari "Sinar".

#### KESIMPULAN

Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa orientasi kristalit kedua inti transformator

tersebut adalahh hampir sama, yakni pada arah longitudinal dominan diisi oleh bidang <100>, dan "Ballast" lebih kuat dari "Sinar". Keduanya juga relatif acak untuk arah cuplikan transversal. Kecenderungan orientasi kristalit kedua inti transformator tersebut sangat sesuai dengan fungsinya sebagai inti transformator maupun sebagai bahan magnetik lunak lainnya.



Gambar 4. Kecenderungan orientasi kristalit pada proyeksi stereografi standar

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. BRAILSFORD, F., Physical Principles of Magnetism, D. Van Nostran Company LTD., London (1966).
2. VAN VLACK, SRIATI DJAPRIE, Ilmu dan teknologi bahan, Erlangga, Jakarta (1981).
3. CULLITY, B. D., Introduction to magnetic materials, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., California (1972).
4. CULLITY, B. D., X-Ray Diffraction, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., London (1959).
5. WINEGAR, J. E., Measurement of Crystallographic Texture at Chalk River Nuclear Laboratories, Ontario (1977).
6. ROBERTI, R., Preferred Orientation in Drawn Austenitic Stainless Steel, Metallurgical Science and Technology, Vol. 5 [1] (1987).
7. MIRKIN, L. I., Handbook of Polycrystalline Materials, Consultan Bureau , New York (1964).

#### **DISKUSI**

##### **Engkir S.:**

Sebaiknya penelitian ini tidak hanya membuktikan baik tidaknya bahan yang dibuat pabrik, tetapi sebaiknya dapat memberikan saran untuk peningkatan kualitas produk bahan tersebut.

##### **Mohtar:**

Betul, tetapi itu sudah porsinya litbang industri, tetapi akan saya coba lakukan ke arah itu.  
Terimakasih