

Rancang Bangun Alat Uji Penetrasi untuk Helm Sepeda Motor

Oleh:
I Made Londen Batan
Laboratorium Metrologi Industri dan Kalibrasi Dimensi
Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS
E-mail: londbatan@me.its.ac.id

Abstrak

Satu – satunya alat pelindung yang mampu melindungi kepala dari bahaya kecelakaan adalah helm. Sebenarnya menurut Standar Industri Indonesia SII No. 1651.85, ada tiga penujian yang harus dilakukan pada helm sebelum dipasarkan, yaitu uji impak, uji penetrasi dan uji kekuatan sabuk dagu helm. Namun helm yang beredar di pasaran saat ini banyak yang belum memenuhi standar keamanan. Beberapa industri kecil produsen helm mengatakan, bahwa alat uji standar biayanya (harganya) mahal. Pada penelitian ini dirancang dan dibuat alat uji untuk uji penetrasi, dimana pada pengujian ini dapat diketahui secara langsung, apa yang terjadi pada helm saat terjadi tusukan benda tajam atau benturan dengan benda tajam. Alat uji penetrasi dibuat berbentuk kolom dengan memakai pipa baja sebagai rangka. Untuk mengetahui akurasi dari alat uji, indentor dijatuhkan pada helm dari ketinggian tertentu, yaitu 20 – 100 cm, bekas indentasi ditandai dan diamati secara visual. Dari beberapa kali percobaan pelepasan indentor, ternyata indentor jatuh tidak tepat di titik target (ideal), akan tetapi menyimpang sejauh 1,44 mm pada ketinggian jatuh indentor 1 m. Disamping itu dari percobaan juga dapat diketahui, bahwa semakin tinggi pelepasan indentor, semakin kecil penyimpangan indentasi. Hal ini disebabkan karena beban jatuh semakin tinggi, sehingga pengaruh pengarah tidak besar. Artinya indentor cenderung jatuh bebas. Untuk mengevaluasi performansi dari alat uji penetrasi ini, percobaan penetrasi dilakukan pada helm standar dengan ketinggian jatuh mulai dari 20 cm sampai pada 350 cm. Dari hasil data percobaan ini, dapat disimpulkan, bahwa alat uji penetrasi yang dirancang dan dibuat ini dapat dipakai untuk menentukan kelayakan kemanan helm yang beredar dimasyarakat.

Kata kunci : Rancang bangun, keamanan, alat uji penetrasi, helm

1. Pendahuluan

Sebagai salah satu alat transportasi, peranan sepeda motor dalam menunjang pemenuhan kebutuhan manusia sangatlah berarti. Hal tersebut disebabkan, karena kemampunnya untuk bergerak lebih bebas daripada mobil, tidak banyak memakan tempat parkir, dan lebih ekonomis dalam konsumsi bahan bakar. Karena keuntungan tersebut, maka pertumbuhan sepeda motor di Indonesia sangat tinggi. Akibat dari pertumbuhan tersebut, angka kecelakaan lalu-lintas khususnya yang dialami oleh pengendara sepeda motor masih sangat tinggi. Hal ini dapat dilihat dari data yang dikeluarkan oleh Polda Jawa Timur dalam kurun waktu tahun 2000-2004, dimana jumlah kecelakaan lalu-lintas terbesar selalu dialami oleh pengendara sepeda motor setiap tahun dengan prosentase mencapai 46,63 %. Karena seringnya kecelakaan yang terjadi, maka peningkatan kualitas keamanan (*safety*) pengendara sepeda motor harus dilakukan. Salah satu hal yang dapat dilakukan untuk menjaga keamanan pengendara sepeda motor adalah proteksi terhadap kepala saat terjadi benturan, akibat pengendara jatuh dari sepeda motor, tabrakan dan kecelakaan.

