

# PELOKALISIRAN CITRA IRIS MENGUNAKAN WAVELET 2D

Bustami

Dosen Teknik Informatika Universitas Malikussaleh

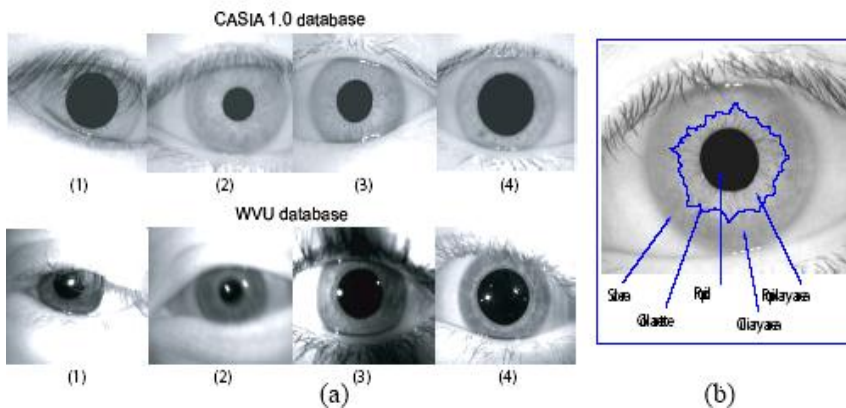
## Abstract

*The performance of an iris recognition system can be undermined by poor quality images and result in high false reject rates (FRR) and failure to enroll (FTE) rates. In this paper, a wavelet-based quality measure for iris images is proposed. The merit of this approach lies in its ability to deliver good spatial adaptivity and determine local quality measures for different regions of an iris image. Our experiments demonstrate that the proposed quality index can reliably predict the matching performance of an iris recognition system. By incorporating local quality measures in the matching algorithm, we also observe a relative matching performance improvement of about 20% and 10% at the equal error rate (EER), respectively, on the CASIA and WVU iris databases.*

## Pendahuluan

Rekognisi iris dipertimbangkan sebagai bentuk dari teknologi biometrik yang paling handal, dikarenakan oleh uji FARs (False Accept Rates) terhadap sistem biometrik berbasis iris terbukti sangat rendah, bila dibandingkan dengan sistem biometrik lain, seperti sidik jari, face, hand-geometry, dan lain-lain. Bagaimanapun, kajian-kajian terbaru untuk sistem rekognisi iris secara mengejutkan telah membuktikan bahwa FRRs (False Reject Rates) pada sistem rekognisi iris adalah cukup tinggi, seperti studi yang dilakukan oleh Wang dan kawan-kawan di dalam karya ilmiahnya yang berjudul : *Lessons learned from iris trial*, Thomas di dalam karya ilmiahnya yang berjudul : *Technical glitches do not bode well for id cards, experts warn*, pada tahun

2004, dan King dan kawan kawan di dalam karya ilmiahnya yang berjudul : *Testing iris and face recognition in a personal identification application*. Penyebab-penyebab citra iris berkualitas rendah antara lain adalah oklusi, pergerakan mata, fokus yang rendah, pencahayaan yang tidak seragam, dan lain-lain (lihat gambar 4.1).



Gambar 1 (a) citra - citra iris yang berkualitas rendah yang disebabkan oleh (1) oklusi, (2) fokus yang rendah dan pergerakan mata, (3) pencahayaan yang tidak seragam, (4) area pupil yang cukup besar, (b) komponen - komponen mata dan pola iris

Beberapa kajian terkait yang berhubungan dengan analisis kualitas citra iris antara lain apa yang telah dilakukan Daugman, di mana Daugman mengukur energi dari suatu komponen berfrekuensi tinggi di dalam spektrum Fourier untuk menentukan fokus iris, lalu ada Zhang dan Salganicoff yang telah menganalisis ketajaman batas-batas wilayah iris untuk suatu kegunaan yang sama, dan Ma dan kawan-kawan mengajukan suatu skema pengklasifikasian kualitas untuk mengkategorikan citra iris ke dalam empat kelas, yaitu clear, defocus, blurred, dan occluded. Sedangkan pada pembahasan kita pada buku ini adalah pengukuran kualitas iris yang berdasarkan pada region lokal dari texture iris.

