

PERANCANGAN SISTEM UKURAN KEMEJA ANAK-ANAK INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN K-MEANS CLUSTERING DAN METODE ELBOW

Novenda Kartika Putrianto¹, Yehezkiel San Darrel Erbi Saputra²

^{1, 2)} Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ma Chung
Email: novenda@msn.com¹, 411710027@student.machung.ac.id²

ABSTRACT

Clothing is divided into two types, namely custom and ready-to-wear (RTW) clothing. RTW clothing is available in stores in a wide selection of sizes. However, the size of each brand can be different. Therefore we need a standard that regulates the size of clothes. Indonesia itself already has SNI 7929:2013 and SNI 7930:2013 which regulates the size of shirts for boys and girls. However, the two SNIs still have drawbacks. This study aims to propose a design of a sizing system so that it can be adopted by manufacturers of children's shirts. The data collected were anthropometric data of 222 boys and 200 girls which were taken by measurement using a tape measure. The samples taken were 8-10 years old by considering nutritional factor, daily activities, and ethnicity. Sixteen variables used in this study correspond to the variables used to design children's clothing. The elbow method is used to get the optimal number of sizes and the k-means method is used to get the shirt size. The result shows that the seven size charts produced can be used as a size reference because the evaluation of the aggregate loss analysis of all sizes has value smaller than the ideal value and a cover factor 98% for boys and 84% for girls.

Keywords: *elbow method, k-means, sizing system for Indonesian kids*

ABSTRAK

Pakaian dibedakan menjadi dua jenis yaitu pakaian custom dan ready to wear (RTW). Pakaian RTW diperoleh secara cepat di toko dengan berbagai pilihan ukuran. Namun, ukuran pada masing-masing merek bisa berbeda-beda. Oleh karena itu diperlukan standar yang mengatur ukuran pakaian. Di Indonesia sendiri sudah memiliki SNI 7929:2013 dan SNI 7930:2013 yang mengatur tentang ukuran kemeja anak laki-laki dan perempuan. Namun kedua SNI tersebut juga masih memiliki kekurangan. Studi ini bertujuan untuk memberikan usulan rancangan sistem ukuran agar dapat diadopsi oleh produsen kemeja anak-anak. Data yang diambil berupa data antropometri 222 anak laki-laki dan 200 anak perempuan yang diambil dengan cara pengukuran langsung menggunakan tape measure. Sampel yang diambil berumur 8-10 tahun dengan mempertimbangkan faktor gizi, aktivitas sehari-hari dan suku. Enam belas variabel digunakan dalam studi ini sesuai dengan variabel yang dipakai untuk mendesain pakaian anak. Metode elbow digunakan untuk mendapatkan jumlah ukuran yang optimal dan metode k-means digunakan untuk mendapatkan ukuran kemeja. Hasil menunjukkan bahwa tujuh size chart yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan ukuran karena evaluasi dari analisis aggregate loss semua ukuran memiliki nilai lebih kecil dari ideal value dan cover factor sebesar 98% untuk pakaian anak laki-laki dan 84% untuk pakaian anak perempuan.

Kata kunci: *k-means, metode elbow, sistem ukuran kemeja anak*

Pendahuluan

Pakaian merupakan kebutuhan primer bagi manusia untuk menutup dan melindungi tubuh mereka dari suhu dan bahaya lain. Awal mulanya para pengguna pakaian membuat pakaian sesuai dengan ukuran tubuh mereka di penjahit. Pakaian tersebut memang sesuai dengan bentuk tubuh konsumen, namun konsumen membutuhkan waktu yang tidak cepat untuk mendapatkannya. Oleh karena itu muncul pakaian *ready to wear* (RTW) yang kini banyak beredar di distro, pasar, mall, dan tempat sejenisnya untuk menjual pakaian. Pakaian ini diproduksi secara massal dengan menggunakan beberapa label ukuran seperti *small, medium, large*. Beberapa pakaian juga menggunakan sistem nomor sebagai ukuran pakaian [1]. Ukuran (*size chart*) dalam pakaian RTW diperoleh melalui proses-proses dengan berbagai macam metode atau sistem yang digunakan untuk membuat satu set pakaian yang disebut *sizing system* (sistem ukuran) [2]. *Size chart* dalam sistem ukuran harus secara efektif sesuai dengan variasi ukuran dan bentuk dari berbagai populasi yang berbeda [2,3].

Pakaian *ready to wear* mampu mengakomodasi kebutuhan konsumen yang ingin mendapatkan pakaian secara cepat. Namun, ukuran pakaian yang tersedia di toko belum tentu sesuai dengan bentuk tubuh mereka. Terlebih bagi anak-anak, mereka memerlukan pakaian yang sesuai dengan bentuk tubuh mereka untuk meningkatkan kepercayaan diri mereka [4]. Pakaian tidak akan bermanfaat bagi anak-anak jika pakaian tersebut tidak sesuai dengan ukuran tubuh mereka [5]. Berdasarkan wawancara yang dilakukan pada orang tua saat membelikan pakaian untuk anak-anaknya, kendala yang mereka hadapi adalah ukuran pakaian antara satu merek dengan merek lainnya bisa berbeda-beda. Dampak yang diberikan dapat bermacam-macam, antara lain mereka perlu mencoba beberapa pakaian untuk memastikan bahwa ukuran pakaian tersebut sesuai dengan bentuk tubuh anak mereka, orang tua tidak jadi membeli karena malas untuk mencoba pakaian tersebut. Terlebih di masa pandemi covid-19, orang tua enggan untuk mencoba pakaian demi keamanan anak-anak mereka.

