

Pengembangan Sistem Identifikasi Fitur Dua Dimensi Kekasaran Permukaan Berbasis *Machine Vision* untuk Produk Hasil Permesinan

Zulfan Yus Andi

Program Studi Teknik Perancangan Mekanik, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka-Belitung,
SungaiLiat, Bangka 33211, Indonesia
Email: zulfan_ya@yahoo.com

ABSTRAK

Kekasaran suatu produk merupakan salah satu standar keakuratan dan kualitas permukaan produk yang dihasilkan dari suatu proses permesinan. Nilai kekasaran ini sangat bervariasi, dilihat dari proses permesinan dan parameternya. Semakin halus permukaannya, semakin tinggi kualitas permukaan yang dihasilkan. Metode pengukuran kekasaran dapat dilakukan dengan metode kontak dan metode non-kontak, salah satunya metode pengenalan citra, yaitu identifikasi citra dan pengolahannya. Hal ini disebut dengan metode *machine vision*. Cakupan penelitian ini meliputi pembuatan sistem pengukuran *machine vision* dengan menggunakan kamera saku digital pembesaran 4x, mikroskop pembesaran 20 x, pencahayaan (*lighting*) dan benda kerja hasil CNC bubut $\varnothing 36 \times 50$ mm. Selanjutnya pemrosesan citra *image* dengan perangkat lunak, yaitu identifikasi profil permukaan pelat kalibrator sebagai dasar pengukuran dan pengukuran terhadap benda ujinya. Pengukuran dilakukan dari puncak profil hingga lembah profil, sehingga memberikan kedalaman permukaan ukur. Dengan pengukuran *machine vision* pengenalan citra ini lebih mendekati nilai analitis, artinya tingkat kepresisian yang dihasilkan lebih mendekati nilai *Ra natural*, dengan rata-rata persentase penyimpangan yang dihasilkan 6.00%.

Kata kunci: Kekasaran permukaan, fitur 2D, *machine vision*, pengolahan citra.

ABSTRACT

Roughness of a product is one of the standards of accuracy and surface quality of products result from a machining process. The roughness value has a variance depends on the machining process used. The finer the surface, the higher the surface quality produced. The roughness measurement method can be performed by contact and non-contact method. One of non-contact method is image recognition, that are identification and image processing. This is called the machine vision method. This research includes of making the measurement system of machine vision consists of a pocket digital camera in scale of zoom 4 times, and microscope in scale of zoom 20 times, lighting, and CNC turning of workpiece with dimension $\varnothing 36 \times 50$ mm. And then development software for image processing, and measuring surface roughness of workpieces. Roughness average is measured from peaks and valleys of surface profile, hence yields depth of average from surface roughness. By machine vision method for measuring depth of average from surface roughness, it is shown that the result more accurate from the contact method with percentage of deviation is 6.00%.

Keywords: Surface roughness measurement, 2D features, machine vision, image processing.

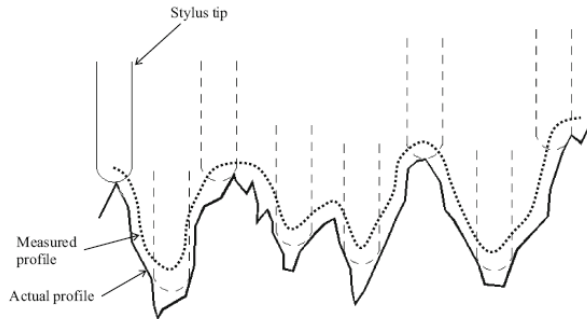
PENDAHULUAN

Salah satu ukuran kualitas produk, dapat terlihat seberapa besar tingkat kekasaran permukaan yang dihasilkan dari suatu pemrosesan yang dilakukan. Pengukuran kekasaran permukaan telah banyak dilakukan [1-5]. Secara tradisional, metode yang umum digunakan adalah pengukuran profil meter atau *stylus profile meter* [1-5], (Gambar 1). Beberapa kelemahan pengujian ini, diantaranya *stylus* dapat merusak permukaan objek benda uji, kurangnya