### Pra-proses citra

Region iris terdiri dari annulus-annulus di antara pupil dan sclera (lihat gambar 4.1 (b)), yang merupakan salah satu fitur penting di dalam teknologi sistem biometriks berbasis iris. Segmentasi region iris selalu melibatkan dua langkah, yang pertama, pendeteksian batas wilayah iris, dan yang kedua, pendeteksian kelopak mata (eyelid). Batas wilayah iris atau sclera dan batas wilayah pupil atau iris dapat diaproksimasikan oleh dua bundaran dengan menggunakan metode berikut :

1. Pembukaan morphological gray-scale yang dilakukan pada citra objek untuk menghilangkan noise pada citra. Tresholding intensitas digunakan untuk melokasikan daerah pupil dan mengaproksimasikan pusat ( $c$ ) dari pupil, dan radius ( $r$ ) dari pupil tersebut.
2. Untuk mengaproksimasi batas wilayah iris atau pupil, edge-detection Canny diaplikasikan terhadap tetangga-tetangga bundaran yang berpusat pada  $c$  dan dengan radius  $(r+20)$ . Tepi-tepi yang diduga noise dihilangkan dan peta-peta tepi dijadikan sampel suatu objek geometris primitif sebelum transformasi Hough diaplikasikan untuk pendeteksian batas wilayah iris atau pupil.
3. Untuk mendeteksi batas-batas wilayah iris atau sclera, langkah no. 2 diiterasikan kembali dengan region tetangganya digantikan oleh annulus-band (dengan lebar  $R$ ) di luar dari wilayah pupil atau sclera. Edge-detector untuk pendeteksian batas-batas wilayah tersebut diset hanya untuk arah vertikal saja, untuk meminimasi pengaruh dari kelopak mata.

Bentuk dari kelopak mata adalah oval, dan dapat diaproksimasikan dengan pendekatan *second-order parabolic arcs*, seperti yang ditunjukkan berikut :

1. Citra awal (original) diuraikan menjadi empat sub-band (HH, HL, LH, LL) menggunakan wavelet Daubechies. Citra LH,

memuat informasi detail dalam arah vertikal yang diproses menggunakan edge-detection Canny. Di sini, edge-detector Canny diset untuk arah horizontal untuk meminimasi pengaruh dari bulu-bulu mata (eyelashes).

2. Untuk mendeteksi kelopak mata bagian atas, tepi-tepi yang bertetangga yang berada diluar wilayah iris atau sclera dipindahkan atau dihilangkan. Komponen-komponen tepi yang tersisa yang berlokasi relatif dekat terhadap masing-masing yang lain dengan jarak yang konstan dikoneksikan.
3. Edge-edge yang terhubung dengan jarak hubung yang paling panjang diseleksi dan disusun kembali dengan menggunakan *second-order parabolic curve*

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$

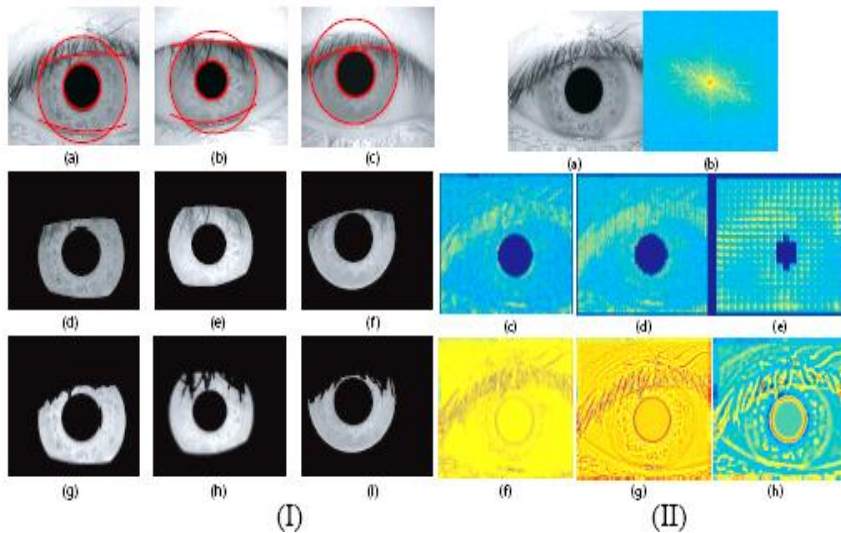
dimana a, b, dan c merupakan parameter-parameter yang akan diaproksimasi, dan aproksimasi dilakukan dengan meminimasi *sum of squared error*,

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f(x_i) - y_i)^2$$

di mana  $(x_i, y_i)$  dengan  $i = 1, 2, 3, 4, \dots, N$ , mewakili titik-titik N yang terdapat pada tepi yang telah diseleksi.

