

Sistem Pemeriksaan Bantuan Penglihatan Mesin

Ahmad Fadzil Mohamad Hani
Chu Jenn Weng

ABSTRAK

Pembangunan suatu sistem penglihatan mesin untuk memeriksa peranti LED dalam persekitaran industri dibincangkan di dalam kertaskerja ini. Kaedah-kaedah untuk mengesan kecacatan pada peranti LED dititikberatkan. Terdapat dua kenyataan masalah bagi kerja penyelidikan ini iaitu, (i) memeriksa kecacatan rangka kaki LED di akhir proses pengeluaran, dan (ii) memeriksa kecacatan gegelung wayar dalam LED sebelum epoxy menutupi bahagian kepala LED. Ujikaji-ujikaji telah dilaksanakan untuk menyelidik keboleharapan sistem penglihatan yang dibina. Keputusan ujikaji menunjukkan peratusan pencapaian yang tinggi untuk membezakan peranti LED yang cacat daripada peranti LED yang baik. Sistem yang diterangkan dalam kertaskerja ini pada dasarnya mempunyai penggunaan yang meluas dalam bidang dan kawalan mutu di persekitaran pembuatan.

ABSTRACT

The development of a machine vision system for inspection of LED devices in industrial environment is discussed in the paper. Methods to detect flaws in LED devices is emphasized. There are two problem statement i.e.: (i) inspect flaws in the LED leadframe at the end of the production line and, (ii) inspect wire loop flaws in the LEDs prior to epoxy encapsulation. Tests were carried out to investigate the capability of the developed machine vision system. Results obtained show a high percentage of success in distinguishing between good and bad LEDs. The generic system described here has a wide application in quality control inspection in the manufacturing environment.

PENGENALAN

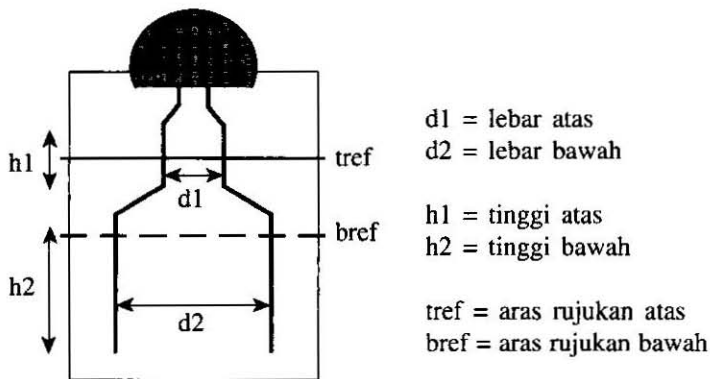
Kebelakangan ini, penglihatan mesin telah diterima sebagai cara yang paling berkesan untuk menggantikan penglihatan manusia dalam proses pemeriksaan. Sebab-sebab utama ialah keupayaan (kederasan dan kejituan) penglihatan mesin telah meningkat sementara kos perkakasnya telah menurun dan keluaran yang bermutu tinggi adalah keperluan penting di dalam industri masa kini. Dengan bantuan teknologi penglihatan mesin, industri pembuatan berhasrat untuk mencapai kadar pengeluaran yang lebih tinggi dan bermutu. Keadaan ini mendorong satu jalan untuk mempertingkatkan kecekapan kilang dan fiesibiliti keluaran.

Komponen yang akan diperiksa ialah peranti diod pancaran cahaya (atau LED). Peranti ini diperiksa pada dua peringkat yang berlainan, iaitu sebelum epoxy dilekatkan pada rangka kaki dan selepas bahagian peranti telah siap dibina. Pada amnya matlamat sistem penglihatan mesin yang dibina

adalah untuk mengawal mutu peranti LED yang dikeluarkan oleh kilang Hewlett Packard (M) Sdn. Bhd., Pulau Pinang dan untuk meningkatkan masa pemeriksaan supaya kadar keluaran dapat dipertingkatkan.