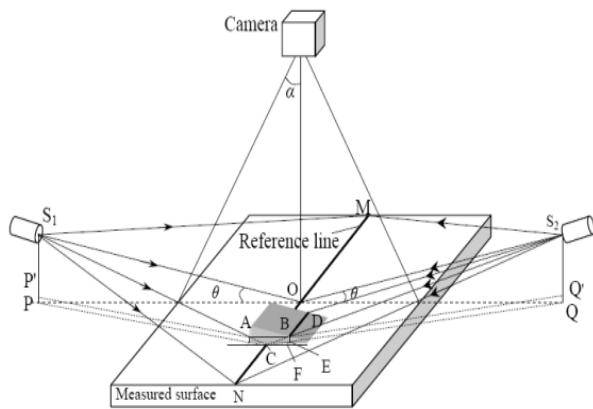
ketepatan fitur yang diukur karena dipengaruhi oleh dimensi bola ukur pada ujung *stylus profile* [2] dan diperlukan waktu analisis untuk menemukan nilai kekasaran tersebut.

Baru-baru ini, ada tiga jenis penelitian dengan metode non-kontak untuk mendeteksi permukaan kekasaran, yaitu metode pengenalan gambar, ultrasonik dan *X-ray* [3], seperti Gambar 2. Salah satu perlakuan pengukuran kekasaran dengan metode non-kontak, dapat menghasilkan fitur profil 3D [1,3,4], seperti Gambar 3. Pengukuran ini

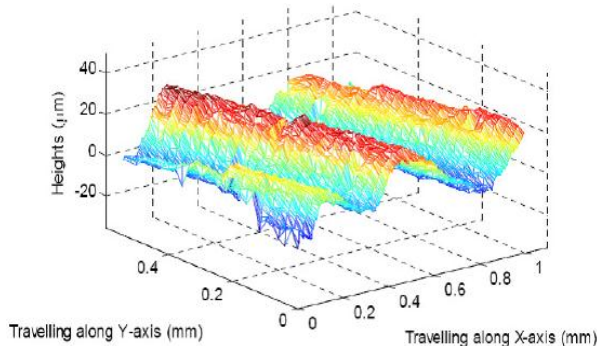
dilakukan dengan pengolahan citra dari hasil pengambilan citra (*capturing image*) dari kamera, mikroskop dan pencahayaan [6]. *Image gray* dari hasil *capture* tersebut dianalisa sehingga menghasilkan fitur kekasaran permukaan, dimana fitur ini dipengaruhi oleh pemakanan dari pahat potong pemrosesan mesin pada obyek benda kerja [4].



Gambar 1. Profil *Actual* dan Profil Pengukuran Menggunakan Metode *Stylus* [1]



Gambar 2. Sistem Pengukuran dan Pencahayaan [2]



Gambar 3. Obyek Fitur *Facing Turning* [6]

Pada metode lain digunakan penggabungan *a light sectioning microscope and computer vision system* untuk mengukur kekasaran. *Vision system* merupakan *capture image* untuk melihat profil kekasaran dengan pendetailan mikroskop dan untuk selanjutnya dilakukan pengolahan citra [6].

Juga pada identifikasi penelitian sebelumnya pengolahan citra masih memerlukan pengolahan algoritma yang baik, sehingga dianjurkan melakukan eksplorasi secara komputasi numerik untuk menemukan fitur yang lain sebagai pertimbangan dalam menemukan nilai kekasaran berbasis *vision* [4].

Tujuan penelitian ini adalah identifikasi profil atau fitur permukaan dari hasil pemrosesan mesin sehingga menghasilkan nilai ketinggian atau kedalaman rata-rata, dengan menggunakan metode non-kontak pengenalan citra.