4. Untuk mendeteksi kelopak bawah, langkah no. 2 dan no. 3 diiterasikan kembali dengan kekerabatan persegi-empat yang diambil disekitar iris atau sclera bagian bawah.

Gambar 2 mengilustrasikan segmentasi citra iris yang dihasilkan dengan menggunakan algoritma yang telah didiskusikan pada pembahasan sebelumnya yang telah diimplementasikan pada beberapa citra iris yang terdapat di dalam database CASIA 1.0.



Gambar 2. (I) Tiga citra iris yang diambil dari database CASIA 1.0, dengan citra (a), (b), dan (c) menunjukkan hasil pendeteksian batas - batas wilayah iris dan kelopak mata, citra (d), (e), dan (f) menunjukkan hasil pengestraksian pola iris, citra (g), (h), dan (i) menunjukkan hasil pengestraksian pola iris setelah pemindahan bulu-bulu mata (eyelash), (II) mendemostrasikan keefektifan dari transformasi wavelet dalam mencapai *space-frequency-localization* yang lebih baik, dibandingkan transformasi Fourier dan STFT, (a) citra mata yang asli, (b) transformasi fourier pada citra, (c), (d), dan (e) STFT menggunakan window persegi dengan ukuran  $2 \times 4$ ,  $4 \times 6$ , dan  $14 \times 16$ , dan (f), (g), dan (h) transformasi wavelet menggunakan Mexican - hat dengan skala 0,5, 1,0, dan 2,0

### Asesmen kualitas terlokalisir

Seperti yang telah diketahui sebelumnya, Ma dan kawan-kawan memanfaatkan energi komponen-komponen frekuensi rendah, sedang, dan tinggi di dalam spektrum power Fourier 2D untuk mengevaluasi kualitas citra iris. Bagaimanapun, telah kita sepakati berdasarkan hasil coba bahwa transformasi Fourier atau STFT (Short-Time Fourier Transform) tidak dapat melokalisir kualitas di dalam ruang tertentu, dan oleh karena sebab - sebab itu transformasi Fourier dan STFT tidak sesuai untuk hal ini sebagai acuan pengukuran

kualitas lokal. Sebaliknya, transformasi wavelet mampu menghasilkan suatu representasi yang sangat halus baik di dalam ruang ataupun berupa suatu frekuensi dengan berbagai ukuran window yang fleksibel yang bervariasi berdasarkan faktor-faktor penskalaan. Secara spesifik kita menggunakan CWT (Continuous Wavelet Transform), bahkan DWT (Discrete Wavelet Transform) untuk memperoleh fitur-fitur iris secara terperinci. Diberikan suatu citra  $f(x, y) \in R^2$ , maka CWT citra tersebut, didefinisikan sebagai suatu konvolusi dengan sederetan fungsi wavelet yang diberikan sebagai,

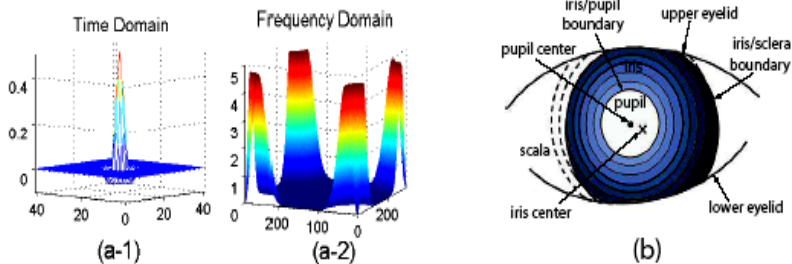
$$w(s, a, b) = \frac{1}{\sqrt{s}} \iint_{R^2} f(x, y) \phi\left(\frac{x-a}{s}, \frac{y-b}{s}\right) dx dy$$