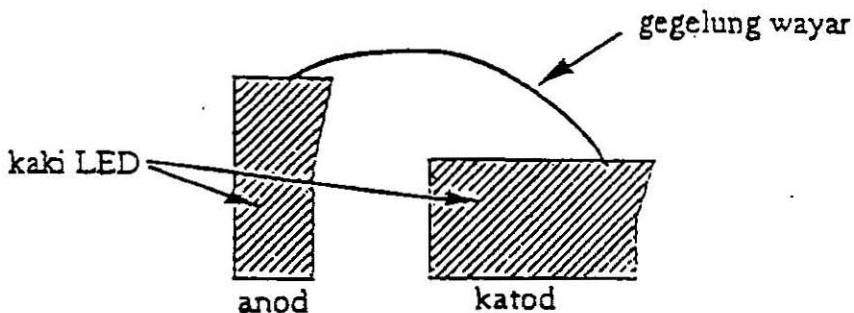
Terdapat dua matlamat khusus, iaitu membina satu sistem pemeriksaan penglihatan mesin kos rendah untuk:

1. Mengukur dan memeriksa dimensi-dimensi rangka kaki yang terbentuk pada peranti LED. Masa pemeriksaan harus kurang daripada 200 ms. Rajah 1 menunjukkan ukuran dimensi peranti LED yang akan diperiksa.



RAJAH 1. Ukuran dimensi peranti LED

2. Memeriksa dan mengawasi gegelung wayar di dalam peranti LED sebaik sahaja proses pengikatan wayar telah dilaksanakan. Masa pemeriksaan harus tidak melebihi 300 ms. Rajah 2 menunjukkan gegelung wayar yang akan diperiksa.



† Peranti LED mengandungi gegelung wayar tunggal atau jenis LED warna tunggal.

RAJAH 2 Pemeriksaan gegelung wayar LED

PRAPEMROSESAN

PENCAHAYAAN

Teknik pencahayaan dari belakang (*backlighting*) telah digunakan dalam projek ini. Teknik ini menghasilkan imej yang mempunyai beza jelas yang tinggi (*high contrast*) di antara objek dan latarbelakang; ianya memudahkan proses prapemprosesan terhadap objek tersebut.

PENGAMBANGAN DAN PERDUAAN IMEJ

Sebelum imej yang ditangkap dapat dianalisiskan oleh komputer, ia mesti dipraproseskan dahulu. Cara ini dapat memudahkan analisis dan tafsiran imej. Pengambangan dan penduaan imej dilakukan untuk mendapatkan imej berparas kelabu dua. Proses pengambangan bertujuan untuk memisahkan objek yang gelap daripada latarbelakang yang cerah. Proses ini boleh dilakukan secara insani ataupun automatik.

Pemilihan ambang kelabu untuk memisahkan objek daripada bahagian latarbelakang boleh dilaksanakan secara automatik [1]. Operasinya diterangkan berikut.

Jika $f(g)$ ialah bilangan pixel pada aras kelabu g dan $t(g)$ ialah bilangan pixel sebenar pada dan juga kurang daripada aras kelabu g di dalam imej yakni,

$$t(g) = \sum_{i=0}^g f(i)$$

Jika jumlah bilangan pixel di dalam imej ialah P (biasanya $N \times M$) dan $m(g)$ adalah aras kelabu purata bagi pixel-pixel yang mempunyai aras kelabu di antara sifar dan g , iaitu

$$m(g) = \frac{\sum_{i=0}^g g \cdot f(i)}{t(g)}$$

dan jika bilangan maksimum aras kelabu adalah $G(0, \dots, G-1)$, selesaikan persamaan berikut:

$$T = \max \left\{ \frac{t(g)}{P - t(g)} \cdot [m(g) - (G - 1)]^2 \right\} - 1$$

Nilai T yang diperolehi di atas merupakan nilai ambang yang paling sesuai.

PEMBENTUKAN MEDAN PANDANG (TINGKAP)

Bukan keseluruhan imej yang wujud dalam pemapar akan dianalisiskan. Hanya sebahagian yang penting akan dianalisiskan untuk mempercepatkan masa

pemeriksaan. Jadi satu medan lihat (field of view) perlu dikenalpasti yang meliputi bahagian ini dan proses analisis hanya dilakukan terhadap kawasan tersebut sahaja. Selain daripada itu tingkap yang terbina juga berupaya untuk mencari secara automatik bahagian yang penting ini dalam keseluruhan layar pemapar. Sebaik sahaja objek wujud dalam layar pemapar maka tingkap akan terpadan terhadap imej tersebut, seterusnya analisis dilaksanakan.