Beberapa hal yang membatasi penelitian ini agar mencapai tujuan tersebut, adalah Obyek benda silinder $\varnothing 38 \times 50 \text{ mm}$ sejumlah 10 buah hasil permesinan CNC bubut menggunakan pahat *insert* merk *Korloy* jenis *CNMG120408-HS*. Permesinan yang dilakukan dengan beberapa parameter, yaitu parameter tetap adalah kecepatan *spindle 1414 rpm*, kedalaman pemakanan 1.0 mm , kecepatan pemakanan (V_c) 160 m/min dan radius pahat 0.8 mm . Dan parameter tidak tetap adalah batasan *federate 0.1-0.4 mm/rev (150-555 mm/min, increment 45 mm/min)*. Konstruksi sederhana pada *image capturing* obyek, yaitu mikroskop pembesaran $20x$, *digital pocket Nikon coolpixS3000*; pencahayaan ke obyek dan menghasilkan citra jenis **.jpeg*; Simulasi perangkat lunak *MATLAB* untuk pemrosesan dan peningkatan gambar; Pengukuran kekasaran rata-rata obyek uji.

METODE PENELITIAN

Dimulai dengan studi literatur yang berhubungan dengan tema penelitian baik dari jurnal nasional ataupun internasional, lalu dilanjutkan dengan membangun konstruksi sederhana dengan menggunakan mikroskop standar pembesaran/skala $20x$, *pocket camera* pembesaran maksimal $4x$ dan pencahayaan daya 20 watt , juga pengaturannya.

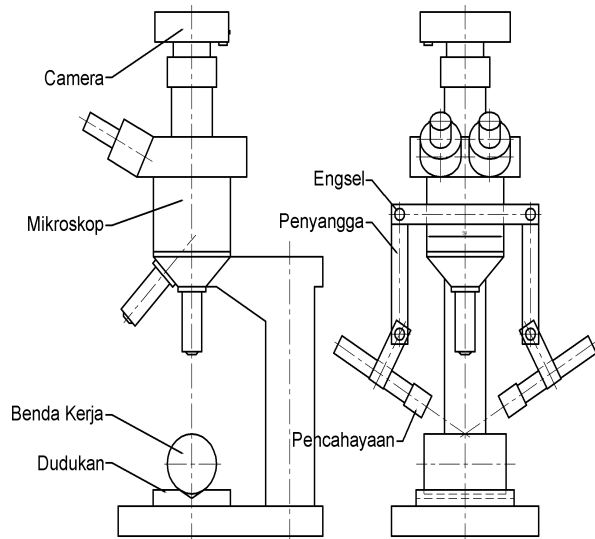
Pembuatan benda uji (*workpiece*) dilakukan pada permesinan CNC bubut dengan 10 variasi *federate 150 mm/min s.d. 555 mm/min (increment 45 mm/min)*, bahan baja *S45C* (baja karbon dengan kadar karbon $0,45\%$) dan kekuatan tarik 67 kg/mm^2 atau kekerasan $HB 187$ [7], dengan nilai kekerasan $55,7 \text{ HRA (High RockwellA)}$. Alat potong pahat *insert Carbide* jenis *CNMG120408-HS*.

Sedangkan parameter pemotongan yang dilakukan untuk benda uji tersebut yaitu kecepatan potong (V_C) 160 m/min ; putaran *spindle 1414 rpm*; radius mata pahat 0.8 mm ; kedalaman pemakanan 1 mm .

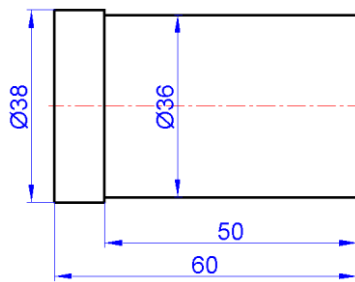
Melakukan perhitungan analitis terhadap benda uji dari inputan parameter proses permesinan CNC bubut dan parameter pahat *insert*. Sehingga terangkum nilai kekasaran ideal pada masing-masing benda uji untuk analisa dasar pada peng-

ukuran pengenalan citra. Selain ini juga, melakukan pengukuran metode kontak dengan menggunakan *stylus meter* bertujuan untuk melihat perbandingan persentase analisa *error* pengukuran metode kontak dan non-kontak terhadap perhitungan kekasaran analitis.

