

“Presisi adalah kunci dalam dunia teknik”

Buku Pengenalan Alat Bantu Ukur hadir sebagai panduan komprehensif bagi mahasiswa, praktisi, dan siapa saja yang ingin memahami dasar-dasar pengukuran dalam teknik mesin. Disusun secara sistematis dan aplikatif, buku ini membahas berbagai alat ukur penting yang digunakan di bengkel maupun industri.

Materi dalam buku ini mencakup:

- Bab I Pendahuluan dan konsep dasar pengukuran
- Bab II Micrometer
- Bab III Feeler Gauges
- Bab IV Vernier Caliper
- Bab V Ruller (Mistar)
- Bab VI Dial Indicator

Setiap bab dilengkapi dengan penjelasan fungsi, prinsip kerja, teknik penggunaan, hingga kesalahan umum yang sering terjadi, sehingga pembaca tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu mengaplikasikannya secara langsung.

Dengan pendekatan yang mudah dipahami dan relevan dengan kebutuhan industri, buku ini menjadi bekal penting untuk meningkatkan ketelitian, akurasi, dan profesionalisme dalam pengukuran teknik.

“Kuasai alat ukur, tingkatkan kualitas kerja, dan jadilah bagian dari tenaga profesional yang siap bersaing di dunia industri.”

Pengenalan Alat Bantu Ukur

Dr. Hasan Bashori, S.T., M.T.
Wisma Soedarmadji, S.T., M.T.
Dr. Tulus Subagyo, S.T., M.T.



Penerbit
Yayasan Rahmazar Kurnia Jaya

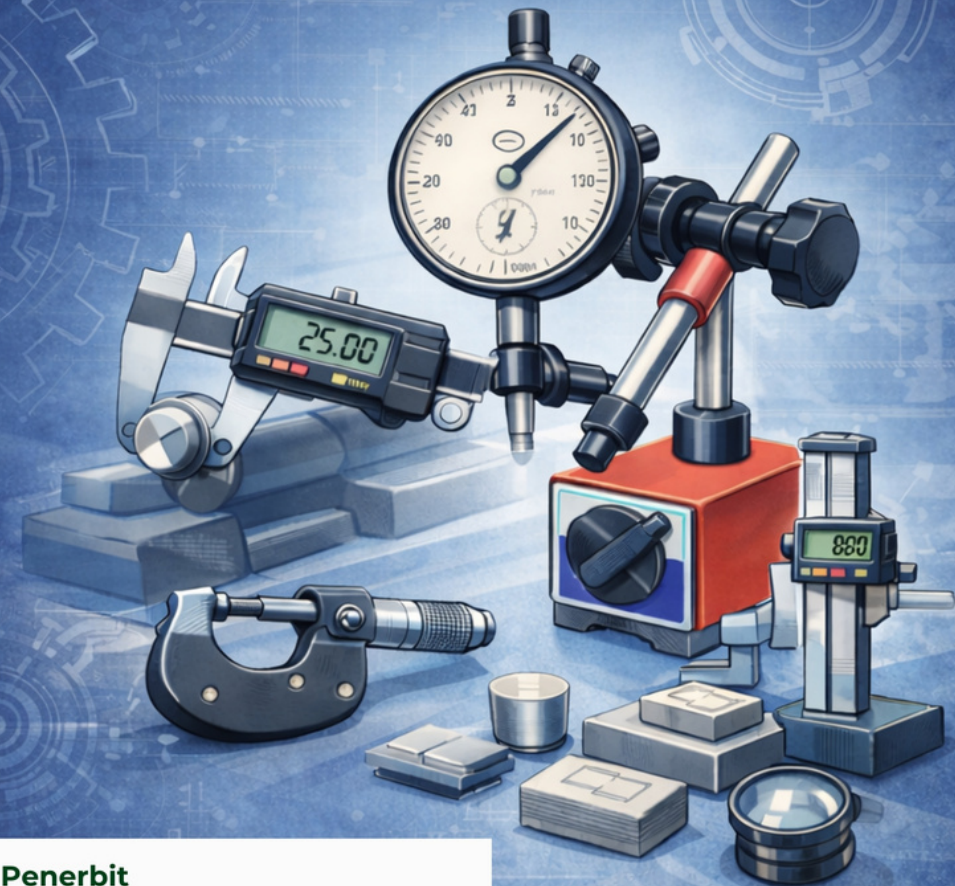


PENGENALAN ALAT BANTU UKUR

2026

Pengenalan Alat Bantu Ukur

Dr. Hasan Bashori, S.T., M.T.
Wisma Soedarmadji, S.T., M.T.
Dr. Tulus Subagyo, S.T., M.T.



Penerbit
Yayasan Rahmazar Kurnia Jaya

Pengenalan Alat Bantu Ukur

**Dr. Hasan Bashori, S.T., M.T.
Wisma Soedarmadji, S.T., M.T.
Dr. Tulus Subagyo, S.T., M.T.**

**PENERBIT
YAYASAN RAHMAZAR KURNIA JAYA**

Pengenalan Alat Bantu Ukur

Penulis:

Dr. Hasan Bashori, S.T., M.T.

Wisma Soedarmadji, S.T., M.T.

Dr. Tulus Subagyo, S.T., M.T.

ISBN : 978-634-05-0137-7

Tahun Terbit : 2026

Tebal Buku : 99 Lembar

Ukuran Buku : A5 atau 14 cm x 21 cm



Hak Cipta:

Dilindungi oleh Undang-undang. Dilarang memperbanyak, menyimpan dalam bentuk elektronik, atau mempublikasikan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Penerbit: Yayasan Rahmazar Kurnia Jaya

Girimoyo-Karangploso- Malang-Jawa Timur 65152

Wa. 081249745821 / yayanrahmazar@gmail.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku yang berjudul **Pengenalan Alat Bantu Ukur** ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sebagai teladan bagi umat manusia.

Buku ini disusun sebagai upaya untuk memberikan pemahaman dasar mengenai alat bantu ukur yang banyak digunakan dalam bidang teknik, khususnya teknik mesin. Dalam dunia industri dan manufaktur, ketelitian dan keakuratan dalam pengukuran merupakan hal yang sangat penting, karena kesalahan sekecil apa pun dapat berdampak pada kualitas produk yang dihasilkan.

Materi dalam buku ini disajikan secara sistematis dan mudah dipahami, mulai dari konsep dasar pengukuran hingga pembahasan berbagai alat ukur seperti micrometer, vernier caliper, feeler gauge, mistar, dan dial indicator. Setiap pembahasan dilengkapi dengan penjelasan mengenai fungsi, prinsip kerja, serta cara penggunaan yang benar, sehingga diharapkan pembaca tidak hanya memahami secara teoritis, tetapi juga mampu mengaplikasikannya secara praktis.

Buku ini ditujukan bagi mahasiswa, siswa, maupun praktisi yang ingin memperdalam pengetahuan dan keterampilan dalam bidang pengukuran teknik. Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap semoga buku ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam meningkatkan kompetensi di bidang teknik, khususnya dalam penggunaan alat bantu ukur.

Pasuruan, 2026

Tim Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
INFORMASI BUKU	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Peran Pengukuran dalam Teknik Mesin.....	3
1.3. Alat Bantu Ukur sebagai Kompetensi Dasar Mahasiswa Teknik Mesin.....	4
1.4. Ruang Lingkup Modul Ajar	6
1.5. Keterkaitan Modul dengan Pembelajaran Teori dan Praktikum.....	8
1.6. Relevansi Modul dengan Kebutuhan Industri	10
1.7. Tujuan Penyusunan Modul.....	12
 BAB II MICROMETER	 13
2.1 Pendahuluan Micrometer	13
2.2 Sejarah dan Perkembangan Micrometer	15
2.3 Prinsip Kerja Micrometer.....	17
2.4 Bagian-bagian Micrometer dan Fungsinya	18
2.5 Prosedur Penyetelan (Setting) Micrometer	24
2.6 Kesalahan Umum dan Faktor yang Mempengaruhi Akurasi.....	29
2.7 Perawatan dan Penyimpanan Micrometer	31
 BAB III FEELER GAUGES.....	 33
3.1 Pendahuluan Feeler Gauges	33
3.2 Konsep Dasar Clearance	35
3.3 Pengertian dan Prinsip Kerja Feeler Gauges.....	37
3.4 Bagian-bagian Feeler Gauges dan Karakteristiknya	39
3.5 Jenis-jenis Feeler Gauges	40

3.6	Prosedur Penggunaan Feeler Gauges	43
3.7	Teknik Pembacaan dan Interpretasi Hasil Pengukuran ...	45
3.8	Kesalahan Umum dalam Penggunaan Feeler Gauges	46
3.9	Perawatan dan Penyimpanan Feeler Gauges	47
3.10	Aplikasi Feeler Gauges dalam Industri	48
3.11	Peran Feeler Gauges dalam Pengendalian Kualitas	49
BAB IV VERNIER CALIPER		51
4.1	Pendahuluan Vernier Caliper	51
4.2	Sejarah dan Perkembangan Vernier Caliper	52
4.3	Prinsip Kerja Vernier Caliper	54
4.4	Bagian-bagian Vernier Caliper dan Fungsinya	56
4.5	Jenis-jenis Vernier Caliper	57
4.6	Prosedur Penggunaan Vernier Caliper	59
4.7	Teknik Pengukuran dengan Vernier Caliper	60
4.8	Cara Pembacaan Skala Vernier Caliper	62
4.9	Kesalahan Umum dalam Penggunaan Vernier Caliper ...	63
4.10	Perawatan dan Penyimpanan Vernier Caliper	64
4.11	Peran Vernier Caliper dalam Industri	64
BAB V RULLER (MISTAR)		65
5.1	Pendahuluan Ruller	65
5.2	Sejarah dan Perkembangan Ruller sebagai Alat Ukur	67
5.3	Prinsip Pengukuran Menggunakan Ruller	69
5.4	Bagian-bagian Ruller dan Fungsinya	71
5.5	Jenis-jenis Ruller dalam Teknik Mesin	72
5.6	Teknik Penggunaan Ruller yang Benar	74
5.7	Kesalahan Umum dalam Pengukuran Menggunakan Ruller	75
5.8	Perawatan dan Penyimpanan Ruller	76
5.9	Peran Ruller dalam Pendidikan dan Industri	77

BAB VI DIAL INDICATOR.....	79
6.1 Pendahuluan Dial Indicator	79
6.2 Konsep Dasar Pengukuran Penyimpangan.....	81
6.3 Pengertian dan Prinsip Kerja Dial Indicator	82
6.4 Bagian-bagian Dial Indicator dan Fungsinya	84
6.5 Jenis-jenis Dial Indicator	87
6.6 Alat Bantu Pemasangan Dial Indicator	89
6.7 Prosedur Penggunaan Dial Indicator	90
6.8 Teknik Pengukuran dengan Dial Indicator.....	93
6.9 Kesalahan Umum dalam Penggunaan Dial Indicator.....	96
6.10 Kalibrasi dan Perawatan Dial Indicator	97
6.11 Aplikasi Dial Indicator dalam Industri Manufaktur	97
DAFTAR PUSTAKA	99

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam bidang teknik mesin, pengukuran merupakan fondasi utama yang menopang seluruh aktivitas rekayasa, mulai dari tahap konseptual perancangan hingga proses akhir berupa inspeksi dan pengendalian mutu. Setiap keputusan teknis yang diambil dalam proses rekayasa selalu berlandaskan pada data hasil pengukuran yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Tanpa sistem pengukuran yang baik, proses perancangan dan produksi tidak akan mampu menghasilkan komponen yang memenuhi kebutuhan fungsional maupun standar keselamatan yang ditetapkan.

Setiap komponen mesin yang dirancang dan diproduksi selalu memiliki ukuran, toleransi, serta spesifikasi geometrik tertentu yang harus dipenuhi agar komponen tersebut dapat berfungsi secara optimal. Spesifikasi tersebut tidak hanya menentukan kesesuaian bentuk dan ukuran, tetapi juga berpengaruh terhadap kekuatan mekanik, efisiensi kerja, serta umur pakai komponen. Oleh karena itu, pengukuran menjadi instrumen penting untuk memastikan bahwa setiap komponen yang dihasilkan sesuai dengan persyaratan desain yang telah direncanakan.

Keberhasilan suatu sistem mekanik sangat bergantung pada ketepatan dan ketelitian proses pengukuran yang dilakukan. Ketidaktepatan dalam pengukuran dapat menyebabkan terjadinya deviasi dimensi yang berdampak pada ketidaksesuaian antar komponen, meningkatnya gesekan, serta menurunnya kinerja sistem secara keseluruhan. Dalam konteks

ini, pengukuran tidak dapat dipandang sebagai aktivitas pendukung semata, melainkan sebagai bagian integral dari proses rekayasa teknik mesin.

Pada praktiknya, pengukuran tidak hanya berfungsi untuk mengetahui dimensi suatu benda, tetapi juga menjadi alat verifikasi terhadap kesesuaian hasil manufaktur dengan gambar teknik dan standar yang telah ditetapkan. Melalui proses pengukuran, kualitas hasil produksi dapat dievaluasi secara objektif dan sistematis. Data hasil pengukuran selanjutnya digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan, baik dalam penerimaan produk, perbaikan proses, maupun penolakan komponen yang tidak memenuhi spesifikasi.

Kesalahan pengukuran, baik yang disebabkan oleh pemilihan alat ukur yang tidak tepat maupun oleh prosedur penggunaan yang keliru, dapat menimbulkan dampak serius. Dampak tersebut meliputi ketidaksesuaian perakitan, penurunan performa mesin, peningkatan keausan komponen, hingga kegagalan fungsi yang berpotensi membahayakan keselamatan kerja. Oleh karena itu, pemahaman terhadap karakteristik alat ukur serta penerapan prosedur pengukuran yang benar menjadi aspek yang sangat krusial dalam praktik teknik mesin.

Seiring dengan perkembangan teknologi manufaktur yang mengarah pada presisi tinggi, seperti penggunaan mesin CNC, sistem otomasi, dan kontrol kualitas berbasis standar internasional, tuntutan terhadap kemampuan pengukuran juga semakin meningkat. Dunia industri membutuhkan sumber daya manusia yang tidak hanya memahami teori pengukuran, tetapi juga memiliki keterampilan praktis dalam menggunakan berbagai alat ukur secara benar, akurat, dan bertanggung jawab.