PEMERIKSAAN DAN PENGUKURAN DIMENSI-DIMENSI RANGKA KAKI PERANTI LED

ALGORITMA

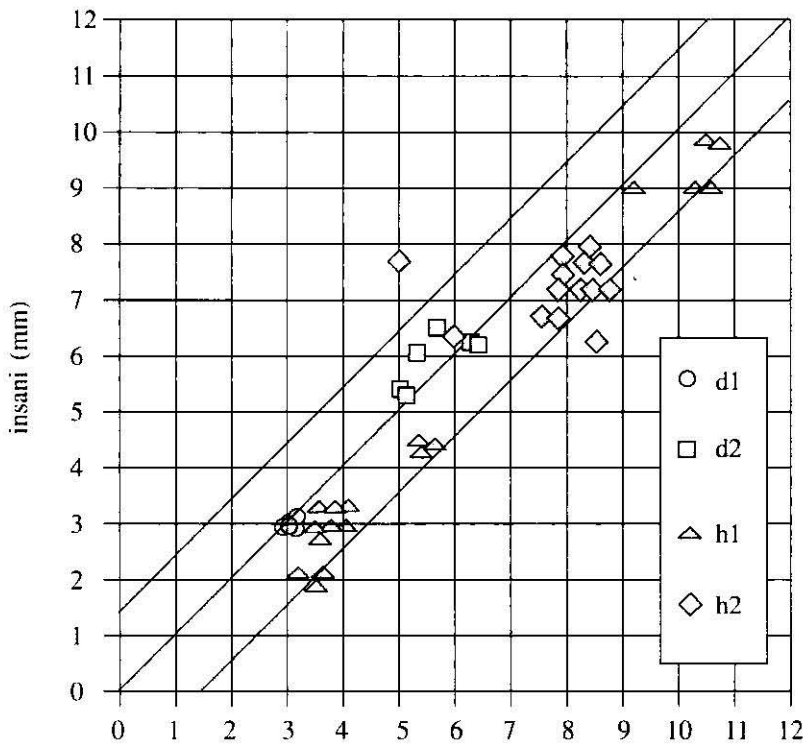
Selepas tingkap dibina ke atas objek (LED) dalam layar pemapar, aras-aras rujukan disetkan seperti yang ditunjukkan di Rajah 1. Aras rujukan atas, tref disetkan pada bahagian atas LED manakala aras rujukan bawah bref disetkan pada bahagian bawah LED. Aras rujukan ini bertindak sebagai satu rujukan untuk mendirikan algoritma proses pengukuran yang akan dibincangkan kemudian.

Daripada aras-aras rujukan yang telah ditentukan, jarak dua kaki LED pada aras rujukan tersebut dipastikan. Caranya adalah seperti berikut: Aras rujukan memberikan kedudukan kaki peranti LED secara kasar dan dari kedudukan ini komputer akan mengimbas secara mendatar sehingga pinggir hitam dikesan. Selepas itu pengimbasan diteruskan sehingga pinggir kaki sebelah kanan dikesan. Jadi dari maklumat kedua-dua kaki, kita dapat mengira jarak antara kaki.

Apabila jarak pada kedua-dua aras rujukan telah didapati, pengimbasan secara mendatar dilaksanakan lagi bermula dari bahagian paling atas tingkap sehingga bahagian paling bawah tingkap. Jarak antara dua titik pada setiap baris dibandingkan dengan kedua-dua jarak rujukan ini, sekiranya jarak yang diukur adalah sama (dalam satu had terima yang ditetapkan) dengan mana-mana satu jarak rujukan, maka ia akan dikumpulkan untuk proses yang seterusnya. Pada akhir pengimbasan, purata bagi lebar atas, d_1 dan lebar bawah, d_2 akan dikira berdasarkan jarak yang telah dikumpulkan tadi. Selepas itu proses untuk mendapatkan ketinggian kedua-dua bahagian LED dijalankan. Kedua-dua ketinggian ini boleh didapati dengan mengira bilangan baris yang mempunyai lebar yang sama dengan lebar bahagian atas dan juga bilangan baris yang mempunyai lebar yang sama dengan lebar bahagian bawah.