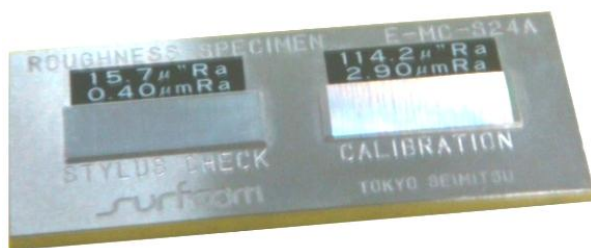
Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu melakukan kalibrasi dengan pengukuran pada pelat kalibrator *roughness* permukaan kekasaran $0.40 \mu\text{m}$ atau $2.90 \mu\text{m}$ sebagai kekasaran dasar untuk mendapatkan nilai kekasaran pada benda uji yang akan dilakukan.



Gambar 4. Konstruksi Alat Pengukuran



Gambar 5. Dimensi Benda Uji



Gambar 6. Pelat Kalibrasi 0.40 mm dan 2.90 mm

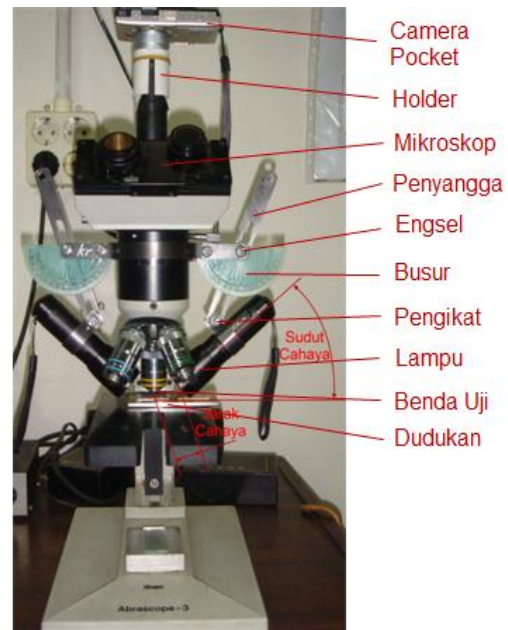
Kalibrasi pemrosesan citra, yaitu melakukan identifikasi tiap titik *pixel*, sehingga dapat mem-

berikan bentuk profil permukaan kedalaman permukaan. Selanjutnya bentuk profil permukaan sebenarnya itu disimulasikan kembali untuk mengetahui bentuk profil garis linear, sehingga dapat diidentifikasi batasan bagian lembah profil dan batasan bagian puncak profil. Agar nilai kalibrasi dapat teridentifikasi, yaitu melakukan pengukuran hasil kedalaman kekasaran yang dihasilkan pada permukaan obyek ukur pada pelat kalibrasi dan ditransformasikan dengan nilai dasar pelat *kalibrator* kekasaran tersebut, sehingga menghasilkan nilai dimensi per-*brightness*.

Dari nilai kalibrasi dapatlah mengukur kedalaman permukaan seluruh benda uji yang telah di-*capture* dan memberikan *Ra* dari masing masing-*feed rate* yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikroskop dibuat dudukan dari beberapa *part* pelat, diharapkan dapat memposisikan/mengarahkan pencahayaan ke titik obyek permukaan benda uji.