Kondisi ini menegaskan pentingnya pembelajaran pengukuran yang sistematis dan aplikatif sebagai bagian dari pendidikan teknik mesin di perguruan tinggi.

1.2. Peran Pengukuran dalam Teknik Mesin

Pengukuran memiliki peran strategis dalam berbagai bidang kajian teknik mesin karena menjadi dasar bagi pengambilan keputusan teknis pada setiap tahapan proses rekayasa. Setiap aktivitas perancangan, produksi, hingga evaluasi kinerja sistem mekanik membutuhkan data kuantitatif yang diperoleh melalui proses pengukuran yang akurat dan andal. Tanpa dukungan pengukuran yang tepat, proses rekayasa berpotensi menghasilkan produk yang tidak memenuhi persyaratan fungsional maupun standar keselamatan.

Pada tahap perancangan, pengukuran berfungsi sebagai landasan utama dalam penentuan dimensi dan toleransi komponen yang selanjutnya dituangkan dalam gambar teknik. Dimensi dan toleransi tersebut dirancang untuk menjamin bahwa setiap komponen dapat dirakit dengan baik serta mampu bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Ketepatan dalam menentukan ukuran dan toleransi sangat menentukan kualitas desain, karena kesalahan pada tahap ini akan berdampak langsung pada proses produksi dan kinerja sistem secara keseluruhan.

Dalam tahap manufaktur, pengukuran digunakan untuk memastikan bahwa proses produksi menghasilkan komponen yang sesuai dengan spesifikasi desain yang telah ditetapkan. Selama proses pemesinan, pengukuran dilakukan secara berkala untuk mengendalikan kualitas hasil kerja dan mencegah terjadinya penyimpangan dimensi. Dengan demikian,

pengukuran berperan sebagai alat kontrol yang menjamin konsistensi dan keseragaman produk dalam jumlah produksi yang besar.

Selanjutnya, pada tahap perakitan dan inspeksi, pengukuran digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian antar komponen serta memastikan bahwa seluruh bagian sistem dapat dirangkai secara tepat. Melalui pengukuran, potensi cacat seperti ketidaksejajaran, kelonggaran berlebih, atau ketidaksesuaian geometrik dapat dideteksi sejak dini. Hal ini sangat penting untuk mencegah terjadinya masalah operasional yang dapat mengurangi performa atau keandalan mesin.

Selain pada proses produksi, pengukuran juga berperan penting dalam kegiatan pemeliharaan dan perbaikan mesin. Melalui pengukuran yang tepat, teknisi dapat mengidentifikasi tingkat keausan, perubahan dimensi, atau penyimpangan geometrik yang terjadi akibat beban kerja dan kondisi operasi. Informasi hasil pengukuran tersebut menjadi dasar dalam menentukan tindakan perawatan, penggantian komponen, atau penyesuaian ulang sistem mekanik.

Dengan demikian, pengukuran menjadi alat bantu utama dalam pengambilan keputusan teknis yang berkaitan dengan kelayakan operasi dan umur pakai suatu mesin. Ketepatan data hasil pengukuran memungkinkan evaluasi kondisi mesin dilakukan secara objektif dan sistematis.

1.3. Alat Bantu Ukur sebagai Kompetensi Dasar Mahasiswa Teknik Mesin

Penguasaan alat bantu ukur merupakan salah satu kompetensi dasar yang wajib dimiliki oleh mahasiswa Program Studi Teknik Mesin sebagai bekal utama dalam memahami dan

menerapkan prinsip-prinsip rekayasa mekanik. Kompetensi ini menjadi fondasi bagi berbagai mata kuliah dan kegiatan praktikum yang berkaitan dengan perancangan, manufaktur, serta pengujian komponen mesin. Tanpa kemampuan pengukuran yang memadai, mahasiswa akan mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara teori yang dipelajari dengan penerapannya dalam praktik teknik.

Kompetensi penguasaan alat bantu ukur tidak hanya berkaitan dengan aspek kognitif berupa pemahaman konsep dan prinsip dasar pengukuran, tetapi juga mencakup aspek psikomotorik dan afektif. Aspek psikomotorik tercermin dalam keterampilan menggunakan alat ukur secara benar dan konsisten, sedangkan aspek afektif tercermin dalam sikap teliti, disiplin, dan bertanggung jawab selama melakukan kegiatan pengukuran. Ketiga aspek tersebut saling melengkapi dan tidak dapat dipisahkan dalam pembentukan kompetensi profesional di bidang teknik mesin.

Mahasiswa teknik mesin diharapkan mampu memilih alat ukur yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik pengukuran yang dilakukan. Pemilihan alat ukur yang tepat memerlukan pemahaman terhadap rentang ukur, batas ketelitian, serta resolusi masing-masing alat. Dengan memahami karakteristik tersebut, mahasiswa dapat menentukan alat ukur yang paling efektif untuk memperoleh data yang akurat dan relevan dengan tujuan pengukuran.

Selain pemilihan alat, mahasiswa juga dituntut untuk mampu menerapkan prosedur penggunaan alat ukur secara benar. Kesalahan kecil dalam membaca skala, mengatur posisi alat ukur, atau memberikan tekanan ukur yang tidak sesuai dapat menghasilkan data yang tidak akurat. Ketidakakuratan

data pengukuran ini pada akhirnya akan memengaruhi kualitas hasil kerja, baik dalam kegiatan praktikum, perancangan, maupun evaluasi hasil manufaktur.

Oleh karena itu, pembelajaran alat bantu ukur tidak dapat dilakukan hanya melalui penjelasan teoritis di dalam kelas. Proses pembelajaran harus dirancang sedemikian rupa agar mahasiswa memperoleh pengalaman langsung dalam menggunakan alat ukur melalui kegiatan praktikum yang terstruktur. Pendekatan pembelajaran yang bersifat aplikatif memungkinkan mahasiswa mengintegrasikan pengetahuan teoritis dengan keterampilan praktis secara lebih efektif.

Dalam konteks tersebut, modul ajar memegang peranan penting sebagai panduan belajar yang sistematis dan terarah. Modul ajar berfungsi untuk menjembatani konsep teori dengan praktik di laboratorium maupun bengkel, sehingga mahasiswa dapat belajar secara mandiri dan berkelanjutan. Dengan dukungan modul ajar yang baik, diharapkan mahasiswa mampu mengembangkan kompetensi pengukuran secara optimal sebagai bagian dari persiapan menghadapi dunia kerja di bidang teknik mesin.

1.4. Ruang Lingkup Modul Ajar

Modul ajar *Pengenalan Alat Bantu Ukur* ini disusun untuk memberikan pemahaman dasar yang komprehensif mengenai alat ukur mekanik yang umum digunakan dalam bidang teknik mesin. Penyusunan modul ini dilandasi oleh kebutuhan akan bahan ajar yang terstruktur dan mudah dipahami, sehingga mampu mendukung proses pembelajaran teori dan praktikum secara terpadu. Melalui modul ini, mahasiswa diharapkan memperoleh landasan yang kuat dalam

memahami konsep dan praktik pengukuran sebagai bagian integral dari kegiatan rekayasa teknik.

Alat-alat ukur yang dibahas dalam modul ini meliputi micrometer, feeler gauges, vernier caliper, ruller, dan dial indicator. Pemilihan alat ukur tersebut didasarkan pada tingkat penggunaannya yang luas di bengkel, laboratorium, dan industri manufaktur. Setiap alat ukur memiliki karakteristik, fungsi, serta tingkat ketelitian yang berbeda, sehingga pemahaman terhadap perbedaan tersebut menjadi hal yang sangat penting dalam menentukan alat ukur yang tepat untuk suatu kebutuhan pengukuran tertentu.

Perbedaan karakteristik dan tingkat ketelitian pada masing-masing alat ukur menuntut pengguna untuk menyesuaikan penggunaannya dengan jenis dan tujuan pengukuran. Kesalahan dalam memilih alat ukur dapat menyebabkan hasil pengukuran yang tidak akurat dan tidak sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Oleh karena itu, modul ini dirancang untuk membantu mahasiswa memahami keunggulan dan keterbatasan setiap alat ukur, sehingga dapat digunakan secara efektif dan efisien.

Pembahasan setiap alat ukur dalam modul ini mencakup pengertian, jenis-jenis, fungsi utama, prinsip kerja, serta tata cara penggunaan yang benar. Penyajian materi dilakukan secara sistematis agar mahasiswa dapat mengikuti alur pembelajaran dengan baik, mulai dari pemahaman konsep dasar hingga penerapan praktis. Dengan pendekatan ini, mahasiswa diharapkan mampu mengaitkan teori pengukuran dengan praktik langsung di laboratorium maupun bengkel.

Selain aspek teknis, modul ini juga menekankan pentingnya ketelitian, kebersihan alat, serta keselamatan kerja

dalam melakukan pengukuran. Ketelitian diperlukan untuk memperoleh hasil pengukuran yang akurat, sementara kebersihan alat berpengaruh terhadap keandalan dan umur pakai alat ukur. Aspek keselamatan kerja juga menjadi perhatian utama, mengingat kegiatan pengukuran sering dilakukan di lingkungan bengkel yang memiliki potensi risiko tertentu.

Dengan pendekatan pembelajaran yang menyeluruh tersebut, mahasiswa diharapkan tidak hanya mampu melakukan pengukuran secara prosedural, tetapi juga memahami alasan teknis di balik setiap langkah dan prosedur yang dilakukan. Pemahaman ini akan membantu mahasiswa mengembangkan sikap profesional dan bertanggung jawab dalam kegiatan pengukuran. Pada akhirnya, modul ajar ini diharapkan dapat menjadi sarana efektif dalam meningkatkan kompetensi pengukuran mahasiswa sebagai bekal menghadapi tuntutan dunia industri dan profesi teknik mesin.

1.5. Keterkaitan Modul dengan Pembelajaran Teori dan Praktikum

Modul ajar ini dirancang sebagai bahan pembelajaran yang dapat digunakan secara terpadu antara kegiatan teori di kelas dan praktikum di laboratorium. Perancangan modul didasarkan pada kebutuhan untuk menghubungkan konsep-konsep teoritis dengan penerapannya secara langsung dalam kegiatan praktik. Dengan demikian, modul ini diharapkan mampu menjadi penghubung yang efektif antara pemahaman konseptual dan keterampilan teknis mahasiswa dalam bidang pengukuran teknik mesin.

Pada pembelajaran teori, modul ini berfungsi sebagai sumber referensi utama yang menjelaskan konsep dasar dan prinsip kerja berbagai alat ukur. Materi disajikan secara sistematis dan runtut agar mahasiswa dapat memahami landasan ilmiah dari setiap alat ukur yang dipelajari. Melalui pemahaman teori yang baik, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan fungsi, karakteristik, serta keterbatasan alat ukur sebelum menggunakannya dalam kegiatan praktikum.

Sementara itu, dalam kegiatan praktikum di laboratorium, modul ini berperan sebagai panduan langkah kerja yang membantu mahasiswa memahami dan melaksanakan prosedur pengukuran secara sistematis. Modul memberikan arahan mengenai tahapan penggunaan alat ukur, teknik pembacaan hasil, serta hal-hal yang perlu diperhatikan selama proses pengukuran. Dengan adanya panduan yang jelas, mahasiswa dapat melakukan praktikum dengan lebih terarah dan mengurangi potensi kesalahan penggunaan alat.

Keberadaan modul ajar yang terstruktur diharapkan dapat meningkatkan efektivitas proses pembelajaran secara keseluruhan. Struktur materi yang jelas memungkinkan dosen dan mahasiswa memiliki acuan yang sama dalam pelaksanaan pembelajaran. Selain itu, modul ini juga membantu menciptakan keseragaman pemahaman dan standar pelaksanaan praktikum di antara seluruh peserta didik.

Melalui modul ajar ini, mahasiswa didorong untuk mempersiapkan diri sebelum mengikuti kegiatan praktikum. Persiapan tersebut meliputi pemahaman tujuan kegiatan, alat ukur yang digunakan, serta prosedur yang akan dilakukan. Setelah praktikum, mahasiswa juga dapat melakukan evaluasi secara mandiri terhadap hasil pengukuran yang diperoleh,

sehingga proses pembelajaran tidak berhenti pada pelaksanaan praktik semata, tetapi berlanjut pada tahap refleksi dan analisis.

Pendekatan pembelajaran yang diterapkan melalui modul ini sejalan dengan konsep pembelajaran berbasis kompetensi yang menekankan pada pencapaian kemampuan nyata. Mahasiswa tidak hanya dituntut untuk menguasai teori, tetapi juga mampu menerapkannya dalam situasi praktis yang relevan dengan dunia kerja. Dengan demikian, modul ajar ini diharapkan dapat berkontribusi dalam membentuk lulusan teknik mesin yang kompeten, terampil, dan siap menghadapi tantangan industri.

1.6. Relevansi Modul dengan Kebutuhan Industri

Kebutuhan industri manufaktur dan rekayasa mesin saat ini menuntut tenaga kerja yang memiliki kompetensi pengukuran yang tinggi sebagai bagian dari jaminan kualitas produk. Perkembangan teknologi produksi yang semakin kompleks dan presisi menjadikan pengukuran sebagai faktor kunci dalam menentukan keberhasilan proses manufaktur. Tenaga kerja yang tidak memiliki kemampuan pengukuran yang memadai berpotensi menghasilkan produk yang tidak sesuai standar dan merugikan proses produksi secara keseluruhan.

Standar kualitas produk yang semakin ketat mengharuskan setiap proses pengukuran dilakukan secara akurat dan konsisten. Dalam konteks industri, kesalahan pengukuran sekecil apa pun dapat berdampak pada ketidaksesuaian dimensi, penurunan performa produk, hingga kegagalan fungsi yang merugikan secara teknis dan ekonomis. Oleh karena itu, penguasaan teknik pengukuran yang benar

menjadi syarat utama bagi tenaga kerja di bidang manufaktur dan rekayasa mesin.

Sejalan dengan tuntutan tersebut, pembelajaran alat bantu ukur di lingkungan akademik harus dirancang untuk menyiapkan mahasiswa agar siap menghadapi kebutuhan dunia industri. Proses pembelajaran tidak cukup hanya menekankan pemahaman teoritis, tetapi harus mampu membekali mahasiswa dengan keterampilan praktis yang relevan dan terstandar. Pendidikan teknik mesin dituntut untuk menghasilkan lulusan yang tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menerapkannya secara efektif di lingkungan kerja nyata.