KEPUTUSAN UJIKAJI

Selepas algoritma pengukuran dibina, maka ujikaji perlu dilaksanakan untuk menguji kebolehan ukuran bagi algoritma tersebut. Pelbagai jenis LED telah diuji. Di antara peranti-peranti LED ini terdapat peranti LED yang baik dan juga yang rosak. Peranti LED diuji satu demi satu, setiap satu peranti LED diperiksa oleh sistem komputer, ia juga diukur dengan menggunakan pengukur Venir elektronik. Kedua-dua set bacaan (yang didapati daripada sistem komputer dan yang didapati secara insani) diplotkan dan dibandingkan dalam satu graf di dalam Rajah 3.



RAJAH 3. Keputusan ujikaji pengukuran dimensi-dimensi LED

Daripada graf yang diplot, kita dapat bahawa semua ukuran memberikan jawapan yang sama dalam had terima ± 1.0 mm. Dalam ujikaji ini 30 sampel diperiksa. Setiap sampel akan memberikan 4 nilai ukuran yang mewakili lebar atas d1, lebar bawah d2, tinggi atas h1 dan tinggi bawah h2. Daripada graf ini, kita mengetahui bahawa d1 memberikan jawapan yang lebih tepat jika dibandingkan dengan nilai-nilai h1 dan h2. Secara keseluruhannya, h1 dan h2 didapati daripada sistem komputer memberikan nilai ukuran yang lebih rendah sedikit daripada nilai ukuran daripada pengukuran manusia.

Keputusan ini menunjukkan bahawa algoritma pengukuran boleh digunakan untuk membezakan peranti LED yang baik dengan yang rosak sebab kecacatan peranti LED dikatakan wujud jika terdapat perbezaan nilai yang lebih besar daripada ± 2 mm. Pengukuran bagi semua dimensi berkenaan dilaksanakan di dalam masa 200 ms.

KESIMPULAN UJIKAJI

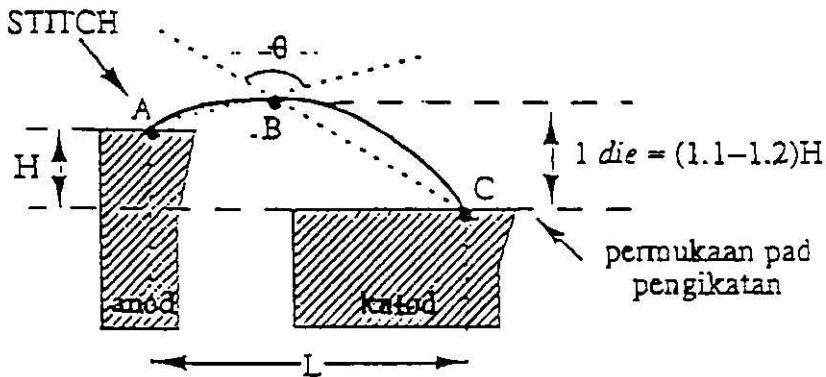
Daripada keputusan ujikaji, kita dapat menyimpulkan bahawa sistem pemeriksaan ini telah mencapai matlamatnya iaitu ia berkemampuan untuk mengukur dimensi-dimensi kaki peranti LED di dalam masa kurang daripada 200 ms (masa pemeriksaan yang diperlukan ialah 150 ms) dengan satu kejituan yang tinggi. Julat ralat dalam sistem ini ialah ± 1 mm. Sistem ini adalah sesuai untuk melaksanakan pemeriksaan terhadap dimensi peranti LED bagi proses keluaran secara masa nyata.

PEMERIKSAAN DAN PENGAWASAN GEDELUNG WAYAR LED

Pemeriksaan dan pengawasan gegelung wayar pada peranti LED dilaksanakan sebelum *epoxy* dilekatkan ke atas anod dan katodnya. Oleh kerana saiz gegelung wayar terlalu kecil, satu pembesaran imej yang mencukupi harus dilakukan untuk mendapatkan imej yang jelas dan sesuai untuk analisis.

Peranti LED dianggapkan baik jika ia memenuhi syarat-syarat di bawah ini (Rajah 4):

1. ketinggian gegelung wayar mesti satu *Die* tinggi dari permukaan pad pengikatan katod,
2. pengikatan *STITCH* mesti kelihatan seperti 'ekor ikan'.
3. pembengkokan gegelung wayar mesti licin, dan
4. pengikatan *STITCH* tidak jauh ke kiri pada permukaan anod.



RAJAH 4. Parameter-parameter gegelung wayar LED

Untuk memenuhi keempat-empat perincian ini, tiga parameter telah dikenalpasti iaitu θ , H dan L .