di mana  $s$  merupakan suatu faktor dilatasi (skala) dan  $(a, b)$  mendenotasikan faktor translasi (or, shift). Untuk menyederhanakan komputasi, konvolusi pada persamaan

$$w(s, a, b) = \frac{1}{\sqrt{s}} \iint_{R^2} f(x, y) \phi\left(\frac{x-a}{s}, \frac{y-b}{s}\right) dx dy$$

dapat dikonversikan menjadi suatu multiplikasi di dalam domain frekuensi Fourier. Untuk fungsi  $g$ , kita denotasikan sebagai  $G$  yang berkorespondensi dengan transformasi Fourier 2D dari  $g$ , yang diberikan oleh

$$G(w_1, w_2) = \iint_{R^2} g(x, y) e^{-i2\pi(w_1x + w_2y)} dx dy$$



Gambar 3. Ilustrasi wavelet Mexican - hat, (a-1) di dalam domain ruang, (a-2) di dalam domain frekuensi, (b) bentuk partisi texture iris menjadi region - region lokal

Kemudian persamaan,

$$w(s, a, b) = \frac{1}{\sqrt{s}} \iint_{R^2} f(x, y) \phi\left(\frac{x-a}{s}, \frac{y-b}{s}\right) dx dy$$

di dalam domain frekuensi, dapat dinyatakan sebagai

$$W(s, w_1, w_2) = \sqrt{s} F(w_1, w_2) \Phi(sw_1, sw_2)$$

di mana  $W$ ,  $F$ , dan  $\phi$  merupakan transformasi Fourier dari  $w$ ,  $f$ , dan  $\phi$ .

Kita gunakan wavelet Mexican - hat isotropis (lihat gambar 4.3 (b)) yang diberikan sebagai

$$\phi(sw_1, sw_2) = -2\pi((sw_1)^2 + (sw_2)^2) e^{-\frac{1}{2}((sw_1)^2 + (sw_2)^2)}$$

sebagai suatu pilihan untuk wavelet induk  $\phi$ . Mexican-hat pada dasarnya merupakan suatu band-pass-filter untuk edge-detection pada skala  $s$ . Oleh karena itu terdapat dua kejadian yang di mana Mexican-hat akan sensitif terhadap hal-hal tersebut, pertama, Mexican-hat sangat sensitif terhadap citra yang mempunyai permukaan dengan variasi tajam (contoh, celah-celah kecil dan bintik-bintik pada permukaan), dan kedua, bentuk-bentuk yang tidak linier seperti zigzag, collarete, dan furrow). Untuk mendapatkan berbagai fitur-fitur pada skala multipel, maka produk respons yang diberikan adalah,

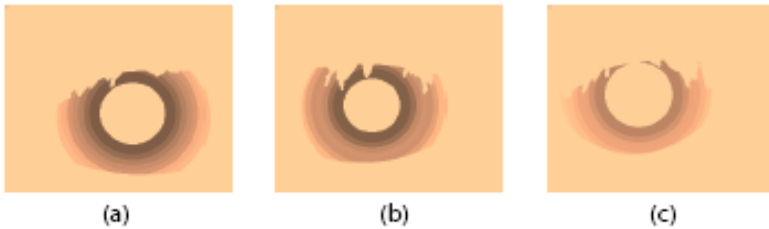
$$w^{mul}(s_1, s_2, s_3) = w(s_1) \times w(s_2) \times w(s_3)$$

di mana  $s_1, s_2, s_3$  merupakan tiga skala yang berturut - turut bernilai 0,5, 1,0, dan 2,0.

Untuk memperoleh suatu ukuran kualitas lokal dari texture iris, kita partisikan region menjadi lapisan - lapisan konsentrik multipel dengan suatu ukuran lebar tetap sampai diraih batasan sclera atau iris. Andaikan  $T$  merupakan jumlah total lapisan, energi  $E_t$  untuk lapisan ke -  $t$  ( $t=1,2,\dots, T$ ) didefinisikan,

$$E_T = \frac{1}{N_T} \sum_{i=1}^{i=N_T} |w_{t,i}^{mul}|^2$$

di mana  $w_{t,i}^{mul}$  mewakili produk koefisien wavelet ke - I di dalam lapisan ke - t. Energi,  $E_t$  merupakan suatu indikator yang baik sebagai pembeda fitur - fitur iris., dan oleh karena itu, energi tersebut dapat kita katakan sebagai suatu pengukuran iris lokal yang handal.  $E_t$  yang bernilai tinggi mengindikasikan kualitas yang baik dan versa yang buruk (lihat gambar 4.4).