Untuk mengatasi perbedaan ukuran antar merek pakaian tersebut, para produsen pakaian dapat menggunakan standar ukuran pakaian yang dikeluarkan oleh Badan Standar Nasional (BSN). BSN sudah mempunyai standar ukuran pakaian SNI 7929:2013 yang isinya mengenai standar ukuran blus anak perempuan dan SNI 7930:2013 yang isinya mengenai standar ukuran kemeja anak laki-laki. Kedua standar tersebut adalah pengganti SNI sebelumnya yaitu SNI 08-1278-2006 dan SNI 08-0555-1995. Kendati SNI sudah memperbaharui standar ukuran pakaian anak-anak, masih terdapat kekurangan pada SNI 7929:2013 dan SNI 7930:2013. Sistem ukuran yang terdapat pada kedua SNI tersebut dikembangkan berdasarkan pengukuran berbagai macam blus dan kemeja anak yang ada di pasar [6],[7]. Padahal jika dilihat dari ukuran pakaian yang ada di pasaran, ukuran pakaian antara satu merek dengan merek lain bisa berbeda-beda dan tidak diketahui apakah sistem ukuran dari tiap merek tersebut disusun berdasarkan ukuran antropometri anak dalam negeri atau bukan. Data yang benar dan andal yang dikumpulkan dari pengukuran antropometri akan memberikan informasi nyata bagi industri tentang ukuran pelanggan mereka [8]. Data antropometri anak-anak Indonesia dibutuhkan sebagai dasar dalam perancangan sistem ukuran pakaian. Dengan demikian, *size chart* yang dihasilkan dari perancangan sistem ukuran tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Beberapa studi menggunakan beberapa metode untuk merancang sistem ukuran pakaian. Metode optimasi seperti nonlinear programming [9] dan integer programming [10] digunakan untuk mengembangkan sistem ukuran pakaian. Metode optimasi memang dapat digunakan untuk mendapatkan sistem ukuran yang optimal, namun masalah kompleksitas akan ditemui jika jumlah ukuran semakin banyak [11]. Kemudian muncullah penggunaan *data mining* dalam perancangan sistem ukuran seperti decision tree [12], K-Means [13], dan K-Medoid [14]. Pengelompokan objek kedalam beberapa kelompok dengan menggunakan K-means lebih cepat bila dibandingkan dengan menggunakan *integer programming* dan *non linier programming* [15]. Namun, K-Means memiliki kelemahan yaitu jumlah kelompok atau kluster ditentukan secara bebas. Untuk mengatasi kelemahan ini, metode elbow dapat digunakan untuk menentukan jumlah kluster dalam K-means. Penentuan jumlah kluster dengan metode elbow dilakukan berdasarkan nilai *sum of square error* (SSE) dan titik belok. Metode elbow ini mampu mendapatkan jumlah kluster yang optimal dalam K-means [16]. Penggunaan principal component analysis (PCA) Bersama-sama dengan faktor analisis dalam proses *data mining* juga banyak digunakan untuk mereduksi dimensionalitas dari suatu data set dan mengekstrak beberapa fitur dalam data set [17].

Berdasarkan penjelasan di atas, studi ini akan merancang sistem ukuran kemeja anak-anak Indonesia agar nyaman dipakai oleh anak-anak Indonesia. Data antropometri anak laki-laki dan perempuan Indonesia umur 8-10 tahun akan digunakan sebagai input pengolahan dalam studi ini. Kemudian, metode K-means clustering nantinya digunakan untuk mengelompokkan ukuran menjadi beberapa kelompok berdasarkan kriteria tertentu. Metode elbow pada studi ini digunakan untuk mendapatkan jumlah kelompok ukuran yang optimal. Penggunaan metode elbow dan K-Means clustering ini diharapkan dapat menghasilkan sistem ukuran yang lebih baik dari SNI sehingga dapat digunakan sebagai referensi tambahan oleh Badan Standar Nasional Indonesia dalam merancang sistem ukuran pakaian untuk orang Indonesia.

Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam studi ini adalah data primer mengenai ukuran antropometri anak laki-laki dan perempuan umur 8 sampai dengan 10 tahun. Jumlah sampel yang diambil adalah sebesar 422 anak dengan pembagian anak laki-laki sebanyak 222 orang dan perempuan sebanyak 200 orang. Pengukuran dilakukan secara langsung menggunakan *tape measure*. Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *judgement sampling* dengan melihat tingkat ekonomi, asupan gizi, aktivitas sehari-hari dan ras anak. Perhitungan *effect size* dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah sampel yang diambil sudah cukup merepresentasikan populasi.