Modul ajar ini disusun dengan mempertimbangkan praktik-praktik pengukuran yang umum diterapkan di industri manufaktur dan rekayasa mesin. Materi yang disajikan dirancang agar selaras dengan prosedur kerja, standar pengukuran, serta kondisi operasional yang sering dijumpai di dunia industri. Dengan pendekatan tersebut, modul ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara pembelajaran akademik dan kebutuhan praktis di lapangan.

Relevansi materi dengan dunia kerja memungkinkan mahasiswa memperoleh gambaran nyata mengenai penerapan alat bantu ukur dalam proses industri. Melalui pembelajaran berbasis modul ini, mahasiswa dapat memahami bagaimana pengukuran digunakan sebagai bagian dari sistem pengendalian kualitas, pemeliharaan mesin, dan inspeksi produk. Hal ini membantu mahasiswa mengembangkan pola pikir profesional yang sesuai dengan tuntutan industri.

Dengan demikian, mahasiswa diharapkan mampu mengembangkan keterampilan pengukuran yang bersifat aplikatif dan adaptif terhadap perkembangan teknologi

manufaktur. Kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan perubahan teknologi, standar, dan metode kerja menjadi nilai tambah yang penting bagi lulusan teknik mesin. Modul ajar ini diharapkan dapat berkontribusi dalam membentuk sumber daya manusia yang kompeten, siap kerja, dan mampu bersaing di dunia industri.

1.7. Tujuan Penyusunan Modul

Penyusunan modul ajar *Pengenalan Alat Bantu Ukur* ini bertujuan untuk memberikan landasan pengetahuan dan keterampilan dasar bagi mahasiswa Teknik Mesin dalam memahami konsep serta penggunaan alat ukur mekanik. Modul ini dirancang sebagai sarana pembelajaran yang terstruktur agar mahasiswa memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai peran pengukuran dalam kegiatan rekayasa teknik. Dengan landasan tersebut, mahasiswa diharapkan mampu mengikuti pembelajaran lanjutan yang berkaitan dengan perancangan, manufaktur, dan pengujian komponen mesin.

Secara khusus, modul ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap prinsip-prinsip dasar pengukuran, termasuk konsep ketelitian, akurasi, toleransi, dan kesalahan pengukuran. Pemahaman terhadap prinsip tersebut sangat penting agar mahasiswa tidak hanya mampu membaca hasil ukur, tetapi juga memahami makna dan implikasi teknis dari data pengukuran yang diperoleh. Dengan demikian, mahasiswa dapat melakukan analisis hasil pengukuran secara lebih kritis dan bertanggung jawab.

BAB II

MICROMETER

2.1 Pendahuluan Micrometer

Micrometer merupakan salah satu alat ukur presisi yang paling fundamental dan banyak digunakan dalam bidang teknik mesin. Keberadaannya tidak dapat dipisahkan dari berbagai aktivitas rekayasa, mulai dari tahap perancangan, proses manufaktur, perakitan, hingga inspeksi dan pengendalian kualitas. Dalam konteks rekayasa mekanik, ketelitian dimensi menjadi faktor krusial yang menentukan apakah suatu komponen dapat berfungsi sesuai dengan desain yang direncanakan atau justru menimbulkan gangguan pada kinerja sistem secara keseluruhan.



Gambar 1. Micrometer.

Ketelitian dimensi sangat berpengaruh terhadap kesesuaian antar komponen dan keandalan sistem mekanik. Komponen dengan ukuran yang tidak sesuai dapat menyebabkan masalah seperti ketidaksejajaran, peningkatan gesekan, keausan dini, hingga kegagalan fungsi. Oleh karena itu, penggunaan alat ukur yang mampu memberikan hasil

pengukuran dengan tingkat akurasi tinggi menjadi kebutuhan utama dalam praktik teknik mesin, khususnya pada komponen yang memiliki toleransi sempit.

Berbeda dengan alat ukur sederhana seperti mistar atau jangka sorong, micrometer dirancang untuk memberikan hasil pengukuran dengan tingkat ketelitian yang jauh lebih tinggi. Umumnya micrometer memiliki resolusi 0,01 mm, dan pada jenis tertentu bahkan mencapai 0,001 mm. Tingkat ketelitian ini menjadikan micrometer sangat sesuai untuk mengukur dimensi komponen presisi, seperti poros, bantalan, komponen transmisi, serta bagian-bagian mesin yang bekerja pada kondisi beban dan kecepatan tinggi.

Kemampuan micrometer dalam menghasilkan data pengukuran yang presisi menjadikannya alat yang sangat penting dalam pengendalian kualitas. Melalui pengukuran menggunakan micrometer, kesesuaian hasil manufaktur dengan spesifikasi desain dapat dievaluasi secara objektif dan sistematis. Data hasil pengukuran tersebut menjadi dasar dalam pengambilan keputusan teknis, baik dalam penerimaan produk, perbaikan proses, maupun penolakan komponen yang tidak memenuhi standar.

Dalam pembelajaran teknik mesin, micrometer tidak hanya dipelajari sebagai alat ukur, tetapi juga sebagai sarana untuk menanamkan sikap ketelitian, disiplin, dan tanggung jawab. Kesalahan kecil dalam penggunaan micrometer, seperti tekanan ukur yang tidak sesuai atau kesalahan pembacaan skala, dapat menghasilkan data yang keliru dan berdampak besar pada keputusan teknis.

2.2 Sejarah dan Perkembangan Micrometer

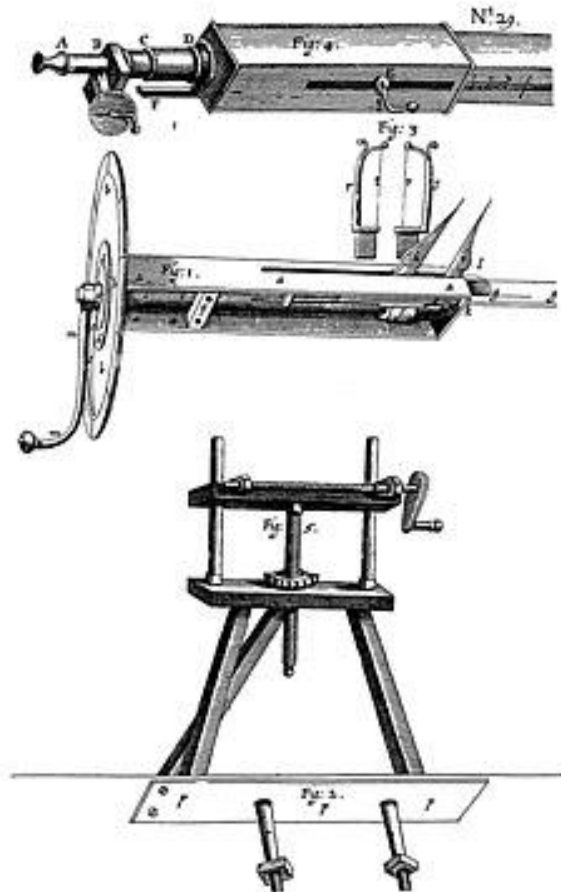
Istilah *micrometer* berasal dari bahasa Yunani, yaitu *micros* yang berarti kecil dan *metron* yang berarti ukuran. Kata ini mulai dikenal dalam literatur berbahasa Inggris sekitar abad ke-17, meskipun pada masa tersebut satuan meter dan micrometer sebagai alat ukur presisi seperti yang dikenal saat ini belum sepenuhnya berkembang. Namun demikian, ketertarikan terhadap pengukuran objek berukuran sangat kecil telah menjadi perhatian penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sejak masa itu.

Perkembangan awal micrometer sebagai alat ukur presisi dimulai pada abad ke-17 melalui karya William Gascoigne, yang mengembangkan micrometer sekrup untuk keperluan astronomi. Alat ini digunakan pada teleskop untuk mengukur jarak sudut antar benda langit dan menjadi tonggak penting dalam penerapan mekanisme sekrup presisi pada sistem pengukuran. Inovasi ini membuka jalan bagi pengembangan alat ukur mekanik dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi.

Pada awal abad ke-19, Henry Maudslay mengembangkan micrometer bangku yang digunakan secara luas di lingkungan bengkel presisi. Alat ini dikenal karena kemampuannya dalam memberikan keputusan akhir terkait akurasi pengukuran. Selanjutnya, desain micrometer bengkel yang lebih maju diperkenalkan oleh Whitworth pada pertengahan abad ke-19, dengan konstruksi rangka yang kuat dan mekanisme sekrup yang mampu membaca pengukuran hingga sepersekian kecil satuan panjang.

Micrometer genggam yang mendekati bentuk modern pertama kali dikembangkan oleh Jean Laurent Palmer pada tahun 1848. Desain ini kemudian diproduksi secara massal oleh

perusahaan Brown & Sharpe pada paruh kedua abad ke-19, sehingga micrometer menjadi alat ukur yang umum digunakan di bengkel dan industri manufaktur. Penyempurnaan ketelitian micrometer terus berlanjut, termasuk kontribusi Edward W. Morley yang membuktikan keakuratan alat ini melalui penelitian eksperimental.



Gambar 2. Mikrometer Gascoigne (digambar oleh Robert Hooke).

Seiring berkembangnya industri dan teknologi manufaktur selama Revolusi Industri hingga awal abad ke-20, micrometer menjadi instrumen penting dalam praktik teknik mesin. Penguasaan micrometer dan ilmu metrologi secara umum menjadi kompetensi esensial bagi teknisi dan insinyur. Dengan demikian, micrometer tidak hanya berperan sebagai alat ukur presisi, tetapi juga sebagai simbol perkembangan budaya akurasi dan presisi dalam dunia rekayasa teknik.

2.3 Prinsip Kerja Micrometer

Prinsip kerja micrometer didasarkan pada mekanisme ulir sekrup presisi yang berfungsi mengubah gerakan rotasi menjadi gerakan translasi linier. Mekanisme ini memungkinkan perpindahan spindle yang sangat kecil dan terkontrol, sehingga micrometer mampu menghasilkan pengukuran dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Ulir pada micrometer dirancang dengan tingkat presisi tinggi agar setiap gerakan putar menghasilkan perpindahan linier yang konsisten dan dapat diprediksi.

Ulir sekrup pada micrometer memiliki pitch tertentu, yang umumnya sebesar 0,5 mm untuk setiap satu putaran penuh thimble. Hal ini berarti bahwa setiap kali thimble diputar satu kali penuh, spindle akan bergerak maju atau mundur sejauh 0,5 mm. Hubungan tetap antara jumlah putaran dan perpindahan linier inilah yang menjadi dasar utama dalam sistem pembacaan micrometer, karena memungkinkan hasil pengukuran ditentukan secara matematis dan mekanis.

Untuk meningkatkan ketelitian pembacaan hasil ukur, micrometer dilengkapi dengan dua sistem skala, yaitu skala utama yang terletak pada sleeve dan skala putar yang terdapat pada thimble. Skala utama menunjukkan satuan milimeter dan

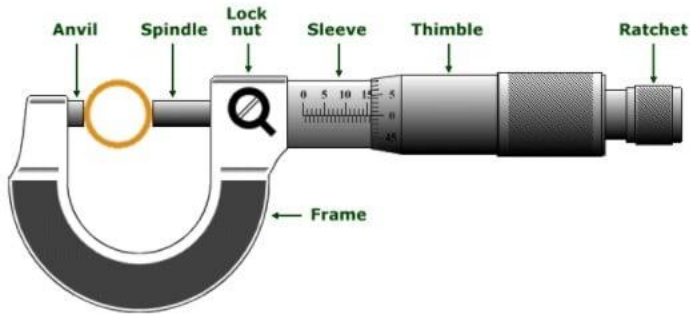
setengah milimeter sebagai nilai dasar pengukuran, sedangkan skala thimble dibagi menjadi sejumlah bagian yang mewakili pecahan milimeter tertentu. Pembagian skala ini dirancang sedemikian rupa agar perpindahan kecil pada spindle dapat ditampilkan secara jelas dan mudah dibaca oleh pengguna.

Dengan mengombinasikan pembacaan pada skala utama dan skala thimble, pengguna dapat memperoleh hasil pengukuran yang akurat dan presisi. Nilai pengukuran akhir diperoleh dengan menjumlahkan nilai yang terbaca pada kedua skala tersebut. Sistem pembacaan ganda ini memungkinkan micrometer mencapai resolusi hingga 0,01 mm atau bahkan 0,001 mm pada jenis tertentu, menjadikannya sangat sesuai untuk pengukuran komponen dengan toleransi yang ketat.

Selain sistem skala, micrometer juga dilengkapi dengan ratchet stop yang berfungsi untuk mengontrol gaya tekan selama proses pengukuran. Ratchet stop memastikan bahwa tekanan yang diberikan pada benda kerja selalu konstan, sehingga kesalahan akibat tekanan berlebih dapat dihindari. Prinsip ini sangat penting karena tekanan yang tidak seragam dapat menyebabkan deformasi elastis baik pada benda kerja maupun pada komponen micrometer itu sendiri, yang pada akhirnya dapat mengurangi keakuratan hasil pengukuran.

2.4 Bagian-bagian Micrometer dan Fungsinya

Micrometer tersusun atas beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk menghasilkan pengukuran yang presisi.



Gambar 3. Bagian-bagian micrometer.

Berikut merupakan keterangan dari bagian micrometer, antara lain:

1. Frame

Frame merupakan rangka utama micrometer yang berfungsi menopang seluruh bagian alat. Frame umumnya terbuat dari baja atau paduan logam yang memiliki kekakuan tinggi serta stabil terhadap perubahan temperatur. Bentuk frame dirancang sedemikian rupa agar ergonomis dan mudah dipegang.

2. Anvil

Anvil adalah bidang ukur tetap yang bersentuhan langsung dengan benda kerja. Permukaan anvil dibuat sangat halus dan rata untuk memastikan kontak yang baik selama pengukuran.

3. Spindle

Spindle merupakan bagian bergerak yang maju dan mundur saat thimble diputar. Spindle berfungsi sebagai bidang ukur kedua yang menekan benda kerja ke arah anvil.

4. Sleeve (Barrel)

Sleeve berfungsi sebagai tempat skala utama yang menunjukkan satuan milimeter dan setengah milimeter.