Parameter θ adalah sudut yang terbina daripada dua titik tepi (A dan B) dengan titik tertinggi (B) gegelung wayar. Parameter ini memberi maklumat tentang kedudukan pembengkokan gegelung wayar.

Parameter H , merupakan ketinggian dari titik A ke titik B. Parameter ini mengawal ketinggian gegelung supaya ia tidak melebihi atau kurang daripada syarat-syarat yang telah ditetapkan, iaitu ketinggian satu Die daripada permukaan pad pengikatan katod iaitu $1 \text{ Die} \approx (1.1 - 1.2)H$.

Parameter L pula, merupakan jarak dua titik tepi A dan B. Parameter ini menentukan sama ada kedua-dua tepi berada pada pertengahan pad atau tidak. Ia juga memberikan maklumat kasar mengenai panjang gegelung wayar. Rajah 4 memberikan gambaran jelas terhadap parameter-parameter ini.

ALGORITMA UNTUK PENGUKURAN θ , H DAN L

Parameter-parameter ini semuanya bergantung terhadap tiga titik iaitu titik tertinggi gegelung wayar dan kedua-dua titik tepinya. Jadi sekiranya ketiga-tiga titik ini dapat dicari, maka kita dapat menentukan nilai θ , H dan L .

Cara untuk mencari ketiga-tiga titik ini agak mudah. Prinsipnya berasaskan penukaran aras kelabu daripada putih ke hitam dan kembali ke aras putih semula. Oleh kerana gegelung wayar terdiri daripada suatu lengkungan hitam dalam imej perdua, maka di sebelah atas dan bawah lengkungan ini adalah ruangan putih. Jadi satu algoritma boleh direkabentukkan untuk mengesan keadaan ini.

Di dalam kawasan tingkap yang telah dibina ke atas peranti LED yang akan diperiksa, pengimbasan menegak dari kiri dilakukan untuk mendapatkan permulaan titik tepi pertama. Titik tepi dikatakan terkesan apabila satu perubahan aras daripada putih ke hitam dan kembali semula selepas beberapa titik hitam dilalui.

Nilai tertinggi boleh dikesani dengan cara yang sama dengan syarat tiada kedudukan lain yang lebih tinggi daripada titik tersebut. Pengimbasan menegak dihentikan apabila titik tepi yang terakhir ditemui. Titik terakhir ini merupakan titik tepi di sebelah kanan LED (katod). Setelah ketiga-tiga titik ini dikesani, maka θ , H dan L dapat ditentukan dengan seperti berikut:

Anggapkan

titik tepi pada anod (kiri), $A(X_A, Y_A)$,

titik tepi pada katod (kanan), $B(X_B, Y_B)$,

titik tertinggi gegelung wayar, $C(X_C, Y_C)$.

$$\text{Kecerunan } AB, m1 = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} .$$

$$\text{Kecerunan } BC, m2 = \frac{Y_C - Y_B}{X_C - X_B} .$$

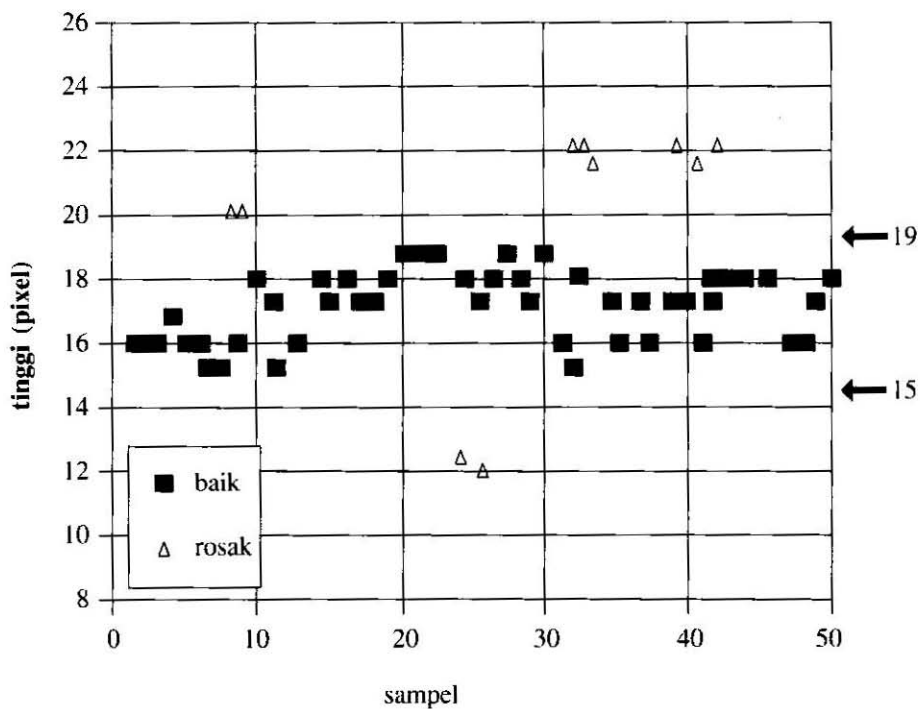
$$\text{sudut, } \theta = \tan^{-1} \left\{ \frac{Y_C - Y_B}{X_C - X_B} \right\} .$$