Menurut Aldrich [18], terdapat 16 variabel yang diukur untuk sistem ukuran kemeja anak-anak. Variabel antropometri yang diukur antara lain lingkaran leher, lingkaran dada, lingkaran pinggang, lingkaran lengan atas sebelah kiri dan kanan, lingkaran pergelangan tangan sebelah kiri dan kanan, lebar punggung, lebar bahu sebelah kiri dan kanan, *scye depth*, panjang baju dari tengkuk leher ke pinggul, panjang lengan pendek sebelah kiri dan kanan, panjang lengan panjang sebelah kiri dan kanan.

Tujuan dari pengembangan system ukuran adalah untuk membuat ukuran untuk setiap kelompok kluster yang sesuai dengan jangkauan kelompok individu. Dua keputusan penting harus dibuat dalam pengembangan system ukuran adalah memperkirakan jumlah ukuran dalam *size chart* yang akan menampung sebagian besar populasi sasaran, dan menentukan sampel mana yang masuk ke dalam kelompok kluster yang diperoleh dari teknik analisis kluster [19]. Pengolahan data dalam studi ini terdiri atas beberapa tahap, yaitu:

Tahap 1

Perhitungan *effect size*. *Effect size* adalah perbedaan standar antara nilai statistik dengan nilai parameter. Semakin kecil *effect size*, semakin kecil pula perbedaan antara nilai statistik dengan nilai parameter. Menghitung *effect size* dapat digunakan jika peneliti tidak dapat mengetahui nilai suatu parameter. Terdapat tiga kategori *effect size* untuk uji rata-rata independen, yaitu *small effects* dengan nilai *effect size* = 0,2, *medium effects* dengan nilai *effect size* = 0,5, dan *large effects* dengan nilai *effect size* = 0,8. Dalam penelitian ini, *effect size* dihitung menggunakan perangkat lunak *g-power* dengan parameter seperti tingkat signifikansi (α) = 0,05; ukuran sampel (n) = 422; dan *power* (1- β). Penelitian harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki setidaknya *power* 80% untuk mendeteksi efek. Sehingga studi ini menggunakan *power* (1- β) sebesar 0,8 [20]. Perhitungan *effect size* pada studi ini menggunakan bantuan *software* G-Power.

Tahap 2

Data cleaning. *Data cleaning* adalah tahapan dalam *data mining* yang dilakukan untuk menjaga kualitas data yang diperoleh. Data harus dibersihkan dan diverifikasi dari nilai *outlier* yang berbeda secara signifikan dari data rata-rata dan disparitas atribut yang dapat mengurangi efisiensi *data mining*. Data yang atributnya menyimpang $\pm 3\sigma$ dari *mean* dianggap abnormal dan harus dikeluarkan dari sampel. Pada tahap ini pembersihan dilakukan ketika data telah diolah menggunakan Microsoft Excel.

Tahap 3

Data normalization. Data variabel memiliki skala yang berbeda-beda sehingga dapat berpengaruh pada kualitas *data mining*. Oleh karena itu, data asli harus diubah menjadi kumpulan data sintesis yang mewakili hasil normalisasi data asli. Prosedur konversi untuk normalisasi data adalah sebagai berikut:

$$d_{ij} = \frac{D_{ij} - D_{jmin}}{D_{jmax} - D_{jmin}} \tag{1}$$

Dimana,

D_{ij} : nilai asli data ke- i pada dimensi ke- j

D_{jmin} : nilai minimum dari semua data pada dimensi ke- j

D_{jmax} : nilai maksimum dari semua data pada dimensi ke- j . $i \in \{1,2,3,\dots,S\}$, $j \in \{1,2,3,\dots,M\}$. Dimana S adalah jumlah data dan M adalah jumlah variabel. Data akan ditransformasikan kedalam data *continuous* dalam jangkauan [0,1].

Tahap 4

Pemilihan variabel utama. Pemilihan variabel utama dilakukan untuk memilih variabel-variabel penting yang akan dilakukan proses pengolahan dengan *K-means*. Analisis faktor dilakukan untuk mendapatkan variabel utama tersebut. Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis faktor adalah:

1. Pengujian KMO. Bila nilai KMO $\geq 0,5$ maka data yang dianalisis dapat dilakukan analisis faktor. Jika tidak, maka variabel dengan nilai korelasi terkecil pada matriks anti image dikeluarkan dari analisis dan dilakukan pengujian kembali.
2. Menentukan jumlah komponen yang dapat diekstraksi dengan melihat nilai *eigen* lebih besar dari 1.
3. Menginterpretasi komponen-komponen yang sudah dipilih dengan memberi nama baru berdasarkan variabel pembentuknya.
4. Memilih variabel utama yang diperlukan dengan melihat *loading factor* tertinggi.

Tahap 5

Penentuan jumlah ukuran pakaian. Penentuan jumlah ukuran pakaian dilakukan dengan menggunakan metode *elbow*. Metode *elbow* sendiri menggunakan nilai *sum of square error* untuk menentukan letak *elbow* sebagai penentu jumlah ukuran pakaian. Rumus SSE adalah:

$$SSE = \sum_{k=1}^K \sum_{x_i \in S_k} \|X_i - C_k\|_2^2 \tag{2}$$

Dimana,

K : nilai K

X_i : nilai pada data ke- i

C_k : nilai *median* K

Tahap 6

Perancangan ukuran pakaian. Perancangan ukuran pakaian dilakukan dengan menggunakan *k-means clustering*. Tahapan dalam *k-means clustering* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah kelas k . Jumlah kelas k dapat diperoleh dari hasil tahap 5.