5. Thimble

Thimble adalah bagian yang diputar oleh pengguna untuk menggerakkan spindle. Pada bagian ini terdapat skala putar yang menunjukkan pecahan milimeter.

6. Ratchet Stop

Ratchet stop berfungsi untuk mengatur gaya tekan yang konstan selama pengukuran.

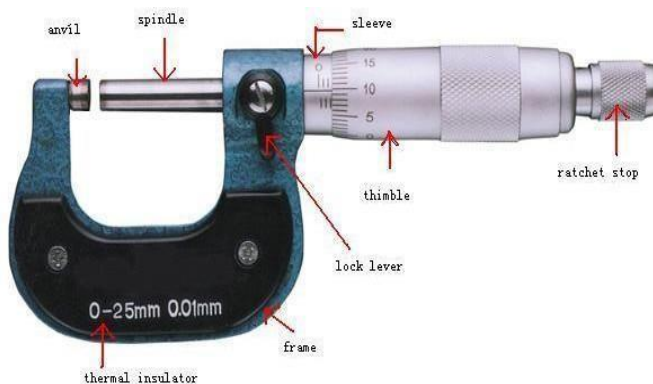
7. Lock Nut / Clamp

Lock nut digunakan untuk mengunci posisi spindle agar hasil pengukuran tidak berubah saat dibaca.

2.5 Jenis-jenis Micrometer

Berdasarkan fungsi dan aplikasinya, micrometer dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis utama.

2.5.1 Outside Micrometer



Gambar 4. Outside micrometer.

Outside micrometer digunakan untuk mengukur dimensi luar suatu benda kerja, seperti diameter poros, ketebalan pelat, dan lebar komponen, sehingga menjadikannya jenis micrometer yang paling umum digunakan di bengkel teknik mesin dan laboratorium. Keakuratan hasil pengukuran dengan outside micrometer sangat bergantung pada ketepatan posisi benda kerja, di mana benda kerja harus ditempatkan secara tegak lurus terhadap bidang ukur anvil dan spindle. Kesalahan kecil dalam penempatan atau ketidaksejajaran antara benda kerja dan bidang ukur dapat menyebabkan hasil pengukuran menyimpang, sehingga diperlukan ketelitian dan kehati-hatian dalam penggunaannya untuk memperoleh data yang akurat dan dapat dipercaya.

2.5.1.1. Prosedur penggunaan out side micrometer



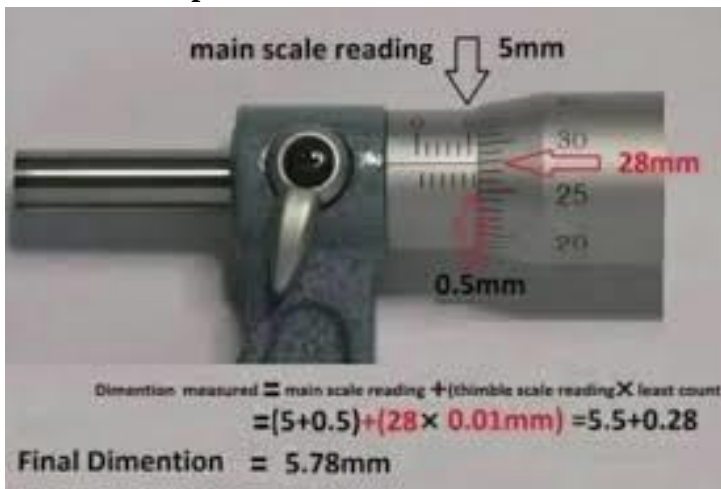
Gambar 5. Cara penggunaan outside micrometer.

1. Persiapan Alat dan Benda Kerja
Pastikan micrometer dan benda kerja dalam kondisi bersih dari kotoran, debu, atau oli yang dapat memengaruhi hasil pengukuran. Periksa posisi nol micrometer untuk memastikan alat berada dalam kondisi siap digunakan.
2. Penempatan Micrometer
Pegang frame micrometer dengan tangan kiri secara mantap dan stabil. Tempelkan benda kerja secara perlahan pada anvil micrometer dengan posisi tegak lurus terhadap bidang ukur untuk menghindari kesalahan pembacaan.
3. Pengaturan Spindle
Dengan menggunakan tangan kanan, putar ratchet stop searah jarum jam hingga spindle bergerak mendekati anvil dan menjepit benda kerja di antara keduanya. Pastikan benda kerja berada pada posisi yang tepat dan tidak miring.
4. Pengendalian Tekanan Ukur
Setelah thimble tidak dapat diputar lebih lanjut, lanjutkan dengan memutar ratchet stop sebanyak satu hingga dua kali putaran. Langkah ini bertujuan untuk memastikan tekanan ukur yang diberikan bersifat konstan dan sesuai standar pengukuran micrometer.
5. Pembacaan Hasil Pengukuran
Lakukan pembacaan hasil pengukuran dengan mengamati skala utama pada sleeve dan skala putar pada thimble. Jumlahkan nilai yang terbaca pada kedua skala tersebut untuk memperoleh hasil pengukuran akhir.

6. Pencatatan dan Evaluasi

Catat hasil pengukuran pada lembar kerja praktikum. Ulangi pengukuran bila diperlukan untuk memastikan konsistensi hasil, kemudian evaluasi ketelitian pengukuran yang diperoleh.

2.5.1.2. Prosedur pembacaan micrometer

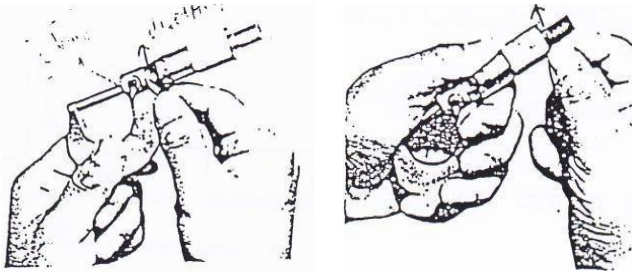


Gambar 6. Pembacaan micrometer.

1. Amati skala utama (*sleeve*) micrometer dan tentukan nilai milimeter terakhir yang terlihat sepenuhnya. Pada contoh pembacaan, skala utama menunjukkan angka 5 mm sebagai garis terbesar yang masih tampak.
2. Perhatikan apakah terdapat garis setengah milimeter (0,5 mm) setelah angka milimeter terakhir pada skala utama. Pada contoh ini, terlihat bahwa pembacaan pada *sleeve* telah melewati tanda 0,5 mm.

3. Selanjutnya, amati skala putar (*thimble*) dan tentukan nilai yang sejajar dengan garis referensi pada *sleeve*. Pada contoh pembacaan, skala *thimble* menunjukkan nilai 0,28 mm.
4. Tentukan hasil pengukuran akhir dengan menjumlahkan seluruh nilai yang terbaca pada skala utama dan skala putar, yaitu $(5 + 0,5 + 0,28)$ mm, sehingga diperoleh hasil pengukuran sebesar 5,78 mm.

2.5.1.3. Prosedur Penyetelan (Setting) Micrometer



Gambar 7. Ilustrasi cara penyetelan micrometer.

1. Lakukan pemeriksaan awal dengan menutup micrometer tanpa benda kerja, kemudian amati posisi tanda nol (0) pada skala *thimble* terhadap garis referensi (*base line*) pada *sleeve*.
2. Apabila tanda nol pada *thimble* menyimpang kurang dari dua garis skala terhadap *base line* pada *sleeve*, kunci posisi *spindle* menggunakan *clamp*. Selanjutnya, pasang kunci micrometer pada bagian *sleeve*, kemudian putar *sleeve* secara perlahan hingga tanda nol pada *thimble* tepat segaris dengan *base line* pada *sleeve*.

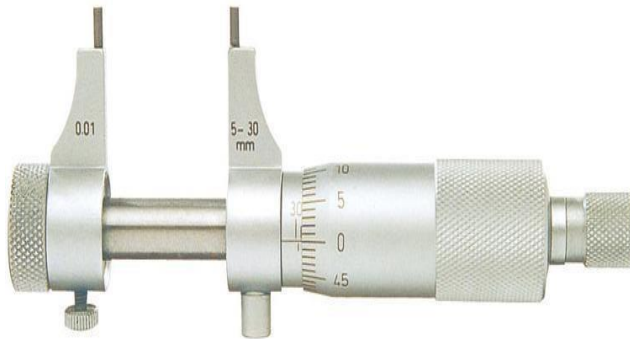
3. Apabila tanda nol pada *thimble* menyimpang lebih dari dua garis skala terhadap *base line* pada *sleeve*, kunci *spindle* menggunakan *clamp*. Pegang bagian *frame* dan *thimble* dengan tangan kiri untuk menjaga kestabilan alat.
4. Pasang kunci micrometer pada lubang *ratchet screw* sesuai dengan posisi yang telah ditentukan, kemudian putar *thimble* secara perlahan hingga tanda nol pada *thimble* sejajar dengan *base line* pada *sleeve*.
5. Setelah posisi tanda nol tepat segaris, kencangkan kembali *ratchet screw* menggunakan kunci micrometer untuk memastikan penyetelan tidak berubah selama penggunaan.
6. Lakukan pemeriksaan ulang dengan membuka dan menutup micrometer menggunakan *ratchet stop* guna memastikan hasil penyetelan telah sesuai dan micrometer berada pada kondisi nol yang benar.

2.5.2 Inside Micrometer

Inside micrometer digunakan untuk mengukur diameter dalam suatu komponen, seperti lubang silinder atau bushing, dan tersedia dalam berbagai rentang ukuran yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengukuran. Penggunaan alat ini memerlukan keterampilan dan kehati-hatian yang lebih tinggi dibandingkan micrometer luar, karena bidang ukur berada di dalam lubang dan tidak selalu mudah diakses secara visual. Oleh sebab itu, micrometer harus ditempatkan secara simetris dan sejajar terhadap sumbu lubang agar hasil pengukuran yang diperoleh benar-benar merepresentasikan dimensi sebenarnya

dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis. Inside micrometer mempunyai dua tipe, yaitu:

1. Small inside diameter micrometer



Gambar 8. Small inside diameter micrometer.

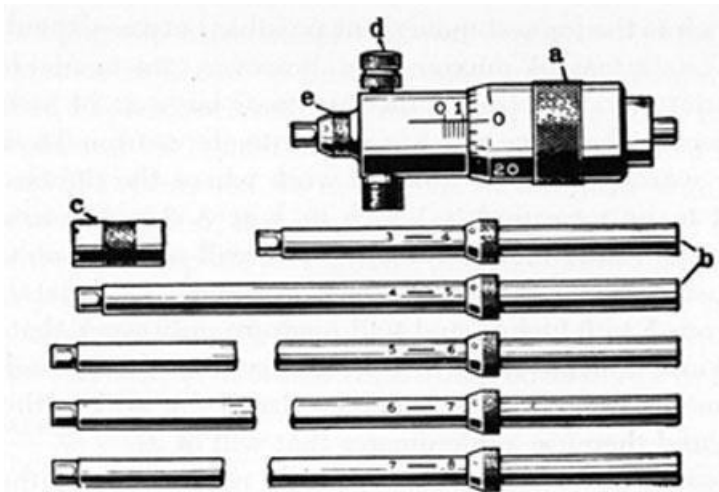
Small inside diameter micrometer merupakan alat ukur presisi yang termasuk dalam jenis inside micrometer dan dirancang khusus untuk mengukur diameter dalam lubang berukuran kecil dengan tingkat ketelitian tinggi, umumnya mencapai 0,01 mm. Alat ini digunakan secara langsung tanpa memerlukan sambungan tambahan (*extension rod*), dengan anvil yang dimasukkan ke dalam lubang untuk melakukan pengukuran. Dibandingkan dengan vernier caliper, small inside diameter micrometer mampu memberikan hasil pengukuran yang lebih akurat dan stabil, sehingga sangat sesuai untuk pengukuran diameter internal yang menuntut ketelitian tinggi.

Secara fungsional, alat ini tersedia dalam bentuk analog maupun digital dan bekerja berdasarkan prinsip mekanisme sekrup presisi yang dikalibrasi pada bagian thimble. Rentang pengukurannya relatif terbatas, umumnya berada pada ukuran kecil seperti 5–30 mm atau 25–50 mm, sesuai dengan desain alat. Dalam penggunaannya, anvil dimasukkan ke dalam

26 | Pengenalan Alat Bantu Ukur

lubang, kemudian thimble diputar hingga ujung ukur menyentuh dinding bagian dalam benda kerja secara merata. Small inside diameter micrometer banyak digunakan dalam proses manufaktur dan permesinan untuk memastikan ketepatan dimensi internal komponen, terutama pada bagian-bagian yang memiliki toleransi sempit dan menuntut presisi tinggi.

2. Large inside diameter micrometer



Gambar 9. Large Inside Diameter Micrometer.

Large inside diameter micrometer merupakan alat ukur presisi tinggi yang dirancang khusus untuk mengukur diameter bagian dalam, celah, atau lubang berukuran besar yang tidak dapat dijangkau oleh micrometer dalam standar. Alat ini umumnya terdiri atas kepala micrometer yang dipadukan dengan beberapa *extension rod* atau batang ekstensi yang dapat dipasang dan dilepas sesuai dengan rentang ukuran yang dibutuhkan. Dengan konfigurasi tersebut, large inside diameter

micrometer mampu menjangkau variasi diameter internal yang luas tanpa mengurangi tingkat ketelitian pengukuran.

Dari sisi fungsional, alat ini memiliki tingkat ketelitian tinggi, umumnya mencapai 0,01 mm atau bahkan 0,001 mm pada tipe tertentu. Komponen utamanya meliputi anvil sebagai ujung ukur, spindle, sleeve, thimble, serta batang ekstensi untuk memperluas jangkauan ukur. Dalam penggunaannya, anvil dimasukkan ke dalam lubang, kemudian thimble diputar hingga ujung ukur menyentuh kedua sisi dinding bagian dalam secara tepat dan merata. Large inside diameter micrometer banyak digunakan dalam industri teknik, khususnya untuk pengukuran silinder besar, pipa, dan komponen berdiameter besar lainnya, guna memastikan kesesuaian dimensi dengan spesifikasi desain dan standar kualitas yang ditetapkan.