Helm sebagai salah satu perlengkapan pengaman mempunyai peranan yang sangat penting untuk melindungi kepala akibat benturan yang dapat membahayakan pengendara sepeda motor. Oleh karena itu, helm yang baik memiliki kriteria dasar seperti: ukuran yang pas (*fit*), nyaman dipakai (*comfortable*), enak dipandang (*style*) dan aman bagi pengendaranya (*safety*). Perlindungan yang kurang pada kepala dapat menyebabkan kerusakan secara permanen maupun sementara, baik pada otak maupun pada bagian kepala yang lain, apabila terjadi kecelakaan. Helm sepeda motor memiliki lapisan luar yang keras yang berfungsi menahan *penetrasi* (*tusukan*) benda lain jika terjadi benturan.

Sedangkan didalamnya terdapat lapisan lunak yang mampu menyerap beban impak (benturan), sehingga kepala aman jika terjadi benturan saat terjadi kecelakaan.

Untuk tujuan keamanan, helm untuk pengendara sepeda motor sudah ditetapkan standarnya. Akan tetapi banyak helm yang beredar di masyarakat tidak standar dan dibuat hanya mengutamakan fungsi keindahan, agar cepat laku. Disamping itu kesadaran masyarakat akan helm yang standar masih kecil. Ironisnya juga, produsen helm banyak juga yang kurang memperhatikan masalah ini, dan bahkan banyak industri kecil helm tidak tahu, standar apa yang ada untuk helm. Data kecelakaan pada Polda Jatim menunjukkan, bahwa tingkat kematian akibat kecelakaan sepeda motor cukup tinggi, khususnya akibat pendarahan pada bagian kepala, dimana ketika terjadi kecelakaan helm tidak dapat melindungi kepala dengan baik terhadap benturan, tekanan, maupun hal-hal lain yang dapat menyebabkan kematian bagi pengendara. Oleh karena itu perlu dirancang dan dibuat alat uji helm sesuai dengan standar yang ada. Khusus pada penelitian ini dirancang dan dibuat alat uji helm penetrasi untuk helm sepeda motor. Dari rancangan ini diharapkan dapat dikembangkan alat uji helm penetrasi, untuk melengkapi standar tentang pengaman pengendara sepeda motor yang sudah ada, yaitu SII No. 1651.85.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Standar Pengujian Penetrasi

Beberapa organisasi pengujian yang berkaitan dengan pengujian standar helm yang aman untuk digunakan, diantaranya: *Snell, U.S Department of Transportation (DOT), the American National Standard Institute (ANSI), the American Society of Testing Material (ASTM) dan the U.S. Consumer Product Safety Commission's 16 CFR Part 1203*. Di Indonesia, pengujian standar helm dilakukan oleh Badan Perhubungan yang dituangkan dalam Standar Indonesia Industri SII yang memuat penjelasan tentang “*Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Dua Untuk Umum*”.

Untuk menguji apakah helm yang diproduksi memenuhi standar keamanan pengendara, dilakukan beberapa jenis pengujian seperti: *Impact Test, Shell Penetration Test, Dynamic Retention Test, Chin Bar Test, Faceshield Penetration Test, dan Flame Resistance Test [Snell]*. Khusus untuk mengujian penetrasi, sampai saat ini sudah ada standar yang ditetapkan, termasuk Standar Industri Indoenesia SII No. 1651 tahun 1985.

2.2 Peralatan uji penetrasi

Indentor, tiruan bentuk kepala (*headform*) dan pengarah indentor adalah 3 peralatan pokok untuk pengujian penetrasi helm. *Indentor* adalah peralatan untuk indentasi permukaan helm yang akan di uji. Sedangkan *headform* terbuat dari logam yang mempunyai angka kekerasan dibawah angka kekerasan indentor yang digunakan. Pengarah *indentor* berfungsi untuk menjaga agar pada saat menumbuk permukaan helm, *indentor* harus benar-benar tegak lurus. Ada 3 macam tipe pengarah indentor, yaitu Rel, Sling dan Tabung (selongsong). Gambar 1 menunjukkan beberapa *indentor* standar dan tiruan bentuk kepala (*headform*).