2. Menentukan pusat kluster secara acak pada setiap kelas.
3. Menghitung jarak dari setiap data x_i ke setiap pusat kluster μ_i menggunakan jarak *Euclidean*. Rumus jarak *Euclidean* adalah sebagai berikut:

$$d(x_i, \mu_i) = \sqrt{(x_i - \mu_i)^2} \quad (3)$$

4. Mengklasifikasikan setiap data berdasarkan jarak terkecil ke pusat kluster.
5. Memperbaharui nilai pusat kluster. Nilai pusat kluster baru diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$C_k = \frac{1}{n_k} \sum d_i \quad (4)$$

n_k : jumlah data pada setiap kelas atau kluster

d_i : total jarak pada setiap kluster

6. Ulangi langkah 2 sampai dengan 5 sampai semua anggota pada setiap kluster tidak berubah.

Tahap 7

Evaluasi. Evaluasi pada tahap 7 ini dilakukan untuk mengetahui apakah hasil perancangan ukuran pakaian dapat digunakan atau tidak. Keakurasian hasil rancangan dilakukan dengan mengevaluasi nilai *aggregate loss* dan *ideal value*. Nilai *aggregate loss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (5)$$

x_i : nilai *assigned size*

y_i : nilai *actual size*

Sedangkan *ideal value* diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$t = (n^{1/2}) \times 2,54 \quad (6)$$

n : jumlah variabel yang digunakan dalam perancangan ukuran pakaian

Jika nilai $d < t$, maka ukuran pakaian yang sudah dirancang dalam studi ini dapat digunakan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan *effect size* menggunakan *software g-power* dengan parameter = 0,05, power = 0,8 dan $n = 422$ adalah 0,210. *Effect size* sebesar 0.210 tergolong sebagai *small effect*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa rata-rata sampel pada studi ini memiliki efek yang kecil atau tidak terlalu berbeda jauh dengan nilai parameter atau nilai rata-rata populasi. Dengan kata lain, jumlah sampel yang dikumpulkan dapat merepresentasikan parameter populasi.

Setelah melalui proses *data cleaning dan data normalization*, data yang siap diolah kemudian dilakukan analisis faktor untuk menentukan variabel-variabel utama. Nilai KMO pada sampel anak laki-laki (Tabel 1) dan perempuan (Tabel 2) menunjukkan lebih dari 0,5. Dengan demikian terdapat korelasi antar variabel sehingga dapat dilakukan analisis faktor.

Tabel 1. Hasil uji KMO pada sampel anak laki-laki

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.828	
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	7533.084
	Df	120
	Sig.	.000

Tabel 2. Hasil uji KMO pada sampel anak perempuan

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.853	
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	7984.157
	Df	120
	Sig.	.000

Pemilihan variabel dilakukan dengan memilih variabel yang memiliki nilai terbesar pada masing-masing komponen. Contoh pada variabel lingkaran leher masuk pada komponen pertama karena nilainya lebih besar di komponen pertama dibandingkan di komponen lainnya. Angka yang dicetak tebal adalah nilai terbesar pada masing-masing variabel. Berdasarkan hasil dari *rotated component matrix* pada sampel anak laki-laki yang dapat dilihat pada tabel 3, dapat disimpulkan bahwa komponen pertama adalah mengenai lingkaran badan, komponen kedua adalah mengenai panjang lengan, komponen ketiga adalah mengenai lebar badan dan komponen keempat adalah mengenai Panjang badan. Variabel utama yang dipilih pada sampel anak laki-laki adalah lingkaran leher, lingkaran dada, lingkaran pinggang, lingkaran lengan kiri yang nantinya akan menggeneralisasi lingkaran lengan, lingkaran pergelangan tangan kiri yang nantinya akan menggeneralisasi lingkaran pergelangan tangan, lebar bahu, panjang

bahu sebelah kiri yang nantinya akan menggeneralisasi Panjang bahu, *scye depth*, panjang baju dari leher ke pinggul, panjang lengan atas sebelah kiri yang nantinya akan menggeneralisasi panjang lengan pendek dan panjang lengan panjang sebelah kiri yang nantinya akan menggeneralisasi panjang lengan panjang.