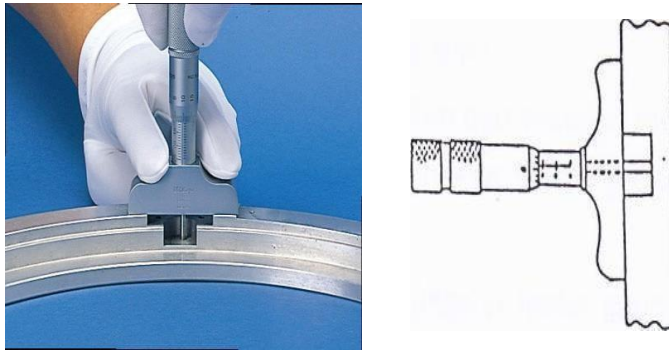
2.5.3 Depth Micrometer



Gambar 10. Depth micrometer.

Depth micrometer digunakan untuk mengukur kedalaman lubang, alur, atau celah. Alat ini memiliki base yang

diletakkan pada permukaan referensi, sementara spindle digerakkan hingga menyentuh dasar lubang. Depth micrometer sangat berguna dalam pengukuran komponen yang memiliki fitur kedalaman presisi.



Gambar 11. Cara penggunaan depth micrometer.

Cara penggunaan depth micrometer dilakukan dengan menempatkan dasar micrometer secara rapat dan stabil pada permukaan referensi yang datar, kemudian thimble diputar ke arah bawah hingga pin atau batang ukur menyentuh dasar lubang atau alur yang diukur. Setelah kontak tercapai secara tepat tanpa memberikan tekanan berlebih, hasil pengukuran kedalaman dibaca pada skala sleeve dan thimble sesuai dengan prosedur pembacaan micrometer.

2.6 Kesalahan Umum dan Faktor yang Mempengaruhi Akurasi

Dalam praktik pengukuran menggunakan micrometer, terdapat beberapa kesalahan umum yang sering terjadi dan dapat memengaruhi keakuratan hasil ukur. Salah satu kesalahan

yang paling sering dijumpai adalah pemberian tekanan ukur yang berlebihan pada benda kerja. Tekanan yang terlalu besar dapat menyebabkan deformasi elastis pada benda kerja maupun pada komponen micrometer itu sendiri, sehingga nilai hasil pengukuran menjadi lebih kecil atau lebih besar dari ukuran sebenarnya.

Kesalahan lain yang kerap terjadi adalah posisi benda kerja yang tidak sejajar atau tidak tegak lurus terhadap bidang ukur anvil dan spindle. Ketidaksejajaran ini menyebabkan bidang ukur tidak bersentuhan secara merata dengan permukaan benda kerja, sehingga pembacaan dimensi tidak merepresentasikan ukuran yang sesungguhnya. Dalam pengukuran presisi, kesalahan kecil pada posisi penempatan dapat menghasilkan deviasi yang signifikan terhadap hasil akhir.

Selain kesalahan mekanis, kesalahan pembacaan skala juga menjadi faktor penting yang memengaruhi akurasi pengukuran. Kurangnya pemahaman terhadap sistem skala micrometer, baik pada skala utama maupun skala thimble, dapat menyebabkan kekeliruan dalam menentukan nilai ukur. Kesalahan ini sering diperparah oleh kurangnya ketelitian pengguna atau kondisi pencahayaan yang tidak memadai saat membaca skala.

Faktor lingkungan, khususnya temperatur, juga berperan dalam memengaruhi hasil pengukuran micrometer. Perubahan suhu dapat menyebabkan pemuaian atau penyusutan pada benda kerja maupun alat ukur, terutama pada pengukuran dengan tingkat ketelitian tinggi. Apabila pengukuran dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi temperatur standar, hasil yang diperoleh dapat menyimpang dari nilai sebenarnya.

Oleh karena itu, pengguna micrometer dituntut untuk memahami berbagai faktor yang memengaruhi akurasi pengukuran serta menerapkan prosedur penggunaan yang benar. Pemahaman tersebut mencakup pengendalian tekanan ukur, penempatan benda kerja yang tepat, ketelitian dalam membaca skala, serta kesadaran terhadap pengaruh lingkungan. Dengan demikian, kesalahan pengukuran dapat diminimalkan dan hasil pengukuran yang diperoleh menjadi lebih andal dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

2.7 Perawatan dan Penyimpanan Micrometer

Perawatan micrometer merupakan aspek penting untuk menjaga keakuratan dan keandalan alat ukur dalam jangka panjang. Salah satu bentuk perawatan yang harus dilakukan secara rutin adalah pembersihan micrometer setelah digunakan. Permukaan anvil, spindle, dan bagian skala perlu dibersihkan dari debu, serpihan logam, atau kotoran lainnya menggunakan kain halus agar tidak mengganggu mekanisme kerja maupun proses pembacaan hasil ukur.

Selain pembersihan, pelumasan ringan pada bagian ulir sekrup juga perlu dilakukan secara berkala. Pelumasan bertujuan untuk mengurangi gesekan, mencegah keausan, serta memastikan pergerakan spindle tetap halus dan stabil. Pelumas yang digunakan harus sesuai dan diaplikasikan dalam jumlah yang sangat terbatas agar tidak menarik debu atau kotoran yang justru dapat merusak komponen micrometer.

Penyimpanan micrometer juga harus diperhatikan dengan baik, yaitu dengan menyimpan alat dalam kotak pelindung yang sesuai setelah digunakan. Micrometer harus dijauhkan dari kondisi lingkungan yang lembap, benturan fisik,

serta perubahan temperatur yang ekstrem, karena faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan korosi, perubahan dimensi, atau kerusakan mekanis. Dengan perawatan dan penyimpanan yang tepat, micrometer dapat mempertahankan ketelitian dan fungsinya secara optimal dalam waktu yang lama.

BAB III

FEELER GAUGES

3.1 Pendahuluan Feeler Gauges

Feeler gauge merupakan salah satu alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur atau memeriksa kerenggangan (clearance) atau celah kecil antara dua permukaan komponen mekanik yang saling berdekatan. Alat ini terdiri atas serangkaian bilah baja tipis dengan ketebalan yang berbeda-beda, di mana setiap bilah telah diberi penandaan ukuran dalam satuan milimeter atau inci. Dalam bidang teknik mesin dan otomotif, keberadaan celah dengan ukuran tertentu bersifat krusial karena secara langsung memengaruhi fungsi, kinerja, umur pakai, serta keselamatan suatu sistem mekanik.



Gambar 12. Feeler gauge

Berbeda dengan alat ukur dimensi linier seperti micrometer atau vernier caliper yang digunakan untuk

mengukur panjang, diameter, atau ketebalan secara langsung, feeler gauge berfungsi sebagai alat verifikasi celah. Artinya, alat ini digunakan untuk memastikan apakah suatu celah berada dalam batas toleransi yang diizinkan sesuai dengan spesifikasi desain atau standar teknis. Oleh karena itu, feeler gauge memiliki peran penting dalam proses penyetelan, perakitan, dan pemeliharaan mesin yang menuntut ketelitian tinggi.

Secara fungsional, feeler gauge banyak digunakan dalam pengaturan celah katup atau klep pada mesin kendaraan. Pengaturan kerenggangan klep yang tepat diperlukan agar mekanisme katup dapat bekerja secara optimal tanpa menimbulkan kebisingan berlebih maupun keausan dini. Celah yang terlalu rapat atau terlalu longgar dapat menyebabkan penurunan performa mesin, gangguan pada sistem pembakaran, serta potensi kerusakan pada komponen terkait.

Selain pada sistem katup, feeler gauge juga digunakan untuk mengukur dan menyetel celah elektroda busi. Jarak elektroda busi yang sesuai sangat berpengaruh terhadap kualitas percikan api dan efisiensi proses pembakaran di dalam ruang bakar. Dengan menggunakan feeler gauge, teknisi dapat memastikan bahwa jarak busi berada dalam rentang yang direkomendasikan, sehingga pembakaran berlangsung lebih stabil dan kinerja mesin menjadi lebih optimal.

Dalam konteks permesinan industri, feeler gauge digunakan untuk mengukur celah pada berbagai komponen seperti bantalan, pompa, alat potong, serta bagian-bagian mesin yang bergerak relatif satu sama lain. Pengukuran celah ini bertujuan untuk meminimalkan gesekan, mencegah keausan berlebih, serta menjamin kelancaran dan keselamatan operasi mesin. Oleh karena itu, feeler gauge menjadi alat bantu yang

sangat penting dalam kegiatan inspeksi, penyetelan, dan perawatan mesin industri.

Dari segi bahan dan desain, feeler gauge umumnya terbuat dari baja karbon berkualitas tinggi atau baja tahan karat yang memiliki ketahanan aus dan fleksibilitas yang baik. Bilah-bilah tersebut disusun dalam satu set yang biasanya terdiri dari 13 hingga 32 bilah dan dirancang agar dapat dilipat, sehingga mudah dibawa dan disimpan. Dengan karakteristik tersebut, feeler gauge menjadi alat ukur yang sederhana namun sangat vital dalam menjamin presisi, keandalan, dan kinerja optimal mesin baik di bidang otomotif maupun permesinan industri.

3.2 Konsep Dasar Clearance

Clearance atau celah merupakan jarak bebas yang dirancang secara sengaja antara dua komponen mekanik yang saling berdekatan atau bergerak relatif satu sama lain. Keberadaan celah ini tidak bersifat kebetulan, melainkan merupakan bagian penting dari perancangan mekanik yang bertujuan untuk menjamin fungsi, keandalan, dan umur pakai suatu sistem. Dalam banyak aplikasi teknik mesin, clearance menjadi parameter kunci yang menentukan apakah suatu mekanisme dapat beroperasi secara normal atau mengalami gangguan.

Secara teknis, clearance diperlukan untuk mengakomodasi berbagai faktor operasional yang tidak dapat dihindari, seperti pemuaian termal akibat perubahan suhu, keberadaan lapisan pelumas di antara permukaan kontak, serta variasi dimensi yang timbul dari toleransi proses manufaktur. Selain itu, pada komponen yang bergerak dinamis, clearance berfungsi untuk memberikan ruang gerak agar tidak terjadi

kontak langsung yang berlebihan antara permukaan komponen selama operasi berlangsung.

Nilai clearance yang tidak sesuai dapat menimbulkan berbagai permasalahan mekanik. Clearance yang terlalu kecil berpotensi menyebabkan peningkatan gesekan, timbulnya panas berlebih, keausan dini, hingga macetnya komponen akibat hilangnya ruang gerak. Kondisi ini tidak hanya menurunkan performa sistem, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan serius dan kegagalan fungsi yang berdampak pada keselamatan operasi mesin.

Sebaliknya, clearance yang terlalu besar juga tidak diinginkan karena dapat menimbulkan getaran, kebisingan, ketidakstabilan gerak, serta penurunan efisiensi mekanisme. Pada sistem tertentu, clearance berlebih dapat menyebabkan ketidaktepatan posisi komponen, menurunkan akurasi kerja, dan mempercepat keausan akibat tumbukan berulang antar bagian. Oleh karena itu, penentuan dan pengendalian nilai clearance harus dilakukan secara presisi sesuai dengan spesifikasi desain dan standar teknis yang berlaku.

Dalam praktik teknik mesin, pengukuran clearance sering kali tidak dapat dilakukan secara langsung menggunakan alat ukur dimensi linier konvensional seperti micrometer atau vernier caliper. Kondisi inilah yang menjadikan feeler gauge sebagai alat ukur yang sangat efektif dan praktis untuk memeriksa serta memastikan kesesuaian celah dengan nilai yang ditentukan. Dengan menggunakan feeler gauge, teknisi dapat melakukan verifikasi clearance secara cepat, akurat, dan andal, baik dalam proses perakitan, penyetelan, maupun perawatan mesin.

3.3 Pengertian dan Prinsip Kerja Feeler Gauges

Feeler gauges merupakan seperangkat lembaran logam tipis (*blade*) yang masing-masing memiliki ketebalan tertentu dan telah dikalibrasi secara presisi. Setiap blade diberi penandaan nilai ketebalan pada permukaannya, umumnya dalam satuan milimeter atau inci, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi ukuran yang digunakan. Susunan blade dengan variasi ketebalan ini memungkinkan feeler gauges digunakan untuk mengukur berbagai ukuran celah kecil pada komponen mekanik.

Prinsip kerja feeler gauges pada dasarnya sangat sederhana, yaitu dengan menyisipkan satu atau beberapa blade ke dalam celah yang akan diukur. Proses ini dilakukan hingga blade bersentuhan dengan kedua permukaan yang membentuk celah tersebut. Keberhasilan pengukuran sangat bergantung pada kemampuan pengguna dalam merasakan tingkat gesekan antara blade dan permukaan komponen.

Apabila sebuah blade dapat dimasukkan ke dalam celah dengan sedikit tahanan atau gesekan yang halus, maka dapat disimpulkan bahwa ketebalan blade tersebut mendekati nilai clearance yang sebenarnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa ukuran celah berada dalam kisaran yang sesuai dengan ketebalan blade yang digunakan. Sebaliknya, apabila blade terasa terlalu longgar saat dimasukkan, hal ini menandakan bahwa nilai clearance lebih besar dibandingkan ketebalan blade tersebut.

Dalam kondisi lain, apabila blade tidak dapat dimasukkan sama sekali ke dalam celah, berarti ukuran clearance lebih kecil daripada ketebalan blade yang digunakan. Situasi ini mengharuskan pengguna untuk memilih blade

dengan ketebalan yang lebih kecil atau mengombinasikan beberapa blade dengan nilai tertentu hingga diperoleh ukuran yang paling mendekati. Kombinasi blade memungkinkan estimasi clearance dilakukan secara lebih akurat, terutama ketika nilai celah tidak sesuai dengan satu ukuran blade tunggal.

Meskipun memiliki prinsip kerja yang relatif sederhana, penggunaan feeler gauges menuntut tingkat ketelitian dan kepekaan rasa yang cukup tinggi dari pengguna. Sensasi “sedikit gesekan” yang menjadi indikator utama hasil pengukuran bersifat subjektif dan sangat bergantung pada pengalaman pengguna. Oleh karena itu, latihan yang berulang sangat diperlukan agar pengguna mampu membedakan antara kondisi terlalu longgar, terlalu ketat, dan kondisi ideal.