Gambar 1. Berbagai macam *Indentor* dan *headform* [Snell]

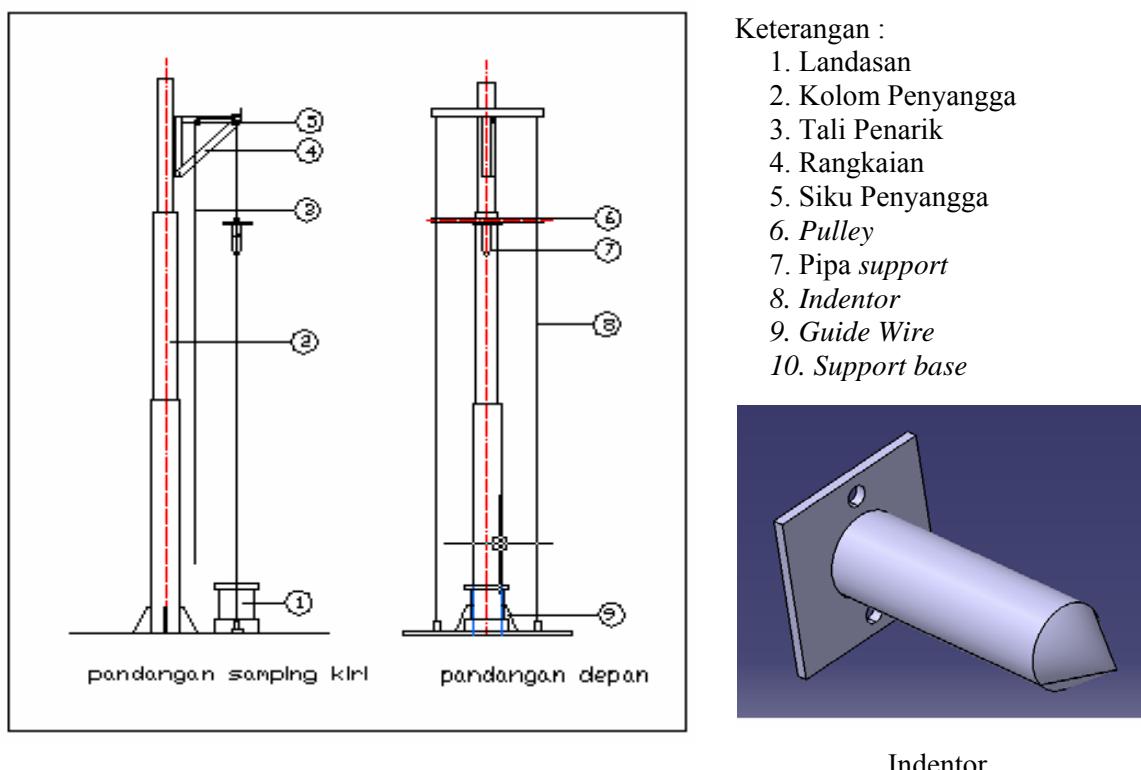
2.3 Prosedur Pengujian

Menurut Snell dan SII No. 1651.85 prosedur pengujian penetrasi adalah pengujian yang sangat sederhana, yaitu seperti uraian berikut:

1. Helm dipasang pada *headform* dan diletakkan pada pemegang *headform*.
2. *Indentor* duduhukan secara bebas dari ketinggian $3 \text{ m} \pm 15 \text{ mm}$, mengikuti sumbu vertical. *Indentor* akan menusuk tempurung helm yang telah dipasang pada *headform*.
3. Pengujian ini dilakukan pada 4 bagian dari helm, yaitu bagian depan, samping kanan, kiri, dan belakang.