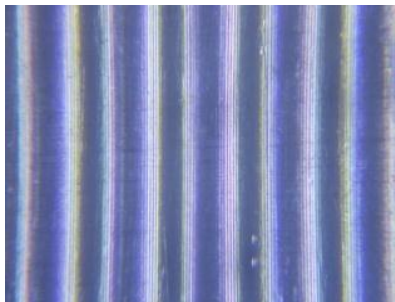


Gambar 7. Bagian-bagian dan *Set-Up* Konstruksi

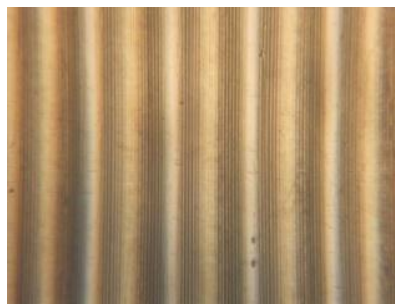
Konstruksi ini dibuat bertujuan untuk mengatur sudut pencahayaan, jarak pencahayaan, pengaturan pembesaran skala objek dan pemosisian titik objek permukaan yang diambil. *Set-up* hasil pengujian yang dilakukan dapat terlihat pada hasil *image capturing* ini.

Dari hasil *image capturing* pada Gambar 8, dilakukan identifikasi bentukan profil sebagai batas ukur kalibrasi yang akan ditransformasikan dengan nilai *kalibrator* $0.4 \mu\text{m}$ dan $2.9 \mu\text{m}$.

Pemrosesan citra input dari hasil *image capturing* obyek tidak luput dipengaruhi oleh pencahayaan yang terjadi pada permukaan obyek. Ketegasan nilai *brightness* ini dapat disimulasikan jika berbentuk permukaan ideal seperti di bawah pengaruh dari pencahayaan secara bervariasi. Hasil pemrosesan menunjukkan kalibrasi pengukuran awal dari kalibrator tersebut, dengan nilai kalibrasi $0.0569\mu\text{m}$ per *brightness*. Selanjutnya nilai ini ditransformasikan dengan pemrosesan citra terhadap benda uji dengan hasil kekasaran dari tiap *feedrate* yang berbeda-beda.

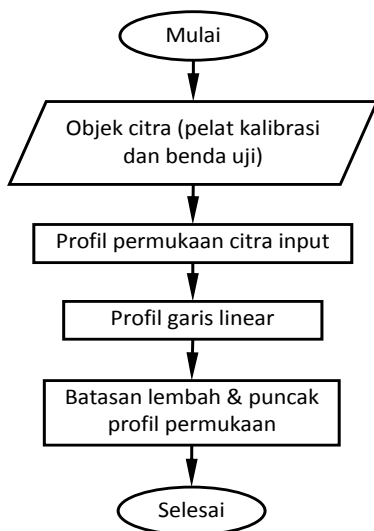


(a) Dengan sudut pencahayaan 30°

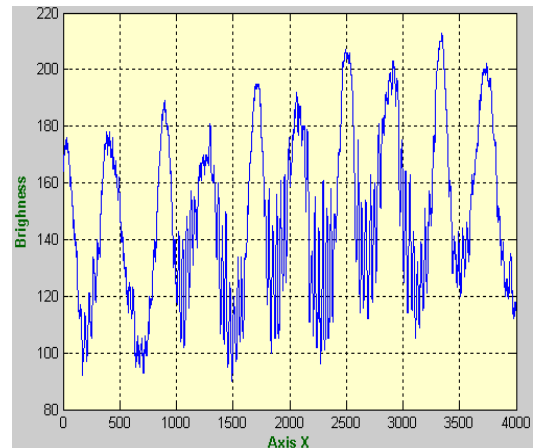


(b) Dengan sudut pencahayaan tegak lurus

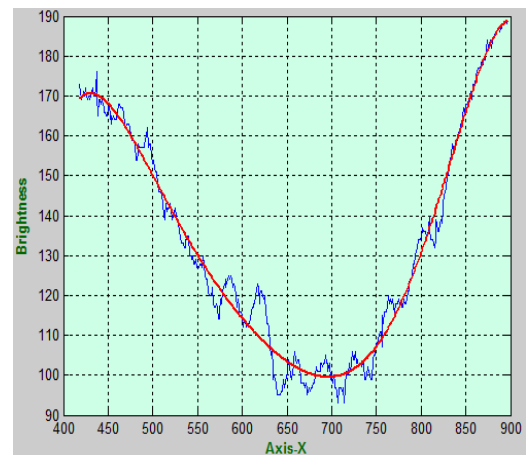
Gambar 8. Hasil *Image Capturing* Permukaan Kekasaran 2.9 mm dengan Pembesaran 80 x