Tabel 3. *Rotated Component Matrix* pada sampel anak laki-laki

Variabel	Component			
	1	2	3	4
Lingkar leher	.659	.407	.231	.262
Lingkar dada	.649	.467	.026	.220
Lingkar pinggang	.799	.226	-.045	.242
lingkar lengan atas kiri	.862	.350	.128	.105
lingkar lengan atas kanan	.860	.346	.122	.117
Lingkar pergelangan tangan kiri	.897	.074	.152	.120
Lingkar pergelangan tangan kanan	.891	.075	.172	.093
Lebar punggung	.150	.023	.854	.091
Panjang bahu kiri	.109	.075	.963	.069
Panjang bahu kanan	.106	.072	.962	.049
Scye depth	.269	.280	.172	.871
Panjang baju	.250	.304	.058	.890
Panjang lengan pendek sebelah kiri	.309	.904	.135	.205
Panjang lengan pendek sebelah kanan	.312	.902	.145	.195
Panjang lengan panjang sebelah kiri	.212	.951	-.014	.178
Panjang lengan pendek sebelah kanan	.210	.950	-.005	.180

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

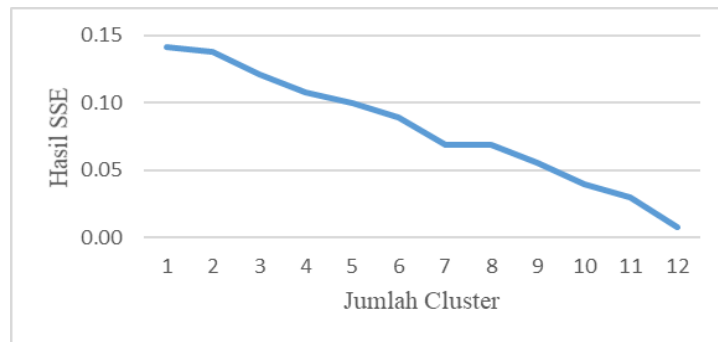
Pemilihan variabel pada pakaian anak perempuan memiliki cara yang sama dengan pemilihan variabel pakaian anak laki-laki, yaitu berdasarkan nilai tertinggi pada masing-masing komponen. Berdasarkan hasil dari *rotated component matrix* pada sampel anak perempuan (Tabel 4), dapat disimpulkan bahwa komponen pertama adalah mengenai panjang badan, komponen kedua adalah mengenai lingkar badan, dan komponen ketiga adalah mengenai lebar badan. Variabel utama yang dipilih pada sampel anak perempuan adalah lingkar leher, lingkar dada, lingkar pinggang, lingkar lengan kanan yang nantinya akan menggeneralisasi lingkar lengan, lingkar pergelangan tangan kanan yang nantinya akan menggeneralisasi lingkar pergelangan tangan, lebar bahu, panjang bahu sebelah kiri yang nantinya akan menggeneralisasi panjang bahu, *scye depth*, panjang baju dari leher ke pinggul, panjang lengan atas sebelah kiri yang nantinya akan menggeneralisasi panjang lengan pendek dan panjang lengan panjang sebelah kiri yang nantinya akan menggeneralisasi panjang lengan panjang.

Tabel 4. *Rotated Component Matrix* pada sampel anak perempuan

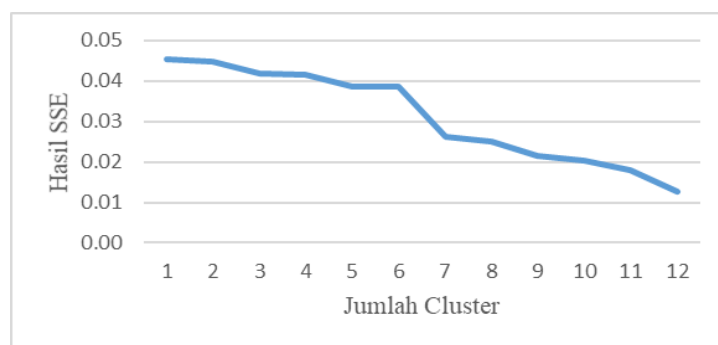
Variabel	Component		
	1	2	3
Lingkar leher	.684	.538	.172
Lingkar dada	.675	.584	.061
Lingkar pinggang	.418	.802	.087
lingkar lengan atas kiri	.578	.749	.178
lingkar lengan atas kanan	.567	.751	.174
Lingkar pergelangan tangan kiri	.131	.919	.201
Lingkar pergelangan tangan kanan	.125	.920	.209
Lebar punggung	.357	.302	.750
Panjang bahu kiri	.197	.128	.956
Panjang bahu kanan	.199	.136	.953
Scye depth	.894	.255	.192
Panjang baju	.898	.238	.081
Panjang lengan pendek sebelah kiri	.843	.260	.358
Panjang lengan pendek sebelah kanan	.831	.286	.348
Panjang lengan panjang sebelah kiri	.911	.211	.251
Panjang lengan pendek sebelah kanan	.906	.219	.257

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
 a. Rotation converged in 5 iterations.

Setelah menentukan variabel utama, Langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah ukuran yang optimal. Jumlah kluster yang digunakan pada sampel anak laki-laki maupun perempuan ditentukan sebanyak 12 kluster karena setelah melakukan percobaan dengan 10,11, 12, 13 dan 14 kluster tidak menunjukkan perubahan *elbow* yang signifikan. Pencarian SSE dilakukan untuk menentukan posisi siku atau *elbow* yang digunakan untuk mencari jumlah ukuran pakaian.