3. Rancang Bangun Alat Uji Penetrasi Helm

Alat uji penetrasi untuk helm sepeda motor dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu mekanisme dan indentor alat uji. Pertimbangan rancangan alat uji penetrasi adalah: fungsi, material, kemudahan manufaktur dan kekuatan struktur rancangan. Rancangan dari mekanisme alat uji dapat dilihat pada gambar 3. Sedangkan indentor alat uji dirancang sesuai dengan standar snell, yaitu berbentuk kerucut dengan volume total 344 cm^3 dan massa 3.6 kg, dan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rancangan mekanisme dan indentor alat uji penetrasi

4. Kalibrasi dan Validasi Alat Uji

4.1 Kalibrasi

Kalibrasi yang dilakukan meliputi kalibrasi indentor sebagai alat indentasi dan kalibrasi mekanisme alat uji.

4.1.1 Kalibrasi Indentor

Menurut standar pengujian Snell, *indentor* sebagai alat indentasi permukaan helm, harus mempunyai angka kekerasan sebesar 60 HRC Skala C. Untuk memastikan kekerasan *indentor* yang dibuat telah memenuhi syarat, maka dilakukan kalibrasi angka kekerasan pada ujung *indentor* tersebut. Dari pengujian kekerasan, didapat angka kekerasan dari ujung indentor yang dibuat sebesar 59 HRC. Untuk memenuhi standar, indentor diperlakukan proses panas (*heat treatment*). Hasil dari proses perlakuan panas tersebut memenuhi syarat kekerasan, yaitu 63 HRC.

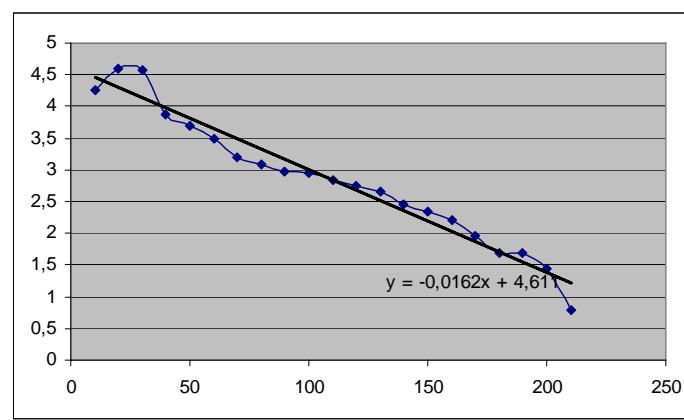
4.1.2 Kalibrasi mekanisme Alat Uji

Mekanisme alat uji dirancang untuk mampu menjatuhkan indentor dari ketinggian tertentu dan tepat pada posisi yang diinginkan, yaitu mengenai permukaan helm. Kalibrasi mekanisme alat uji ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan yang terjadi, yaitu seberapa jauh indentor yang jatuh keluar dari titik ideal (target). Disamping itu, dari kalibrasi ini dapat diketahui juga ketinggian pelepasan indentor yang paling akurat dan presisi. Sebagai obyek pencacat posisi jatuh indentor, digunakan papan datar terbuat dari kayu yang dilapisi dengan cat warna gelap. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pengamatan dan pengukuran penyimpangan indentasi dari posisi target. Hasil percobaan pengukuran penyimpangan indentasi dapat dilihat pada tabel I.

Tabel I. Data pengukuran penyimpangan dari target tusukan (indentasi)