Gambar 9. Algoritma *Image Processing* dan *Image Enhancement* Bentuk Profil Permukaan Objek Ukur

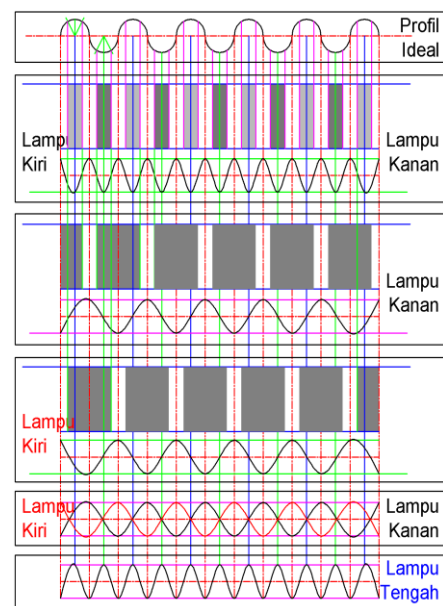


(a) Bentuk profil kalibrasi

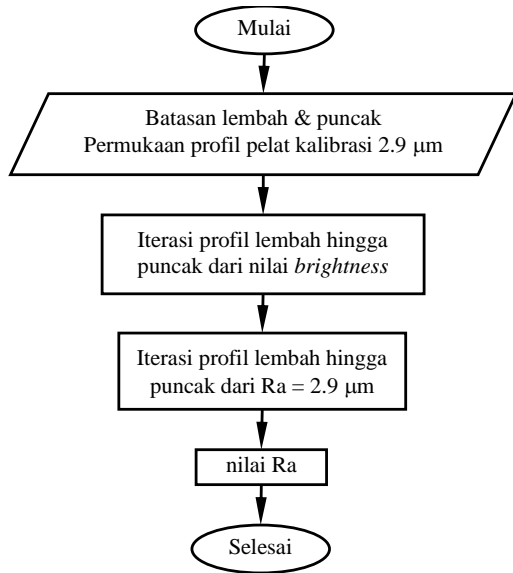


(b) Bentuk satu profil ukur

Gambar 10. Pemrosesan Citra



Gambar 11. Simulasi Grafis Bentuk Profil dari Bentuk Permukaan Ideal yang Dipengaruhi Nilai *Brightness* dari Sudut Pencahayaan Input



Gambar 12. Algoritma Pemrosesan Kalibrasi Pengukuran

Tabel 1. Hasil Pemrosesan Citra untuk Batasan Nilai dan Ra Objek Benda Uji dari Beberapa Feedrate yang Berbeda

| Feed Rate (mm/min) | Batasan lebar profil | | | Batasan ketinggian profil dari nilai brightness | | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|---|----------|---------|---------|
| | Awal | Akhir | Range | Bawah | Atas | Range | Ra (µm) |
| 150 | 2919 | 3739 | 820 | 137.00 | 1912.598 | 54.2598 | 0.9028 |
| 195 | 1451 | 2535 | 1084 | 96.00 | 158.0582 | 62.0582 | 1.3465 |
| 240 | 202 | 1617 | 1415 | 90.00 | 156.0062 | 66.0062 | 1.5711 |
| 285 | 1377 | 2977 | 1600 | 91.00 | 177.8645 | 86.8645 | 2.7578 |
| 330 | 1910 | 3561 | 1651 | 116.00 | 180.0804 | 64.0804 | 1.4615 |
| 375 | 1663 | 3478 | 1815 | 108.00 | 173.1901 | 65.1901 | 1.5246 |
| 420 | 1935 | 3340 | 1405 | 120.00 | 204.4057 | 84.4057 | 2.6179 |
| 465 | 1547 | 3345 | 1798 | 92.00 | 190.3848 | 98.3848 | 3.4132 |
| 510 | 1310 | 3428 | 2118 | 109.00 | 194.8137 | 85.8137 | 2.6980 |
| 555 | 1403 | 3901 | 2498 | 104.00 | 200.1382 | 96.1382 | 3.2854 |
| Kalibrator 0.4 µm | 208 | 275 | 67 | 116.4117 | 161.8348 | 45.4231 | 0.4000 |
| Kalibrator 2.9 µm | 418 | 897 | 479 | 99.5268 | 188.8906 | 89.3638 | 2.9000 |