Selain itu, faktor teknik penggunaan juga sangat berpengaruh terhadap keakuratan hasil pengukuran. Tekanan yang terlalu besar saat menyisipkan blade dapat menyebabkan deformasi sementara pada blade atau komponen yang diukur, sehingga menghasilkan pembacaan yang tidak akurat. Demikian pula, sudut pemasukan blade yang tidak sejajar dengan celah dapat menimbulkan kesalahan interpretasi ukuran. Oleh karena itu, penggunaan feeler gauges harus dilakukan dengan teknik yang benar dan konsisten untuk memperoleh hasil pengukuran yang andal.

3.4 Bagian-bagian Feeler Gauges dan Karakteristiknya



Gambar 13. Bagian-bagian feeler gauges.

Feeler gauges umumnya terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. Blade (Lembaran Ukur)

Blade merupakan bagian utama feeler gauges yang terbuat dari baja pegas atau paduan logam tipis. Setiap blade memiliki ketebalan tertentu yang ditandai secara jelas.

2. Holder atau Pivot

Holder berfungsi untuk menyatukan blade dalam satu set dan memungkinkan blade diputar atau dipilih sesuai kebutuhan.

3. Penanda Ketebalan

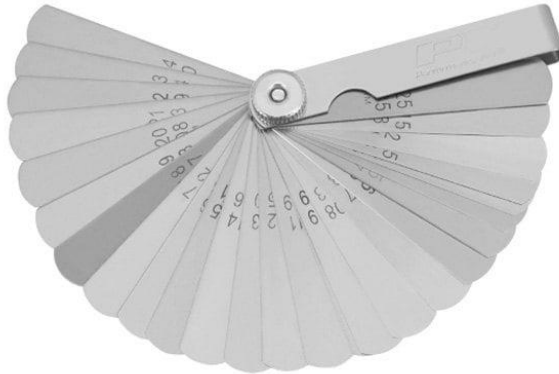
Setiap blade dilengkapi dengan penanda ketebalan yang dicetak atau diukir pada permukaannya.

Karakteristik utama blade feeler gauges adalah fleksibilitas dan ketahanan terhadap deformasi. Blade harus cukup lentur agar dapat dimasukkan ke celah sempit, namun juga cukup kuat agar tidak mudah bengkok atau rusak.

3.5 Jenis-jenis Feeler Gauges

Berdasarkan bentuk dan penggunaannya, feeler gauges dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis.

3.5.1 Standard Feeler Gauges



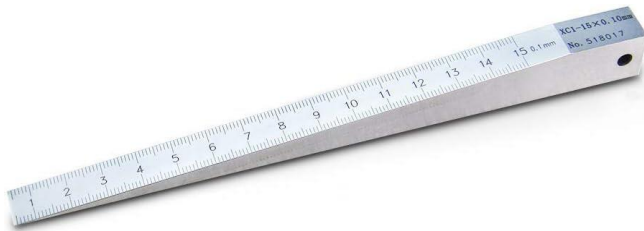
Gambar 14. Standard feeler gauges.

Standard feeler gauges merupakan jenis feeler gauge yang paling umum digunakan dalam kegiatan pengukuran celah (clearance) di bidang teknik mesin dan otomotif. Alat ini terdiri atas sejumlah blade atau lembaran logam tipis yang masing-masing memiliki ketebalan seragam dan panjang standar. Setiap blade telah dikalibrasi secara presisi serta diberi penandaan ukuran yang jelas, sehingga memudahkan pengguna dalam memilih blade yang sesuai dengan kebutuhan pengukuran.

Karena konstruksinya yang sederhana dan praktis, standard feeler gauges banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi bengkel maupun industri, seperti penyetelan celah katup, pemeriksaan jarak busi, serta pengecekan celah antar komponen mekanik. Fleksibilitas penggunaan dan

keandalannya dalam memberikan indikasi ukuran celah menjadikan jenis feeler gauge ini sebagai alat bantu ukur yang esensial dalam kegiatan perawatan, perakitan, dan inspeksi mesin.

3.5.2 Stepped Feler Gauges



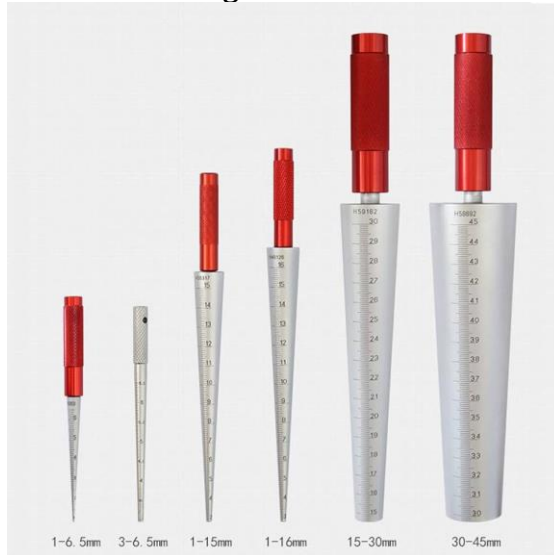
Gambar 15. Stepped feeler gauges.

Stepped feeler gauges merupakan jenis feeler gauge yang memiliki bentuk bilah bertingkat, sehingga memungkinkan pengukuran celah (*clearance*) pada area yang sulit dijangkau oleh feeler gauge standar. Desain bertingkat ini memudahkan bilah untuk masuk ke celah sempit atau posisi yang terhalang komponen lain, tanpa harus melepas atau membongkar bagian mesin secara keseluruhan. Dengan demikian, proses pengukuran dapat dilakukan dengan lebih efisien dan praktis.

Jenis feeler gauge ini banyak digunakan pada komponen mesin yang memiliki geometri kompleks, seperti mekanisme katup, rumah bantalan, atau bagian mesin dengan kontur tidak beraturan. Keunggulan stepped feeler gauges terletak pada kemampuannya memberikan hasil pengukuran yang representatif pada kondisi pengukuran yang menantang,

sehingga sangat membantu dalam kegiatan inspeksi, penyetelan, dan pemeliharaan mesin presisi.

3.5.3 Tapered Feeler Gauges

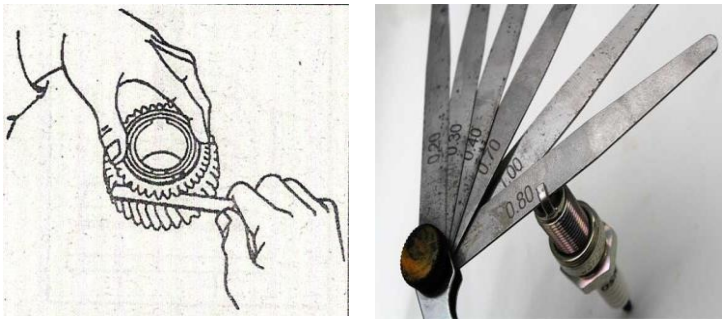


Gambar 16. Tapered feeler gauges.

Tapered feeler gauges merupakan jenis feeler gauge yang memiliki ketebalan bilah yang berubah secara bertahap sepanjang panjang blade. Perubahan ketebalan ini biasanya ditandai dengan skala atau penunjuk tertentu, sehingga pengguna dapat memperkirakan ukuran celah berdasarkan posisi bilah saat dimasukkan ke dalam celah. Desain tersebut memungkinkan proses pengukuran dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan penggunaan feeler gauge standar yang memerlukan pemilihan beberapa bilah dengan ketebalan tertentu.

Jenis feeler gauge ini umumnya digunakan untuk perkiraan awal atau pemeriksaan cepat ukuran celah, terutama pada tahap inspeksi awal atau penyetelan kasar. Meskipun tingkat ketelitiannya relatif lebih rendah dibandingkan kombinasi blade pada feeler gauge standar, tapered feeler gauges tetap bermanfaat dalam aplikasi praktis yang menuntut efisiensi waktu dan kemudahan penggunaan, khususnya pada lingkungan bengkel dan perawatan mesin.

3.6 Prosedur Penggunaan Feler Gauges



Gambar 17. Contoh penggunaan feeler gauge.

Penggunaan feeler gauge memerlukan ketelitian dan kehati-hatian agar hasil pengukuran yang diperoleh akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Kesalahan dalam pemilihan bilah maupun teknik pemasukan dapat menyebabkan hasil pengukuran menyimpang dari kondisi sebenarnya. Oleh karena itu, langkah-langkah penggunaan feeler gauge harus dilakukan secara sistematis dan benar.

1. Pemilihan Bilah yang Sesuai

Langkah awal dalam penggunaan feeler gauge adalah memilih bilah dengan ketebalan yang mendekati ukuran

celah yang akan diukur. Bilah yang dipilih sebaiknya memiliki ketebalan sedikit lebih besar dari perkiraan celah, namun masih memungkinkan untuk dimasukkan tanpa dipaksakan. Pemilihan bilah yang tepat akan mempermudah proses pengukuran dan meningkatkan ketelitian hasil ukur.

2. Pemasukan Bilah ke Dalam Celah

Setelah bilah dipilih, masukkan bilah feeler gauge ke dalam celah atau jarak yang akan diukur. Pastikan bilah berada pada posisi yang sejajar dengan permukaan komponen dan dimasukkan secara perlahan. Bilah yang tepat akan terasa pas, yaitu dapat bergerak dengan sedikit tahanan tanpa terasa terlalu longgar atau terlalu ketat.

3. Penyesuaian Ketebalan Bilah

Apabila bilah dapat masuk dengan sangat mudah tanpa adanya gesekan, hal tersebut menandakan bahwa celah lebih besar dari ketebalan bilah yang digunakan, sehingga perlu dicoba bilah dengan ketebalan yang lebih besar. Sebaliknya, jika bilah sulit dimasukkan atau terasa terlalu ketat, maka bilah yang lebih tipis harus digunakan. Proses ini dilakukan hingga diperoleh bilah yang paling sesuai dengan kondisi celah.

4. Verifikasi dan Pencatatan Hasil Pengukuran

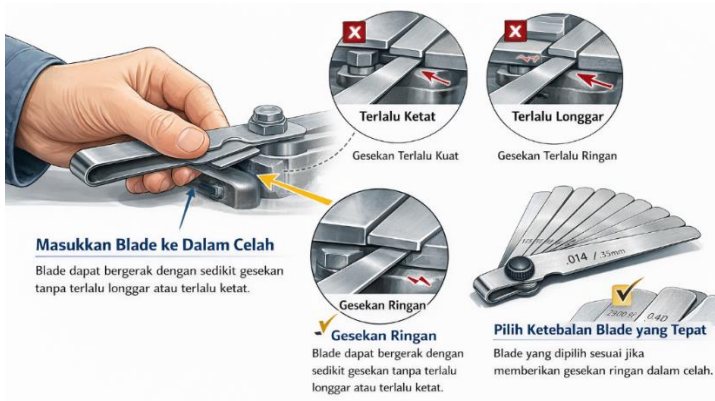
Setelah menemukan bilah yang terasa pas di dalam celah, ketebalan bilah tersebut dinyatakan sebagai hasil pengukuran. Nilai ini kemudian dicatat untuk keperluan analisis, penyetelan, atau penyesuaian komponen mesin sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan.

5. Pengukuran Ulang untuk Menjamin Akurasi

Untuk meningkatkan keandalan hasil pengukuran, pengukuran ulang dapat dilakukan dengan mencoba kombinasi beberapa bilah atau mengulangi proses pengukuran. Pengukuran berulang sangat dianjurkan, terutama pada komponen presisi, guna memastikan bahwa nilai clearance yang diperoleh benar-benar akurat dan konsisten.

3.7 Teknik Pembacaan dan Interpretasi Hasil Pengukuran

Pembacaan hasil pengukuran menggunakan feeler gauges dilakukan dengan mengamati bilah (*blade*) yang dapat dimasukkan ke dalam celah dengan tingkat gesekan yang ringan dan merata. Bilah yang tepat adalah bilah yang dapat bergerak di dalam celah tanpa terasa terlalu longgar maupun terlalu ketat. Sensasi gesekan ini menjadi indikator utama dalam menentukan apakah ketebalan bilah telah sesuai dengan ukuran *clearance* yang diukur.



Gambar 18. Ilustrasi teknik pembacaan dan interpretasi hasil pengukuran feeler gauges.

Interpretasi hasil pengukuran feeler gauges sangat dipengaruhi oleh pengalaman dan kepekaan pengguna. Karena metode pengukuran ini bersifat tidak langsung dan mengandalkan persepsi sentuhan, pengguna pemula cenderung memerlukan latihan berulang untuk dapat membedakan tingkat gesekan yang ideal. Tanpa pengalaman yang memadai, terdapat risiko kesalahan interpretasi yang dapat menyebabkan nilai clearance yang diperoleh tidak akurat.

Dalam beberapa aplikasi teknik mesin dan otomotif, standar industri telah menetapkan kriteria atau rentang gesekan tertentu yang dianggap ideal untuk kondisi pengukuran yang benar. Oleh karena itu, pengguna feeler gauges harus memahami konteks aplikasi, spesifikasi teknis komponen, serta standar yang berlaku sebelum menafsirkan hasil pengukuran. Pemahaman tersebut akan membantu memastikan bahwa hasil pengukuran tidak hanya akurat secara teknis, tetapi juga relevan dengan kebutuhan operasional dan keselamatan sistem mekanik.

3.8 Kesalahan Umum dalam Penggunaan Feeler Gauges

Beberapa kesalahan yang sering terjadi dalam penggunaan *feeler gauges* meliputi pemasukan bilah (*blade*) dengan sudut yang tidak sejajar terhadap celah, penggunaan bilah yang telah mengalami kerusakan atau pembengkokan, serta pemberian tekanan yang berlebihan saat proses pengukuran. Kondisi tersebut dapat mengubah sensasi gesekan yang seharusnya menjadi indikator utama dalam menentukan ukuran *clearance*, sehingga hasil pengukuran menjadi menyimpang dari nilai sebenarnya.

Kesalahan-kesalahan tersebut tidak hanya berdampak pada ketidakakuratan hasil pengukuran, tetapi juga dapat mempercepat keausan dan kerusakan pada *feeler gauges* itu sendiri maupun pada permukaan komponen yang diukur. Oleh karena itu, pengguna perlu menerapkan teknik penggunaan yang benar, memastikan kondisi bilah tetap baik, serta menghindari tekanan yang tidak perlu agar pengukuran dapat dilakukan secara presisi, konsisten, dan aman.