$$\text{tinggi, } H = Y_C - Y_B$$

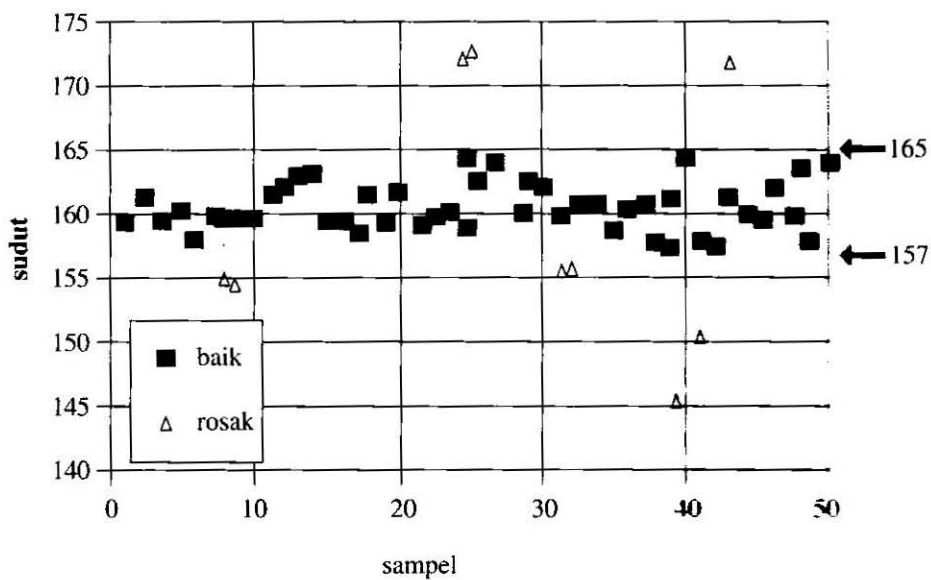
$$\text{lebar, } L = X_C - X_A$$

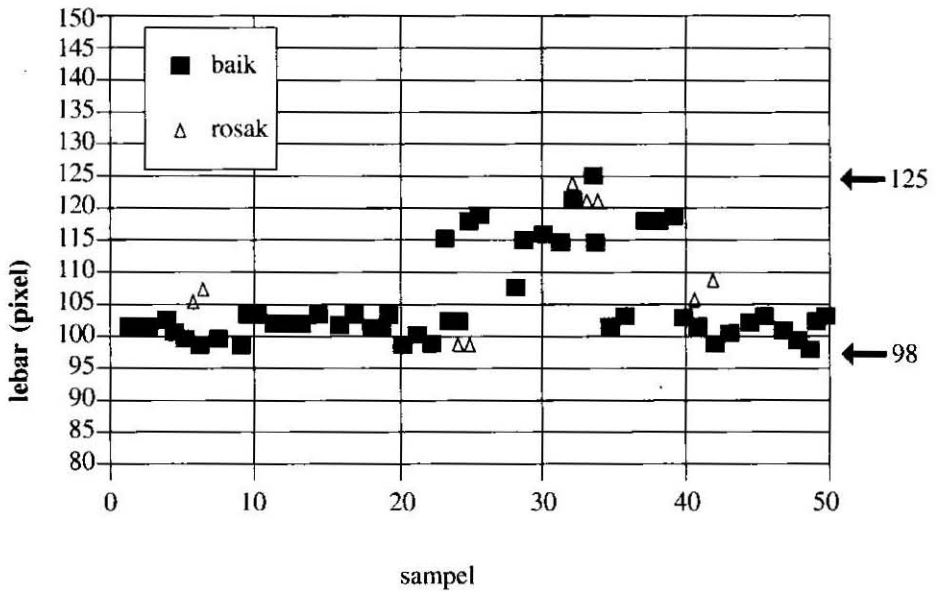
KEPUTUSAN UJIKAJI

Ujikaji telah dijalankan untuk mengkaji kebolehharapan sistem pemeriksaan ini. 50 sampel gegelung wayar yang berkualiti baik diperiksa satu demi satu untuk mendapatkan parameter-parameter θ , H dan L masing-masing. Gegelung wayar dikatakan baik sekiranya ia memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan. Selepas semua gegelung wayar yang baik diperiksa dan dianalisis, ukuran-ukuran parameter yang didapati diplotkan dalam graf yang berlainan di dalam Rajah 5, 6 dan 7.



RAJAH 5. Carta pengukuran tinggi H

RAJAH 6. Carta pengukuran sudut θ



RAJAH 7. Carta pengukuran lebar L

KESIMPULAN UJIKAJI

Daripada graf masing-masing, had terima atas dan terima bawah bagi parameter-parameter tersebut ditentukan. Selepas itu, gegelung wayar-gegelung wayar yang rosak dikaji. Ukuran-ukuran yang didapati juga diplotkan dalam graf berkaitan yang sama. Daripada graf-graf, beberapa keputusan boleh diperolehi:

1. Merujuk kepada graf pengukuran sudut θ (Rajah 6) varian-sudut untuk gegelung wayar yang baik adalah kecil: had terma atas ialah 165° , manakala had terima bawah ialah 157° . Dengan itu, kita boleh memilih nilai sudut piawai sebagai purata daripada had-had tersebut iaitu $\theta_s = 161^\circ$.

Jelas bahawa ukuran sudut untuk gegelung wayar yang rosak berada pada luar kawasan had terima atas dan had terima bawah. Dengan demikian parameter sudut boleh dijadikan satu parameter dalam penentuan kecacatan sesuatu gegelung wayar.