Sedangkan hasil perhitungan analitis yang didapatkan dari parameter pemrosesan CNC bubut yang dilakukan dengan bentuk idealnya dan hasil pengukuran kontak (*stylus meter*).

Tabel 2. Hasil Perhitungan Analitis dari Bentuk Ideal Hasil Pemrosesan CNC Bubut dan Parameter-Parameternya

| Feed Rate (mm/min) | Feed rate (mm/rev) | Ra (µm) |
|--------------------|--------------------|---------|
| 150 | 0.10607 | 0.4515 |
| 195 | 0.13789 | 0.7630 |
| 240 | 0.16971 | 1.1557 |
| 285 | 0.20154 | 1.6297 |
| 330 | 0.23336 | 2.1850 |
| 375 | 0.26518 | 2.8216 |
| 420 | 0.29700 | 3.5394 |
| 465 | 0.32882 | 4.3385 |
| 510 | 0.36064 | 5.2188 |
| 555 | 0.39246 | 6.1804 |

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kontak Menggunakan Stylus Meter

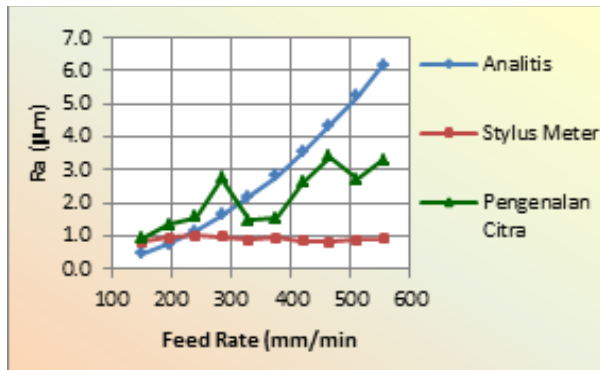
| Feed Rate (mm/min) | Ra (µm) |
|--------------------|---------|
| 150 | 0.8080 |
| 195 | 0.9360 |
| 240 | 1.0160 |
| 285 | 0.9720 |
| 330 | 0.8720 |
| 375 | 0.9360 |
| 420 | 0.8600 |
| 465 | 0.8200 |
| 510 | 0.8960 |
| 555 | 0.9080 |
| Kalibrator 0.4 µm | 0.680 |
| Kalibrator 2.9 µm | 3.356 |

Dilihat dari nilai Ra pada masing-masing metode perhitungan dan pengukuran kekasaran rata-rata yang dilakukan, terangkum pada Tabel 4.

Analisis hasil pengukuran kekasaran rata-rata yang ditunjukkan tabel dan grafik di atas bahwa pengukuran *machine vision* pengenalan citra lebih mendekati nilai analitis, artinya tingkat kepresisian yang dihasilkan lebih mendekati nilai *Ranatural*. Nilai kontak yang terjadi masih di bawah nilai kekasaran natural yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari besarnya radius bola kontak sebagai pengukuran profil kekasaran permukaan yang didapatkan. Sedangkan persentase penyimpangan yang dihasilkan dari pengukuran kontak (*stylus meter*) dengan kekasaran natural rata-rata di bawah analitis (-40.26%), dan non-kontak (pengenalan citra) terhadap kekasaran natural di atas analitis 6.0%.