Gambar 1. Grafik SSE pada sampel anak laki-laki



Gambar 2. Grafik SSE pada sampel anak perempuan

Pada gambar 1 dan gambar 2 dapat dilihat bahwa pembentukan siku atau *elbow* terjadi pada jumlah kluster 7. Sehingga jumlah ukuran pakaian yang digunakan pada studi ini adalah 7 ukuran, baik untuk ukuran pakaian anak laki-laki maupun perempuan. Jumlah ukuran pakaian ini sama dengan hasil studi yang dilakukan oleh Putrianto [21], dimana jumlah ukuran kemeja anak laki-laki sebanyak 7 ditentukan berdasarkan titik kesetimbangan antara biaya produksi dengan *loss of profit*. Namun, hasil berbeda ditunjukkan oleh SNI 7929:2013 dimana jumlah ukuran kemeja anak laki-laki umur 8 sampai 10 tahun adalah sebanyak 3 buah. Tidak berbeda dengan SNI 7929:2013, SNI 7930:2013 juga menunjukkan jumlah ukuran untuk kemeja anak perempuan sebanyak 3 buah. Untuk mengetahui kinerja dari masing-masing sistem ukuran, maka akan dilakukan evaluasi mengenai *goodness of fit* yang akan dijelaskan dibawah ini.

Tabel 5. Perbandingan antara ukuran usulan dengan ukuran SNI 7929:2013

	Ukuran	Cover Factor	Aggregat Loss	Ideal Value
Sistem SNI	8	5%	6,15	5,68
	9	7%	6,56	5,68
	10	20%	3,81	5,68
	Jumlah	32%		
Sistem Ukuran Usulan	XS	23%	0,044	8,42
	S	23%	0,017	8,42
	M	3%	0,07	8,42
	ML	21%	0,16	8,42
	L	9%	0,12	8,42

XL	12%	0,29	8,42
XXL	6%	1,51	8,42
Jumlah	98%		

Tabel 6. Perbandingan antara ukuran usulan dengan ukuran SNI 7930:2013

	Ukuran	Cover Factor	Aggregate Loss	Ideal Value
Sistem SNI	8	5%	6,15	5,68
	9	7%	6,56	5,68
	10	20%	3,81	5,68
	Jumlah	32%		
Sistem Ukuran Usulan	XS	10%	0,204	8,42
	S	19%	0,040	8,42
	M	11%	0,040	8,42
	ML	6%	0,035	8,42
	L	18%	0,037	8,42
	XL	6%	0,132	8,42
	XXL	16%	0,032	8,42
	Jumlah	84%		

Berdasarkan tabel 5 dan tabel 6, semua nilai *aggregate loss* pada ukuran usulan lebih kecil daripada *ideal value*. Perlu diketahui bahwa validasi sistem ukuran pakaian dapat dilihat dari nilai *aggregate loss* harus lebih kecil dari *ideal value* dan nilai *cover factor* antara 65-80%. Cover factor 65-80% berarti sistem ukuran mampu mengakomodasi 65%-80% populasi dengan menggunakan ukuran yang diusulkan [1]. Pada ukuran SNI 7929:2013, nilai *aggregate loss* yang memenuhi hanya pada ukuran 9 saja dan pada ukuran SNI 7930:2013 hanya pada ukuran 10 saja. Dari segi *cover factor*, kedua ukuran usulan memiliki nilai yang lebih besar dari 80%. Nilai *cover factor* pada ukuran usulan kemeja anak laki-laki adalah sebesar 98% sedangkan pada anak perempuan sebesar 84%. Dengan demikian, sistem ukuran ukuran dapat digunakan oleh 98% anak laki-laki dan 84% anak perempuan dari populasi dalam studi ini. Hal ini terlihat lebih baik dari standar ukuran SNI dimana untuk ukuran anak laki-laki hanya mampu mengakomodasi sebesar 26% dan untuk perempuan sebesar 32%. Kedua nilai tersebut lebih kecil dari nilai *cover factor* pada sistem ukuran usulan.

Hal-hal yang mendasari perbedaan dari nilai tersebut adalah perbedaan cara pengambilan sampel yang telah dilakukan. Pengambilan sampel pada SNI 7929:2013 dan SNI 7930:2013 dilakukan berdasarkan hasil pengukuran baju yang ada dipasaran. Ukuran baju yang ada dipasaran tidak diketahui apakah berasal dari ukuran antropometri anak Indonesia atau bukan. Hasil studi dari Chuan dkk. [22] menunjukkan ukuran antropometri anak antar negara adalah berbeda. Hal itu mengakibatkan ukuran pakaian SNI belum mencapai kondisi ideal. Sedangkan pada studi ini, ukuran pakaian diperoleh dari ukuran antropometri anak-anak Indonesia. Hal lain yang menyebabkan perbedaan cukup signifikan adalah pada cara penentuan ukuran pakaian. Pada SNI, penomoran atau penentuan jumlah ukuran ditentukan berdasarkan umur anak dimana anak usia 3 tahun menggunakan ukuran 3, usia 4 tahun menggunakan ukuran 4 dan seterusnya hingga usia 14 tahun. Penomoran berdasarkan umur sebenarnya bagus karena orang tua hanya perlu membeli ukuran berdasarkan usia anaknya. Namun, yang menjadi kendala adalah umur anak-anak adalah umur yang sedang dalam masa pertumbuhan sehingga ukuran tubuh pada masing-masing anak yang memiliki umur sama juga mungkin akan berbeda-beda pula.