2. Merujuk kepada graf pengukuran tinggi H (Rajah 5), varian tinggi untuk gegelung wayar yang baik adalah kecil. Had terima atas ialah 19 pixel dan had terima bawah ialah 15 pixel. Jadi nilai tinggi piawai ialah 17 pixel dan had terima purata ialah ± 2 pixel.

Daripada graf, diperhatikan bahawa ukuran tinggi untuk gegelung wayar rosak berada di luar kawasan had terima. Dengan demikian, boleh disimpulkan bahawa parameter tinggi H dapat memberikan maklumat tambahan untuk membezakan gegelung wayar yang rosak dengan gegelung yang baik dengan sepenuhnya.

3. Merujuk kepada graf pengukuran lebar L (Rajah 7), diperhatikan bahawa ukuran lebar bagi gegelung wayar yang baik dan rosak berada dalam kawasan had terima. Jadi parameter L tidak sesuai untuk membuat keputusan.

KESIMPULAN

Daripada keputusan ujikaji-ujikaji, bolehlah disimpulkan bahawa sistem penglihatan mesin yang direkabentuk ini mempunyai keboleharapan, ketahanan dan kejituan yang tinggi. Ia adalah sesuai untuk dipergunakan dalam proses keluaran yang sebenar. Dengan menggunakan sistem pemeriksaan bantuan penglihatan mesin ini, gegelung wayar yang rosak dapat dibezakan daripada gegelung wayar yang baik; kualiti keluaran peranti-peranti LED dijamin secara automatik.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan setinggi-tinggi terma kasih kepada Hewlett-Packard (M) Sdn. Bhd., Pulau Pinang, khususnya kepada En. Karan Ponudurai di atas sokongan dan bantuan perkakasan untuk kerja penyelidikan ini.

RUJUKAN

1. Low, A. 1991. *Introductory Computer Vision and Image Processing*. Mc Graw Hill.

Ahmad Fadzil b. Mohamad Hani
Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik & Elektronik
Universiti Sains Malaysia, Kampus Cawangan Perak
31750 Tronoh
Perak D.R.

Chu Jenn Weng
Hewlett Packard (M) Sdn. Bhd.
Zon Perdagangan Bebas Bayan Lepas
Pulau Pinang