3.9 Perawatan dan Penyimpanan Feeler Gauges

Untuk memastikan *feeler gauge* tetap awet dan menghasilkan pengukuran yang akurat, perawatan harus dilakukan secara rutin dengan memperhatikan hal-hal berikut:

1. **Membersihkan Feeler Gauge Secara Berkala**

Setelah digunakan, *feeler gauge* harus dibersihkan dari debu, kotoran, atau sisa oli yang menempel pada bilah. Pembersihan dilakukan menggunakan kain lembut dan kering untuk menjaga permukaan bilah tetap halus dan mencegah terjadinya korosi.

2. **Menyimpan Feeler Gauge dengan Benar**

Feeler gauge harus disimpan di tempat yang aman dan terlindung dari benturan. Penyimpanan sebaiknya dilakukan di dalam casing atau kotak khusus agar bilah tidak bengkok atau rusak. Hindari meletakkan alat ini secara sembarangan yang dapat mengurangi keakuratan bilah ukur.

3. **Memeriksa Kondisi dan Ketebalan Bilah**

Pemeriksaan ketebalan dan kondisi bilah perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan bilah tidak mengalami keausan atau deformasi. Apabila ditemukan

bilah yang rusak, aus, atau tidak lagi akurat, bilah tersebut harus segera diganti agar hasil pengukuran tetap dapat diandalkan.

3.10 Aplikasi Feeler Gauges dalam Industri

Alat ukur ini memiliki beragam fungsi yang sangat penting dalam bidang mekanik dan otomotif, khususnya pada pekerjaan yang menuntut ketelitian tinggi. Fungsi-fungsi utama alat ukur tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Mengukur Celah atau Jarak Mikro

Alat ini digunakan untuk mengukur celah atau jarak yang sangat kecil di antara dua permukaan komponen. Salah satu penerapan yang paling umum adalah pada pengukuran celah katup mesin (*valve clearance*), di mana ketepatan ukuran celah sangat berpengaruh terhadap performa, efisiensi, dan keandalan kerja mesin.

2. Memeriksa Ketebalan Material

Selain untuk pengukuran celah, alat ini juga dimanfaatkan untuk memeriksa ketebalan material tertentu, seperti piringan rem, gasket, atau bagian mesin lainnya. Pengukuran ketebalan ini penting untuk memastikan komponen masih berada dalam batas toleransi yang diizinkan.

3. Verifikasi Kesesuaian Pemasangan Komponen

Dalam proses perakitan maupun pemeliharaan mesin, alat ini digunakan untuk memastikan bahwa jarak atau celah antar komponen telah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh pabrik. Verifikasi ini diperlukan untuk mencegah terjadinya kerusakan akibat komponen yang terpasang terlalu rapat atau terlalu longgar.

4. Penyetelan Komponen Mesin

Alat ukur ini juga berperan penting dalam kegiatan penyetelan mesin, khususnya pada bagian-bagian yang memerlukan ruang atau celah tertentu. Contohnya adalah pengaturan jarak katup pada mesin pembakaran dalam serta penyetelan jarak kontak pada sistem transmisi atau mekanisme lainnya.

5. Pemeriksaan Kondisi Rantai dan Gigi

Pada sepeda motor dan kendaraan bermotor lainnya, alat ini digunakan untuk memeriksa kondisi rantai, roda gigi, dan komponen sejenis yang membutuhkan celah tertentu agar dapat bekerja secara optimal. Pengukuran celah yang tepat membantu mencegah keausan berlebih serta menjaga kelancaran sistem transmisi.

3.11 Peran Feeler Gauges dalam Pengendalian Kualitas

Feeler gauges memiliki peran yang sangat penting dalam sistem pengendalian kualitas, terutama pada tahap inspeksi akhir serta kegiatan perawatan mesin. Pada tahap ini, ketelitian pengukuran menjadi faktor krusial karena berkaitan langsung dengan kelayakan fungsi dan keselamatan operasi mesin. Dengan menggunakan feeler gauges, teknisi dapat memastikan bahwa nilai *clearance* antar komponen berada dalam batas toleransi yang telah ditetapkan sesuai spesifikasi desain atau standar pabrikan.

Keberadaan feeler gauges juga membantu dalam mendeteksi potensi masalah sejak dini, seperti keausan berlebih, kesalahan penyetelan, atau perubahan dimensi akibat pemuaian termal. Pemeriksaan celah yang tidak sesuai dapat menjadi indikasi awal terjadinya penurunan kinerja atau risiko

kerusakan komponen. Oleh karena itu, penggunaan alat ini berkontribusi langsung terhadap upaya pencegahan kegagalan sistem serta peningkatan efisiensi proses perawatan dan inspeksi.

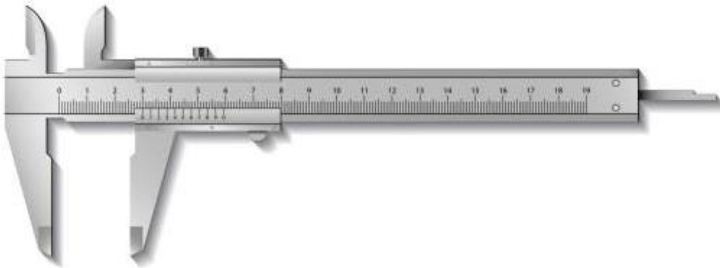
Dengan penguasaan teknik penggunaan feeler gauges yang baik dan benar, teknisi maupun mahasiswa teknik mesin diharapkan mampu melakukan evaluasi kondisi komponen secara cepat, tepat, dan akurat. Kemampuan ini tidak hanya mendukung peningkatan keandalan dan umur pakai mesin, tetapi juga menumbuhkan budaya kerja yang mengutamakan presisi dan kualitas dalam praktik permesinan dan pemeliharaan industri.

BAB IV

VERNIER CALIPER

4.1 Pendahuluan Vernier Caliper

Vernier caliper atau jangka sorong merupakan salah satu alat ukur yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik mesin karena fleksibilitas serta kemudahan dalam pengoperasiannya. Alat ini dirancang untuk mengukur berbagai jenis dimensi geometri secara langsung, seperti panjang, ketebalan, diameter luar, diameter dalam, dan kedalaman suatu komponen. Dengan satu alat, pengguna dapat melakukan beberapa jenis pengukuran tanpa perlu mengganti instrumen ukur.



Gambar 19. Vernier caliper.

Dari sisi ketelitian, vernier caliper memiliki kemampuan ukur yang jauh lebih baik dibandingkan mistar baja atau penggaris biasa. Skala utama dan skala nonius (vernier) memungkinkan pembacaan dimensi hingga ketelitian tertentu, umumnya 0,02 mm atau 0,05 mm, tergantung jenis alat. Ketelitian ini sudah mencukupi untuk sebagian besar pekerjaan pengukuran di bengkel teknik dan industri manufaktur.

Jika dibandingkan dengan micrometer, vernier caliper memang memiliki tingkat ketelitian yang lebih rendah, namun keunggulannya terletak pada cakupan pengukuran yang lebih luas dan kepraktisan penggunaan. Vernier caliper dapat digunakan untuk berbagai ukuran dan bentuk benda kerja, sedangkan micrometer biasanya terbatas pada satu jenis pengukuran dan rentang tertentu. Oleh karena itu, vernier caliper sering menjadi pilihan utama untuk pengukuran umum dan pemeriksaan awal dimensi komponen.

Dalam praktik rekayasa mekanik, vernier caliper banyak digunakan pada tahap awal pemeriksaan dimensi, baik dalam proses manufaktur, perakitan, maupun inspeksi kualitas. Alat ini sangat sesuai untuk pengukuran cepat (*quick measurement*) yang membutuhkan ketepatan memadai tanpa prosedur yang rumit. Penggunaan vernier caliper membantu teknisi memastikan bahwa komponen yang dihasilkan telah mendekati ukuran desain sebelum dilakukan pengukuran lanjutan dengan alat ukur yang lebih presisi.

Selain sebagai alat ukur, vernier caliper juga berfungsi sebagai media pembelajaran untuk memahami konsep dasar pengukuran presisi, toleransi dimensi, dan keterkaitan antara gambar teknik dengan hasil manufaktur. Melalui penggunaan yang tepat dan bertanggung jawab, mahasiswa diharapkan mampu mengembangkan sikap teliti, disiplin, dan profesional dalam melakukan pengukuran, yang merupakan keterampilan penting dalam dunia teknik dan industri.

4.2 Sejarah dan Perkembangan Vernier Caliper

Jangka ukur merupakan salah satu alat ukur tertua yang digunakan manusia untuk menentukan dimensi suatu benda.

Bukti awal keberadaan alat ini ditemukan pada bangkai kapal Yunani di perairan Giglio, dekat pantai Italia, yang diperkirakan berasal dari abad ke-6 sebelum Masehi. Temuan tersebut berupa potongan kayu yang telah memiliki rahang tetap dan rahang yang dapat digerakkan, menunjukkan prinsip dasar kerja jangka ukur yang masih relevan hingga saat ini.

Meskipun temuan arkeologis jangka ukur dari periode tersebut tergolong langka, alat ini diketahui tetap digunakan secara luas oleh peradaban Yunani dan Romawi. Penggunaan jangka ukur pada masa itu berperan penting dalam kegiatan konstruksi, pembuatan senjata, serta berbagai pekerjaan teknik dan kerajinan.

Perkembangan jangka ukur juga tercatat dalam sejarah Tiongkok kuno. Sebuah jangka sorong yang terbuat dari perunggu dan berasal dari tahun 9 Masehi ditemukan pada masa Dinasti Xin. Jangka sorong tersebut digunakan untuk pengukuran berukuran kecil dan memiliki prasasti yang menyebutkan waktu pembuatannya secara rinci. Alat ini telah dilengkapi dengan sistem “slot dan pin” serta skala yang dibagi dalam satuan inci dan sepersepuluh inci, menandakan tingkat ketelitian yang cukup tinggi pada masanya.



Gambar 20. Timbangan jepit geser perunggu (dikoleksi oleh Museum Yangzhou).

Tonggak penting dalam sejarah jangka sorong modern terjadi pada abad ke-17 melalui kontribusi Pierre Vernier. Ia menyempurnakan konsep skala nonius yang sebelumnya diperkenalkan oleh Pedro Nunes dengan mengembangkan sistem skala bantu yang lebih praktis dan mudah dibaca. Skala nonius ini memungkinkan pembacaan pecahan dari skala utama, sehingga ketelitian pengukuran linier dapat ditingkatkan secara signifikan.

Seiring dengan kemajuan teknologi manufaktur, desain dan kualitas vernier caliper terus mengalami penyempurnaan. Perbaikan dilakukan pada aspek material, ketelitian skala, serta kenyamanan penggunaan. Vernier caliper modern umumnya dibuat dari baja tahan karat dengan permukaan yang dikeraskan, sehingga memiliki ketahanan yang baik terhadap keausan dan korosi serta cocok digunakan dalam lingkungan industri.

Pada perkembangan selanjutnya, muncul berbagai varian jangka sorong, seperti dial caliper dan digital caliper, yang menawarkan kemudahan pembacaan dan kecepatan pengukuran. Meskipun demikian, vernier caliper mekanik masih banyak digunakan, khususnya dalam dunia pendidikan dan industri. Keandalan alat ini, kemandirian dari sumber listrik, serta kemampuannya melatih keterampilan membaca skala secara manual menjadikan vernier caliper tetap relevan hingga saat ini.

4.3 Prinsip Kerja Vernier Caliper

Prinsip kerja jangka sorong (vernier caliper) adalah mengukur jarak atau dimensi suatu benda dengan memanfaatkan dua rahang, yaitu rahang tetap dan rahang geser,

yang dikombinasikan dengan sistem pembacaan skala utama dan skala nonius atau tampilan digital. Pergeseran rahang geser memungkinkan penyesuaian posisi terhadap benda ukur sehingga hasil pengukuran dapat dibaca hingga pecahan milimeter dengan tingkat ketelitian yang tinggi, umumnya mencapai 0,01 mm. Skala utama berfungsi menunjukkan nilai dasar pengukuran dalam satuan milimeter atau inci, sedangkan skala nonius berperan untuk membaca pecahan dari skala utama dengan ketelitian tertentu, seperti 0,02 mm atau 0,05 mm.

Ketika rahang jangka sorong digeser, skala nonius akan bergerak relatif terhadap skala utama. Garis pada skala nonius yang tepat berhimpit dengan salah satu garis pada skala utama menunjukkan nilai pecahan yang harus ditambahkan pada pembacaan skala utama. Melalui prinsip perbandingan kedua skala tersebut, pengguna dapat memperoleh hasil pengukuran yang lebih presisi dibandingkan dengan penggunaan mistar ukur konvensional.

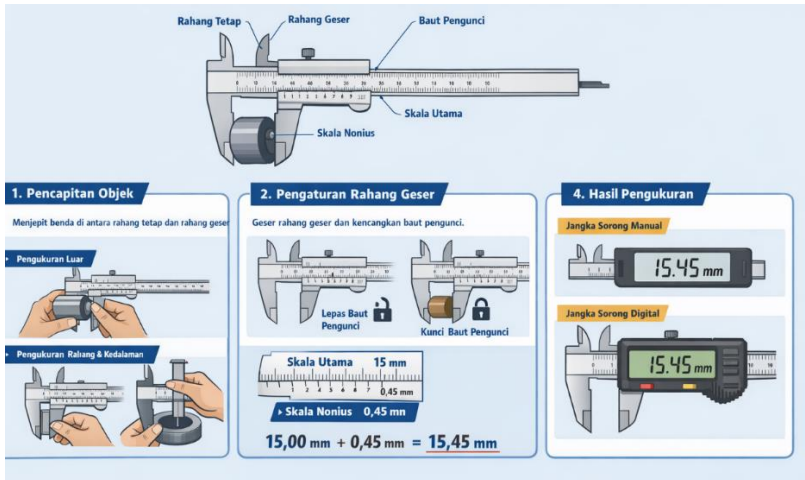
4.3.1. Cara Kerja Dasar Vernier Caliper

1. Pencapitan Objek

Benda kerja dijepit di antara rahang tetap dan rahang geser untuk pengukuran dimensi luar atau dalam. Untuk pengukuran kedalaman, digunakan batang atau tangkai ukur kedalaman yang terletak di bagian belakang jangka sorong.