Ketinggian (cm)	Pengukuran ke 1 (mm)	Pengukuran ke 2 (mm)	Pengukuran ke 3 (mm)	Pengukuran ke 4 (mm)	Pengukuran ke 5 (mm)	Rata-rata (mm)
10	4,5	4,1	4,45	4	4,2	4,25
20	4,9	4,5	4,2	4,3	5,1	4,6
30	4,5	4,55	4,7	4,6	4,5	4,57
40	3,8	3,85	3,9	3,8	4	3,87
50	3,65	3,7	3,7	3,8	3,65	3,7
60	3,4	3,45	3,4	3,6	3,65	3,5
70	3,2	3,25	3,2	3,2	3,1	3,19
80	3,1	3,05	3,1	3,15	3,05	3,09
90	3	2,9	3	3,05	2,95	2,98
100	3	2,9	2,95	3	2,85	2,94
110	2,85	2,9	2,8	2,9	2,75	2,84
120	2,7	2,8	2,7	2,75	2,8	2,75
130	2,7	2,65	2,7	2,55	2,65	2,65
140	2,45	2,5	2,5	2,4	2,4	2,45
150	2,4	2,3	2,25	2,4	2,35	2,34
160	2,2	2,35	2,15	2,25	2,1	2,21
170	2	2,05	1,95	1,95	1,9	1,97
180	1,75	1,65	1,7	1,7	1,65	1,69
190	1,4	1,45	1,5	1,4	1,45	1,69
200	0,9	1	0,9	1	0,95	1,44
210	0,8	0,75	0,75	0,8	0,8	0,78

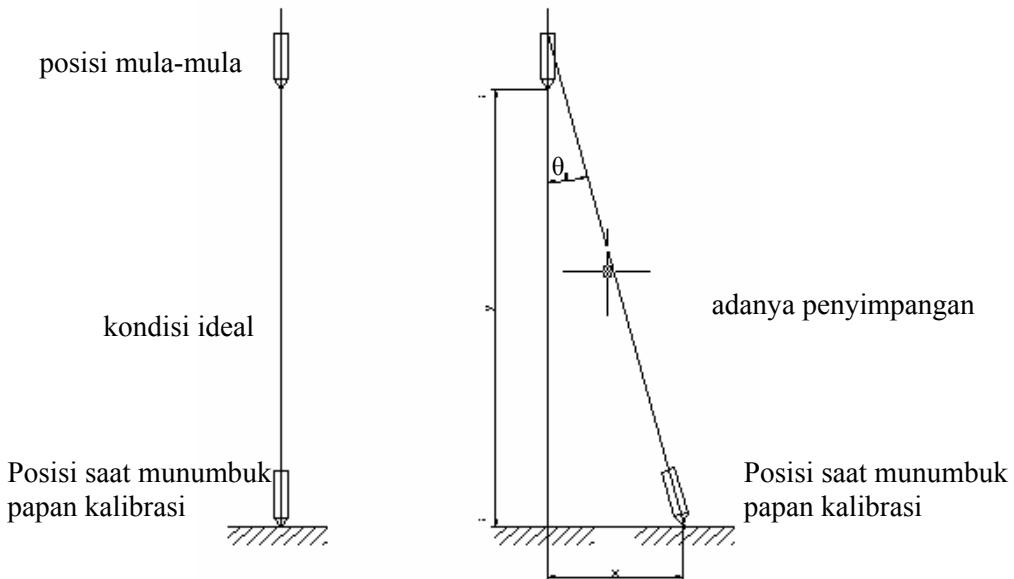
Dari tabel I diatas dapat dilihat, bahwa penyimpangan yang terjadi pada masing-masing ketinggian bervariasi. Pada awal pengambilan data kalibrasi didapatkan besar penyimpangan rata-rata sebesar 4,25 mm. Pada pengambilan data berikutnya penyimpangannya adalah 4,6 mm. Secara umum angka penyimpangan tersebut semakin kecil, dengan naiknya ketinggian pelepasan indentor. Hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai rata-rata penyimpangan dengan gradien negatif, seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Trendline data kalibrasi

4.1.3 Kompensasi ketinggian akibat penyimpangan target indentasi

Secara teoritis, jika indentor jatuh semakin dekat dengan koordinat (0, 0), akurasi penetrasi semakin baik. Akan tetapi, angka pada tabel I hanya menunjukkan posisi terjatuhnya indentor dihitung dari titik jatuh ideal (target indentasi). Angka tersebut belum menunjukkan koordinat jatuh indentor, walaupun pada kenyataannya, indentor hampir selalu jatuh disebelah kanan atau kiri titik jatuh ideal. Penyimpangan target indentasi menyebabkan energi penetrasi yang diterima oleh helm pada ketinggian tertentu menjadi lebih kecil dari yang seharusnya. Hal ini disebabkan, karena lintasan indentor jatuh tidak tegak lurus terhadap papan kalibrasi dan terbentuk sudut θ terhadap garis tegak lurus (lihat gambar 4).