Gambar 4. Pengukuran kualitas lokal berdasarkan pada pengkonsentrasian energi di dalam lapisan individual. Pengestimasi kualitas, Q, untuk ketiga citra (a), (b), dan (c) adalah 10, 8,6, dan 6,7



Gambar 5. Normalisasi pola iris (baris atas) dan Normalisasi peta kualitas terkait (baris bawah). Normalisasi tersebut menunjukkan distorsi tidak linier bila pusat iris dan pupil tidak bertepatan

Indeks kualitas, Q, didefinisikan sebagai bobot rata-rata dari kualitas lokal lapisan



$$Q = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (m_t \times \log E_t)$$

di mana  $T$  merupakan jumlah total lapisan, dan  $m_t$  merupakan bobot

$$m_t = \exp \left\{ -\|l_t - l_c\|^2 / 2q \right\}$$

dengan  $l_c$  mendenotasikan pusat pupil, dan  $l_t$  mendenotasikan radius rata-rata dari lapisan ke  $t$ . Justifikasi penggunaan bobot  $m_t$  adalah dengan memberikan texture lebih ke dalam region iris dan lebih sedikit pengaruh eksistensi dari fitur bulu mata ke luar region iris.

### Pencocokkan iris

Sebelum menerapkan pengukuran kualitas lokal, ada beberapa kesulitan di dalam mencocokkan (membandingkan) citra iris,

- i. Region iris bisa saja bervariasi dikarenakan dilatasi pupil yang disebabkan oleh perubahan-perubahan kondisi cahaya
- ii. Ukuran iris yang variatif dikarenakan oleh penangkapan gambar dengan jarak yang variatif juga, dan
- iii. Citra iris yang asli mungkin saja sudah dirotasikan secara selintas dikarenakan proses dari akuisisi citra yang variatif.

Menghadapi kondisi-kondisi seperti di atas, maka kita aplikasikan model *rubber sheet* Daugman untuk menormalisasi texture iris dan ukuran kualitas lokal. Pemetaan tidak linier dapat diaplikasikan untuk mengurangi pengaruh dari dilatasi pupil dan ukuran iris yang variatif, walaupun pemetaan tidak linier ini akan mengakibatkan suatu distorsi kecil. Algoritma matching Daugman berdasarkan wavelet Gabor dapat diaplikasikan untuk menghasilkan kode-kode iris untuk sebarang pola-pola iris. Untuk menguji kesamaan dari kode-kode iris tersebut, anggap  $X$  dan  $Y$ , maka kita menghitung jarak Hamming yang diberikan sebagai,

$$HD = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^B X_i \otimes Y_i$$

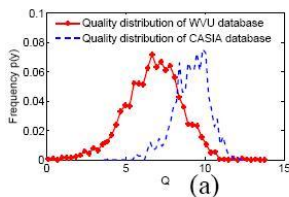
dimana  $X_i$  dan  $Y_i$  merupakan bit ke -  $i$  di dalam barisan  $X$  dan  $Y$ , dan  $N$  merupakan jumlah total bit-bit di dalam barisan tersebut. dan simbol  $\otimes$  merupakan operasi XOR. Untuk menghadapi berbagai variasi rotasi pada objek, maka kita geser bit-bit tertentu ke kiri dan ke kanan (sampai 8 bit) untuk memperoleh suatu jarak Hamming yang multipel, dan kemudian kita ambil jarak yang paling pendek atau nilai jarak yang terendah. Untuk mengintegrasikan pengukuran kualitas lokal dengan stadium matching, maka dapat kita modifikasikan algoritma matching Daugman yang berasal dari bobot jarak Hamming, yang diberikan sebagai

$$HD_W = \frac{1}{B} \frac{\sum_{i=1}^B \sqrt{E_{g(i)}^X \times E_{g(i)}^Y \times (X_i \otimes Y_i)}}{\sum_{i=1}^B \sqrt{E_{g(i)}^X \times E_{g(i)}^Y}}$$

dimana  $g(i)$  merupakan suatu indeks lapisan yang memuat bit ke -  $i$  dari kode iris, dan simbol  $E_{g(i)}^X$  dan  $E_{g(i)}^Y$  merupakan pengukuran kualitas lokal yang berkaitan dengan lapisan ke  $g(i)$  di dalam  $X$  dan  $Y$ .