Tabel 4. Persentase Penyimpangan Nilai Kekasaran Metode Pengukuran Stylus (Metode Kontak) dan Machine Vision (Metode Non-kontak)

| Feed Rate (mm/min) | Hasil Pengukuran Ra (µm) | | | Persentase penyimpangan (%) | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|----------------|----------|
| | Analitis | Stylus Meter (SM) | Machine Vision (MV) | SM vs Analitis | MV vs Analitis | MV vs SM |
| 150 | 0.4515 | 0.808 | 0.9028 | 78.98 | 99.97 | 11.73 |
| 195 | 0.7630 | 0.936 | 1.3465 | 22.68 | 76.48 | 43.85 |
| 240 | 1.1557 | 1.016 | 1.5711 | -12.09 | 35.94 | 54.63 |
| 285 | 1.6297 | 0.972 | 2.7578 | -40.36 | 69.22 | 183.72 |
| 330 | 2.1850 | 0.872 | 1.4615 | -60.09 | -33.11 | 67.60 |
| 375 | 2.8216 | 0.936 | 1.5246 | -66.83 | -45.96 | 62.89 |
| 420 | 3.5394 | 0.860 | 2.6179 | -75.70 | -26.03 | 204.41 |
| 465 | 4.3385 | 0.820 | 3.4132 | -81.10 | -21.33 | 316.25 |
| 510 | 5.2188 | 0.896 | 2.6980 | -82.83 | -48.30 | 201.12 |
| 555 | 6.1804 | 0.908 | 3.2854 | -85.31 | -46.84 | 261.83 |
| Rata-rata | | | | -40.26 | 6.002 | 140.80 |



Gambar 13. Grafik Nilai Kekasaran dari Perhitungan Analitis, Pengukuran Metode Kontak dan Metode Non-Kontak

KESIMPULAN

Karakteristik yang mempengaruhi pengukuran kekasaran dengan metode pengenalan obyek pada *machine vision* ini adalah *capture image (set-up external)* terhadap kualitas citra yang ditangkap), identifikasi profil dari pemrosesan citra input dan transformasi identifikasi kalibrasi ke pengukuran benda uji.

Dengan melakukan kalibrasi pemrosesan citra pada pelat *kalibrator* maka didapatkan iterasi pengukuran profil $0.0569 \mu\text{m}$ per *brightness* sebagai dasar pengukuran benda uji.

Hasil pengukuran non-kontak yang dilakukan memberikan hasil yang mendekati nilai kekasaran *natural* dibandingkan dengan metode kontak, ini menunjukkan ketelitian pengukuran non-kontak terarah pada tingkat ketelitian yang cukup tinggi. Dengan persentase penyimpangan rata-rata 6.00% .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shahabi, H. H. & Ratnam, M. M., Non-contact Roughness Measurement of Turned Parts using Machine Vision, DOI10.1007/S00170-009-2101-0, *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, 46: pp. 275-284, 2010.
- [2] Rakiman, *Studi Eksperimental Pengukuran Kekasaran Permukaan Dengan Metode Electronic Speckle Pattern Interferometry (ESPI)*, Tesis-RM2702, 2007.
- [3] Xiaojun, T., et al., Surface Roughness Measurement Based on Image Processing and Image Recognition, *Jurnal Computers and Simulation in Modern Science*, China, ISSN: 1790-2769, ISBN: 978-960-474-117-5, pp. 91-96.
- [4] Budi, H., *Identifikasi Fitur 2D Kekasaran Permukaan Berbasis Vision untuk Produk Hasil Permesinan*, Tesis DTM-UI, 2009.
- [5] Thivakaran, T. K., and Chandrasekaran, R. M., Machine Vision based Surface Roughness Measurement with Evolvable Hardware Filter, *ICGST-GVIP Journal*, Volume 10, Issue 3, pp. 11-19, www.icgst.com, 2010.
- [6] Ossama, B. A., *3D Surface Roughness Measurement Using a Light Sectioning Vision System*, ISBN: 978-988-17012-9-9, Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol I, London, U.K., 2010.
- [7] Ninuk, J., Pengaruh Parameter Potongdan Geometri Pahat terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 1, No. 1: 82-88, April 1999.