Gambar 4. Skema penyimpangan jatuh indentor dari ketinggian tertentu

Untuk memperoleh energi yang sesuai dengan kondisi sesungguhnya (ideal), ketinggian pelepasan indentor harus ditambahkan. Penambahan ini disebut sebagai ketinggian kompensasi. Untuk menghitung besarnya kompensasi tiap ketinggian, dilakukan perhitungan energi yang aktual dan energi ideal (sesungguhnya). Energi aktual dihitung berdasarkan besarnya sudut θ , yang dihitung dari besarnya penyimpangan indentasi pada masing-masing ketinggian pelepasan indentor. Sedangkan energi ideal dihitung berdasarkan akibat jatuhnya indentor tanpa adanya penyimpangan posisi indentasi (tepat pada target). Sebagai contoh: energi aktual akibat dari pelepasan indentor setinggi 30 cm adalah 13,536 joule. Sedangkan energi idealnya adalah 13,538 joule. Sehingga terdapat selisih energi sebesar 0,002 joule. Agar diperoleh energi yang sama dengan kondisi ideal, maka dihitung ketinggian kompensasi dari selisih energi yang diakibatkan untuk ditambahkan pada pengambilan data yang akan dilakukan. Dari perbedaan energi 0,002 joule didapat kompensasi ketinggian sebesar $3,48 \times 10^{-5}$ cm. Dengan cara yang sama dihitung kompensasi ketinggian pada masing-masing ketinggian pelepasan indentor. Kompensasi ini harus ditambahkan pada setiap pelepasan indentor sesuai dengan ketinggian pelepasannya. Secara lengkap kompensasi ketinggian pada masing-masing ketinggian pelepasan indentor dapat dilihat pada tabel II (lampiran). Dari tabel II dapat dilihat, bahwa kompensasi ketinggian yang harus diberikan pada masing-masing pengujian mempunyai nilai yang sangat kecil. Artinya terbentuknya sudut θ pada tiap ketinggian, tidak menyebabkan perbedaan energi yang signifikan. Hal ini memberikan gambaran, bahwa secara umum alat uji sudah dapat digunakan untuk pengujian helm metode penetrasi tanpa memberikan nilai kompensasi pada saat melakukan pengujian.

5. Percobaan Pengujian

Untuk mengevaluasi hasil rancang bangun alat uji secara menyeluruh, akan diuji sebuah helm, yaitu helm dengan label SNI. Contoh helm yang digunakan dalam percobaan ini dimaksudkan untuk mengevaluasi, apakah alat uji menunjukkan data hasil pengujian sebenarnya, atau perlu dilakukan perbaikan, sebelum alat uji dipergunakan sesuai dengan prosedur yang berlaku. Data yang didapatkan dari pengujian penetrasi ini adalah bekas tusukan indentor (indentasi) pada tiap ketinggian yang dapat dilihat secara visual. Contoh hasil penetrasi dari helm tersebut, dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Konfigurasi bekas indentasi

Hasil percobaan menunjukkan, bahwa pada ketinggian pengujian standar 2 m, helm masih mampu menahan beban penetrasi. Hal ini membuktikan, bahwa pada ketinggian ini ujung indentor masih belum mengenai kepala uji, walupun telah mampu merusak struktur luar permukaan batok helm. Sehingga jika diasumsikan *headform* sebagai kepala manusia, maka saat terjadi kecelakaan, dengan memakai helm ini pengendara masih masih terhindar dari ancaman kematian. Jadi dapat disimpulkan bahwa helm jenis ini lulus pengujian penetrasi dan aman untuk digunakan.