## Eksperimen

Pengujian dilakukan terhadap 756 citra grayscale iris yang terdiri dari 108 citra iris yang berbeda. Unjuk kerja sistem dilakukan menggunakan indeks  $Q$  yang dilustrasikan pada gambar 6.



	Accuracy	Iris boundary	Upper eyelid	Lower eyelid
Daugman [6]		98.6%	N/A	N/A
Wildes [11]		99.9%	N/A	N/A
Cui et al. [12]		99.34%	97.35%	93.39%
Proposed		99.47%	98.41%	99.07%

(b)

Gambar 6. Unjuk kerja sistem yang dihasilkan.

## Kesimpulan

Pengukuran kualitas yang dilakukan menunjukkan bahwa unjuk kerja yang dihasilkan sangat tergantung dari penerapan algoritma segmentasi. Unjuk kerja segmentasi ke depan diharapkan dapat diatasi dengan menerapkan dua modul secara paralel untuk mengoptimasi sistem.

## Referensi

- [1]. T. Mansfield, G. Kelly, D. Chandler, and J. Kane, "Biometric Product Testing Report," CESG/BWG Biometric Test Programme, National Physical Laboratory, UK, 2001
2. Committee Draft, "Biometric Data Interchange Formats - Part 6: Iris Image Data," *International Organization for Standardization (ISO)*, 2003
- [2]. H. Wang, D. Melick, R. Vollkommer and B. Willins, "Lessons Learned From Iris Trial," *Biometric Consortium Conference*, 2002
- [3]. D. Thomas, "Technical Glitches Do Not Bode Well For ID Cards, Experts Warn," *Computer Weekly*, May, 2004
- [4]. S. King, H. Harrelson and G. Tran, "Testing Iris and Face Recognition in a Personal Identification Application," *Biometric Consortium Conference*, 2002
- [5]. J. Daugman, "Recognizing Persons By Their Iris Patterns", in *Biometric Systems: Technology, Design and Performance Evaluation*, J. Wayman, A.K. Jain, etc. (Eds.), Springer, 2004
- [6]. J. Daugman, "Statistical Richness of Visual Phase Information: Update on Recognizing Persons by Iris Patterns", *Int'l Journal on Computer Vision*, Vol. 45, no. 1, pp. 25-38, 2001
- [7]. G. Zhang and M. Salganicoff, "Method of Measuring the Focus of Close-Up Image of Eyes," *United States Patent*, no. 5953440, 1999
- [8]. L. Ma, T. Tan, Y. Wang and D. Zhang, "Personal Identification Based on Iris Texture Analysis," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 25, no. 12, 2003
- [9]. R. Wildes, "Automated Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology," *Proc. of the IEEE*, Vol. 85 no. 9, pp. 1348-1363, 1997
- [10]. J. Cui, Y. Wang, etc., "A Fast and Robust Iris Localization Method Based on Texture Segmentation," *SPIE Defense and Security Symposium*, Vol. 5404, pp. 401-408, 2004

- [11]. H. Sung, J. Lim, J. Park and Y. Lee, "Iris Recognition Using Collarete Boundary Localization," *Proc. of the 17th Int'l Conf. on Pattern Recognition*, Vol. 4, pp. 857-860, 2004
- [12]. N. Graham, "Breaking the Visual Stimulus Into Parts," *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 1, no. 2, pp. 55-61, 1992
- [13]. J. Antoine, L. Demanet, etc., "Application of the 2-D Wavelet Transform to Astrophysical Images," *Physicalia magazine*, Vol. 24, pp. 93-116, 2002
- [14]. C. Burrus, R. Gopinath, and H. Guo, "Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms," *Prentice Hall*, New Jersey, 1998