Hasil akhir dari studi ini berupa *size chart* kemeja anak laki laki dan perempuan yang dapat dilihat pada tabel 7 dan tabel 8. Nilai pada tabel adalah ukuran akhir dalam *size chart*. Nilai tersebut diperoleh dari nilai *center cluster* akhir K-Means.

Tabel 7. *Size chart* pakaian anak laki-laki

Ukuran Pakaian Laki-laki	1	2	3	4	5	6	7
	(XS)	(S)	(M)	(ML)	(L)	(XL)	(XXL)
Lingkar Leher	26,08	27,29	27,48	28,59	29,13	30,63	36,45
Lingkar Dada	59,62	62,90	62,99	66,71	67,83	67,88	80,47
Lingkar Pinggang	57,01	58,87	60,62	61,47	65,76	67,56	75,57
Lingkar Lengan Atas	18,18	19,66	20,19	20,94	21,37	23,14	28,04
Lingkar Pergelangan Tangan	11,78	12,51	13,61	13,86	14,82	16,29	19,74
Lebar Punggung	24,92	25,26	25,40	27,61	27,74	27,82	40,95
Jarak Leher ke Bahu	8,96	9,12	9,31	9,67	10,67	10,69	13,53
Scye Depth	15,93	16,75	17,40	19,73	20,44	21,37	24,14

Panjang Baju	44,64	47,75	48,34	53,28	53,77	57,05	59,46
Panjang Lengan Pendek	19,97	21,81	22,56	23,98	25,17	25,81	27,44
Panjang Lengan Panjang	42,36	46,23	47,69	50,64	51,70	54,01	56,76

Tabel 8. Size chart pakaian anak perempuan

Ukuran Pakaian Perempuan	1	2	3	4	5	6	7
	(XS)	(S)	(M)	(ML)	(L)	(XL)	(XXL)
Lingkar Leher	24,88	26,49	27,34	27,80	29,13	30,84	31,88
Lingkar Dada	55,55	59,03	60,17	60,61	64,33	67,76	68,97
Lingkar Pinggang	51,83	53,95	58,21	58,26	61,08	62,76	64,65
Lingkar Lengan Atas	16,69	18,42	19,59	19,70	19,99	22,23	22,32
Lingkar Pergelangan Tangan	10,35	11,72	11,94	12,53	13,38	15,09	15,59
Lebar Punggung	23,52	23,52	23,85	23,89	26,27	26,51	30,03
Jarak Leher ke Bahu	8,24	8,40	8,90	9,35	9,94	10,01	11,04
Scye Depth	15,27	15,32	18,11	18,32	19,28	20,18	21,06
Panjang Baju	40,28	40,92	47,03	48,37	51,58	51,83	58,40
Panjang Lengan Pendek	21,01	21,06	22,67	22,79	23,03	24,06	25,48
Panjang Lengan Panjang	44,43	44,68	47,09	47,69	48,03	50,48	53,48

Simpulan

Sistem ukuran usulan untuk kemeja anak laki-laki dan perempuan memiliki jumlah ukuran sebanyak 7 buah yaitu ukuran *extra small* (XS), *small* (S), *medium* (M), *medium large* (ML), *large* (L), *extra large* (XL), dan *super extra large* (XXL). Sistem ukuran usulan dapat digunakan oleh produsen pakaian sebagai acuan ukuran pakaian karena berdasarkan evaluasi *goodness of fit* nilai *aggregate loss* lebih kecil dari nilai *ideal value* dan *cover factor* sebesar 98% pada sistem ukuran pakaian anak laki-laki dan 84% pada sistem ukuran pakaian anak perempuan. Dengan demikian, sistem ukuran sudah mampu mengakomodasi 98% populasi anak laki-laki dan 84% populasi anak perempuan. Lebih dari 80% populasi anak-anak pada studi dapat menggunakan sistem ukuran pakaian ini tanpa perlu mencoba pakaian dengan berbagai ukuran pakaian. Masih terdapat kelemahan dalam studi ini yaitu sampel yang digunakan adalah anak-anak Indonesia umur 8-10 tahun saja. Penelitian lanjutan dapat menambahkan sampel anak-anak Indonesia umur 3-7 tahun dan 11-12 tahun karena sistem ukuran pada SNI mengakomodasi ukuran pakaian anak-anak umur 3-12 tahun. Kemudian studi ini tidak melakukan perancangan label ukuran yang dapat diterima oleh konsumen. Suatu pakaian memerlukan label ukuran untuk menunjukkan ukuran pakaian tersebut. Suatu label ukuran perlu dirancang dengan informasi di dalamnya yang singkat, padat dan jelas untuk membantu konsumen dalam membeli pakaian.