6. Kesimpulan

Setelah melakukan proses perancangan & pembuatan, kalibrasi serta percobaan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari proses kalibrasi menunjukkan, bahwa alat uji mempu memberikan akurasi dengan penyimpangan 1,44 mm pada pengujian standar.
2. Dari uji penetrasi didapatkan, bahwa kondisi jatuh indentor cenderung stabil pada ketinggian 1 m. Hal tersebut ditunjukkan oleh radius penyebaran data yang relatif sama.
3. Secara umum fungsi alat uji terpenuhi, sehingga rancang bangun alat uji ini dapat dimanfaatkan sebagai pengembangan alat uji penetrasi.

Daftar Pustaka

- [1] Batan, I Made Londen, 2005, **Pengembangan Produk**. Manuskip kuliah di Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.
- [2] Becker, Edward B., 2000, **Standard for Protective Headgear**. Snell Memorial Foundation, California.
- [3] Commonwealth of Pennsylvania, December 2003, **Motorcycle Helmets**. Department of Transportation, United States.
- [4] Federal Register, March 10. 1998, “16 CFR Part 1203, **Safety Standard for Bicycle Helmets; Final Rule - Consumer Product Safety Commission (Part II)**. vol. 63 No. 46, Washington D.C.
- [5] Newby, John. R., 1997, **ASM Handbook Volume 8 Mechanical Testing**. The Material Information Society, USA.
- [6] Nordtest Mech., Nopember 1986, **Helmet Fall Test Equipment – Calibration**. Nordtest, Finland.
- [7] Snell’s home page, **Motorcycle Standards Comparison-Snell and DOT**. Snell Memorial Foundation Inc., Nort Highlands, CA.

- [8] SII 1651.85. **Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Dua untuk Umum**, Standar Nasional Indonesia (SNI).
- [9] Vasauskas, "Vytautas. 2004. **Dynamic Hardness During Different Phase Indentation**, Jurnal, Kaunas University of Technology, Lithuania.
- [10] Wiskocil, Davis Troxell, 1955. **The Testing and Inspection of Engineering Materials**. Third edition, McGraw-hill.

Lampiran

Tabel II. Kompensasi ketinggian tiap pegujian

Ketinggian (cm)	Peyimpangan rata-rata (cm)	Sudut θ (°)	Energi aktual (N)	Energi ideal (N)	Selisih energi (N)	Kompensasi ketinggian (cm)
10	0,425	2,434	4,509	4,513	0,00407	9,01903E-05
20	0,460	1,318	9,023	9,025	0,00239	5,2879E-05
30	0,457	0,873	13,536	13,538	0,00157	3,48021E-05
40	0,387	0,554	18,050	18,050	0,00084	1,87198E-05
50	0,370	0,424	22,562	22,563	0,00062	1,36894E-05
60	0,350	0,334	27,075	27,076	0,00046	1,02081E-05
70	0,319	0,261	31,588	31,588	0,00033	7,26853E-06
80	0,309	0,221	36,101	36,101	0,00027	5,9675E-06
90	0,298	0,190	40,613	40,613	0,00022	4,93351E-06
100	0,294	0,168	45,126	45,126	0,00020	4,32177E-06
110	0,284	0,148	49,638	49,639	0,00017	3,66616E-06
120	0,275	0,131	54,151	54,151	0,00014	3,15103E-06
130	0,265	0,117	58,664	58,664	0,00012	2,70095E-06
140	0,245	0,100	63,176	63,176	0,00010	2,14375E-06
150	0,234	0,089	67,689	67,689	0,00008	1,8252E-06
160	0,221	0,079	72,202	72,202	0,00007	1,52628E-06
170	0,197	0,066	76,714	76,714	0,00005	1,14144E-06
180	0,169	0,054	81,227	81,227	0,00004	7,93361E-07
190	0,169	0,051	85,739	85,739	0,00003	7,51605E-07
200	0,144	0,041	90,252	90,252	0,00002	5,184E-07
210	0,078	0,021	94,765	94,765	0,00001	1,44857E-07