Daftar Pustaka

- [1] N. Zakaria and D. Gupta, *Anthropometry, Apparel Sizing and Design*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2019.
- [2] S. Xia and C. Istook, "A Method to Create Body Sizing Systems," *Clothing and Textile Research Journal*, vol. 35, no. 4, pp. 235–248, 2016, doi: 10.1177/0887302X17713298.
- [3] J. Pei, H. Park, S. P. Ashdown, and A. Vuruskan, "A sizing improvement methodology based on adjustment of interior accommodation rates across measurement categories within a size chart," *International Journal of Clothing Science and Technology*, vol. 29, no. 5, pp. 716–731, doi: 10.1108/IJCST-03-2017-0024.
- [4] C. Stonehouse, "Children in Wesleyan Thought," *Journal of Korean Society for Christian Education & Information Technology*, vol. 13, no. 4, pp. 7-31, 2018.
- [5] P. Norum, "Consumer Satisfaction with Shopping Experiences and Clothing Products in the Children's Wear Market," *Journal of Consumer Studies and Home Economics*, vol. 19, no. 4, pp. 331-347, 1995, doi: 10.1111/j.1470-6431.1995.tb00555.x.
- [6] K. Brownbridge, S. Gill, S. Grogan, S., S. Kilgariff, and A. Whalley, "Fashion misfit: women's dissatisfaction and its implications," *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, vol. 22, no. 3, pp. 38–452, 2018, doi: 10.1016/j.ergon.2010.05.001.

- [7] Badan Standar Nasional, “SNI 7929: Pakaian Jadi-Kain Tenun-Ukuran Blus Anak,” Jakarta, 2013.
- [8] Badan Standar Nasional, “SNI 7930: Pakaian Jadi-Kain Tenun-Ukuran Kemeja Anak,” Jakarta, 2013.
- [9] C. McCulloch, B. Paal, and S. P. Ashdown, “An Optimisation Approach to Apparel Sizing:,” *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 49, no. 5, pp. 492- 499, 1998, doi: 10.2307/3009887.
- [10] P. Tryfos, “An Integer Programming Approach to the Apparel Sizing Problem,” *The Journal of the Operational Research Society*, vol. 37, no. 10, pp. 1001-1006, 1986, doi: 10.2307/2582288.
- [11] M. J. Chung, H. F. Lin, and M. J. J. Wang, “The development of sizing systems for Taiwanese elementary- and high-school students,” *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 37, no. 8, pp. 707-716, 2007, doi: 10.1016/j.ergon.2007.05.004.
- [12] R. Bagherzadeh, M. Latifi, and A. R. Faramarzi, “Employing a Three-Stage Data Mining Procedure to Develop Sizing System,” *World Applied Sciences Journal*, vol. 8, no. 8, pp. 923-929, 2010.
- [13] C. H. Hsu, “Data mining to improve industrial standards and enhance production and marketing: An empirical study in apparel industry,” *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 3, pp. 4185-4191, 2009, doi: 10.1016/j.eswa.2008.04.009.
- [14] M. V. Ibáñez, G. Vinué, S. Alemany, A. Simó, I. Epifanio, J. Domingo, and G. Ayala, “Apparel sizing using trimmed PAM and OWA operators,” *Expert System with Applications*, vol. 39, no. 12, pp. 10512-10520, 2012, doi: 10.1016/j.eswa.2012.02.127.
- [15] C. Yuan and H. Yang, “Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm,” *Multidisciplinary Scientific Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 226-235, 2019, doi: 10.3390/j2020016.
- [16] M. Salehi Esfandarani dan J. Shahrabi, “Developing a New Suit Sizing System Using Data Optimization Techniques,” *International Journal of Clothing Science and Technology*, vol. 24, no. 1, pp. 27-35, 2012, doi: 10.3390/j2020016.
- [17] A. Luximon, Y. Zhang, Y. Luximon, and M. Xiao, “Sizing and grading for wearable products,” *Computer-Aided Design*, vol. 44, no. 1, pp. 77-84, 2012, doi: 10.1016/j.cad.2011.07.004.
- [18] W. Aldrich, *History of sizing systems and ready-to-wear garments. Sizing in Clothing: Developing Effective Sizing Systems for Ready-to-wear Clothing*, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2007.
- [19] J. Cohen, *Statistical Power Analysis for the Behavioral Science*, New York: Laurence Erlbaum Associates, 1988.
- [20] S. B. Bairi, M. Salleh, N. Syuhaily, and S. Osman, “Development of female adolescents clothing sizing based on cluster analysis classification,” *Paper Presented at the International Business Management Conference (IBMC 2017)*, Langkawi.
- [21] N. K. Putrianto, “Penentuan Jumlah Ukuran Pakaian Optimal Sebagai Rancangan Sistem Ukuran Pakaian Anak Laki-Laki di Indonesia dengan Analisis Keseimbangan dan Fuzzy C-Means Berbasis Artificial Bee Colony,” *Journal Telematika*, vol. 14, no. 2, pp. 120-128, 2017, doi: 10.31315/telematika.v14i2.2099.
- [22] T. K. Chuan, M. Hartono, and N. Kumar, “Anthropometry of the Singaporean and Indonesian Populations,” *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 40, no. 6, pp. 757-766, 2010, doi: 10.1016/j.ergon.2010.05.001.