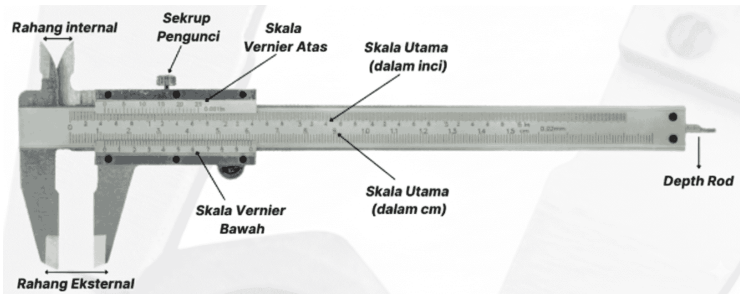
2. Pengaturan Rahang Geser

Baut pengunci dilonggarkan terlebih dahulu, kemudian rahang geser digerakkan hingga rapat mengapit benda ukur tanpa memberikan tekanan berlebih. Setelah posisi tepat, baut pengunci dikencangkan agar rahang tidak bergeser saat pembacaan dilakukan.



Gambar 21. Cara kerja dasar vernier caliper.

4.4 Bagian-bagian Vernier Caliper dan Fungsinya



Gambar 22. Bagian-bagian vernier caliper.

Vernier caliper terdiri dari beberapa bagian utama yang masing-masing memiliki fungsi spesifik, yaitu:

1. Rahang Eksternal

Terletak pada bagian rahang besar di sisi bawah jangka sorong. Berfungsi untuk mengukur diameter luar atau panjang benda padat.

2. Rahang Internal

Terletak pada rahang kecil di sisi atas jangka sorong. Digunakan untuk mengukur diameter dalam, celah, atau lubang pada suatu komponen.

3. Batang Ukur Kedalaman (Depth Rod)

Berbentuk batang tipis yang berada di ujung rahang geser. Berfungsi untuk mengukur kedalaman lubang, alur, atau rongga.

4. Skala Utama (cm dan inci)

Terletak pada batang utama jangka sorong yang dilengkapi garis ukur. Menunjukkan nilai dasar pengukuran dalam satuan sentimeter, milimeter, atau inci.

5. Skala Vernier (Skala Nonius)

Merupakan skala kecil yang menempel pada rahang geser. Berfungsi untuk membaca pecahan dari skala utama sehingga meningkatkan ketelitian pengukuran.

6. Sekrup Pengunci

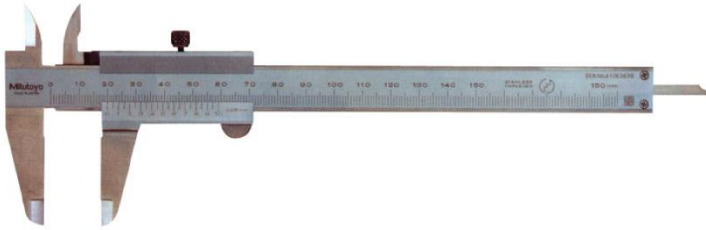
Terletak di bagian atas rahang geser. Digunakan untuk mengunci posisi rahang agar tidak bergeser saat pembacaan hasil pengukuran dilakukan.

4.5 Jenis-jenis Vernier Caliper

Berdasarkan sistem pembacaan dan penggunaannya, vernier caliper dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis.

4.5.1 Vernier Caliper Mekanik

Vernier caliper mekanik menggunakan skala utama dan skala nonius sebagai sistem pembacaan. Jenis ini banyak digunakan dalam pendidikan karena melatih keterampilan membaca skala secara manual.



Gambar 23. Vernier caliper mekanik.

4.5.2 Dial Caliper

Dial caliper menggunakan jarum penunjuk untuk membaca nilai pecahan skala. Alat ini lebih mudah dibaca dibandingkan vernier caliper mekanik, namun memiliki mekanisme yang lebih kompleks.



Gambar 24. Dial caliper.

4.5.3 Digital Caliper

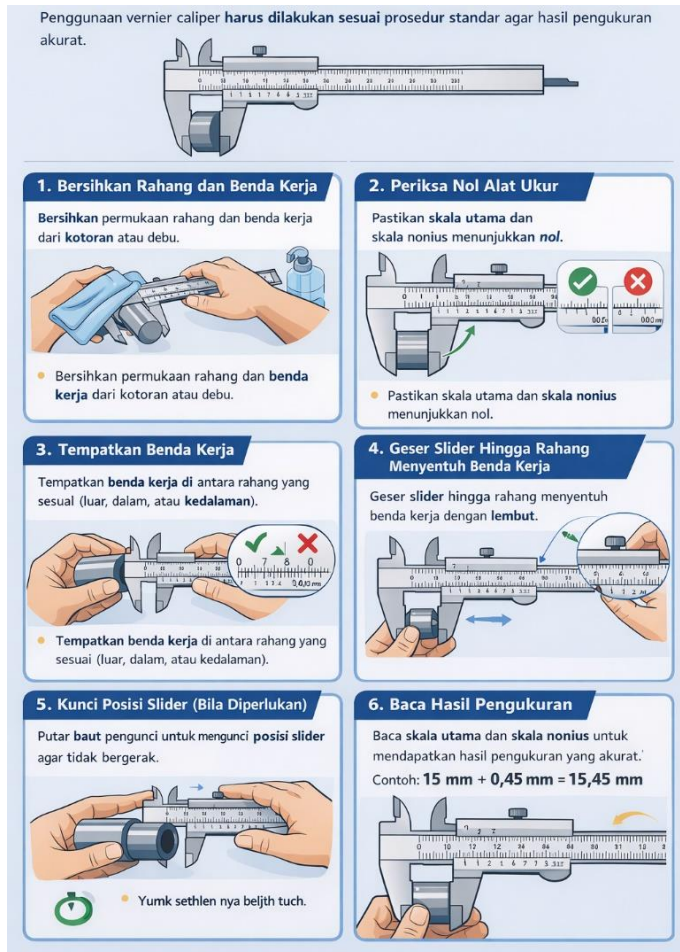
Digital caliper menampilkan hasil pengukuran secara langsung dalam bentuk angka digital. Meskipun praktis, jenis ini memerlukan sumber daya listrik dan perawatan tambahan.



Gambar 25. Digital caliper.

4.6 Prosedur Penggunaan Vernier Caliper

Penggunaan vernier caliper harus dilakukan sesuai prosedur standar agar hasil pengukuran akurat.



Gambar 26. Prosedur penggunaan vernier caliper.

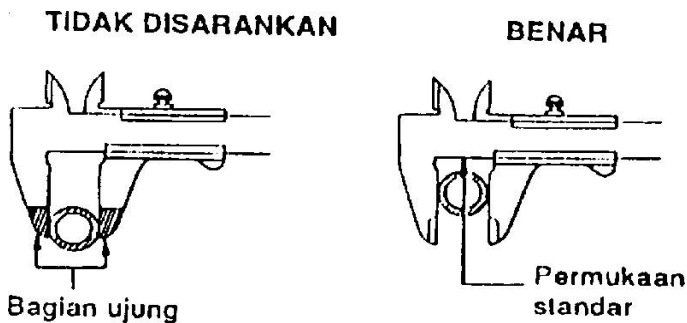
Langkah-langkah umum penggunaan vernier caliper meliputi:

1. Membersihkan rahang dan benda kerja.
2. Memeriksa kondisi nol alat ukur.
3. Menempatkan benda kerja pada rahang yang sesuai.
4. Menggeser slider hingga rahang menyentuh benda kerja.
5. Mengunci posisi slider bila diperlukan.
6. Membaca hasil pengukuran pada skala utama dan skala nonius.

4.7 Teknik Pengukuran dengan Vernier Caliper

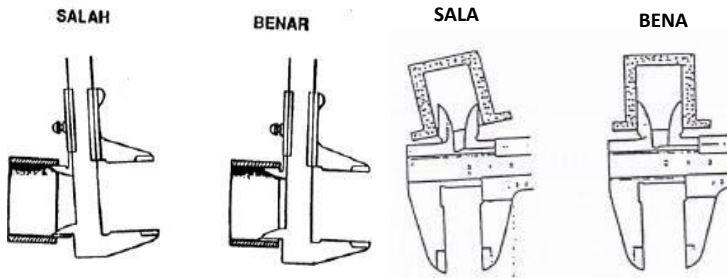
Vernier caliper dapat digunakan untuk tiga jenis pengukuran utama, yaitu pengukuran diameter luar, diameter dalam, dan kedalaman.

- Pengukuran diameter luar dilakukan dengan rahang luar, dengan memastikan benda kerja berada tegak lurus terhadap rahang.



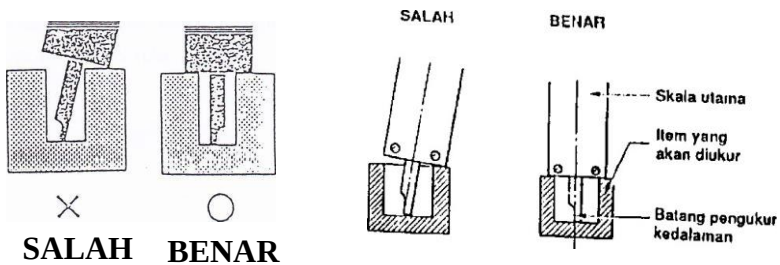
Gambar 27. Pengukuran diameter luar.

- Pengukuran diameter dalam dilakukan dengan rahang dalam, dengan memastikan rahang menyentuh dinding lubang secara simetris.



Gambar 28. Pengukuran diameter dalam.

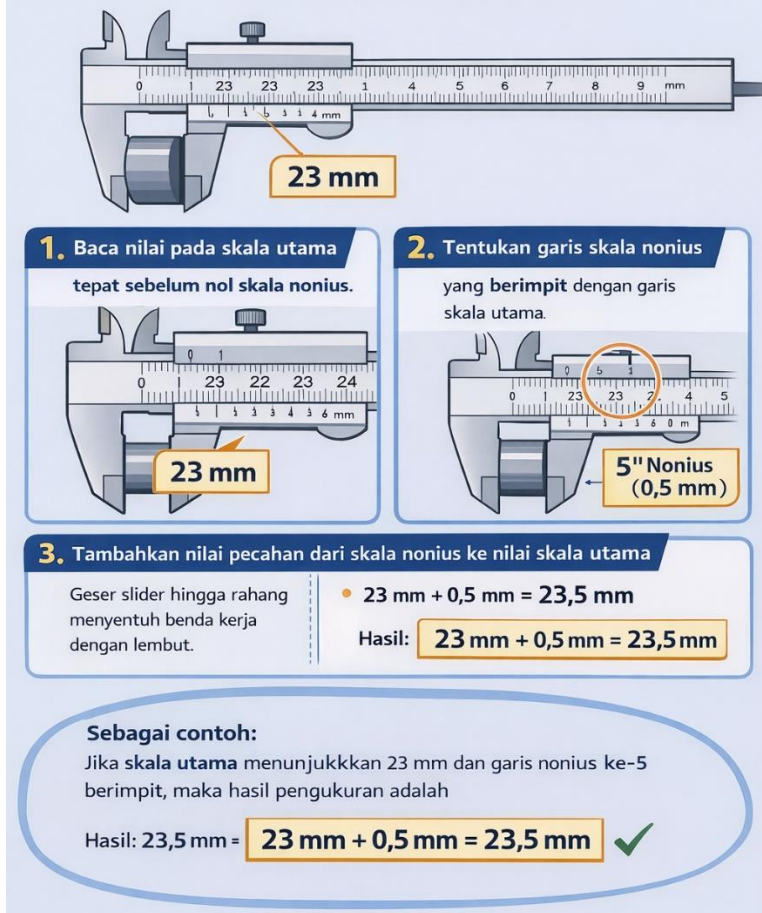
- Pengukuran kedalaman dilakukan dengan batang kedalaman, dengan memastikan permukaan referensi rata dan stabil.



Gambar 29. Pengukuran kedalaman.

4.8 Cara Pembacaan Skala Vernier Caliper

Pembacaan vernier caliper **dilakukan** dengan langkah-langkah berikut:



Gambar 30. Cara pembacaan vernier caliper.

Pembacaan vernier caliper dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Membaca nilai pada skala utama tepat sebelum nol skala nonius.

2. Menentukan garis pada skala nonius yang berimpit dengan garis skala utama.
3. Menambahkan nilai pecahan dari skala nonius ke nilai skala utama.

Sebagai contoh, jika skala utama menunjukkan 23 mm dan garis nonius ke-5 berimpit, maka hasil pengukuran adalah 23,5 mm.

4.9 Kesalahan Umum dalam Penggunaan Vernier Caliper

Beberapa kesalahan yang sering terjadi dalam penggunaan *vernier caliper* meliputi penempatan benda kerja yang tidak sejajar dengan rahang ukur, sehingga hasil pengukuran menjadi menyimpang dari dimensi sebenarnya. Posisi benda yang miring dapat menyebabkan jarak yang terbaca lebih besar atau lebih kecil dari ukuran riil, terutama pada pengukuran diameter luar dan diameter dalam. Oleh karena itu, kesejajaran antara benda kerja dan rahang ukur merupakan faktor penting yang harus diperhatikan.

Selain itu, tekanan ukur yang tidak seragam saat menjepit benda kerja juga menjadi sumber kesalahan pengukuran. Tekanan yang terlalu besar dapat menyebabkan deformasi ringan pada benda kerja atau rahang ukur, sedangkan tekanan yang terlalu kecil membuat posisi benda tidak stabil. Kondisi ini dapat mengurangi konsistensi hasil pengukuran, terutama ketika dilakukan pengulangan pengukuran pada objek yang sama.

Kesalahan lain yang sering terjadi adalah ketidakteelitian dalam membaca skala utama dan skala nonius. Kesalahan membaca garis yang berimpit atau kurang memahami nilai

ketelitian skala dapat menghasilkan data ukur yang tidak akurat.

4.10 Perawatan dan Penyimpanan Vernier Caliper

Perawatan *vernier caliper* perlu dilakukan secara rutin untuk menjaga kinerja dan keakuratan alat ukur. Setelah digunakan, jangka sorong harus dibersihkan dari debu, serpihan logam, atau sisa oli yang menempel pada rahang dan permukaan skala. Selain itu, bagian geser perlu diberi pelumasan ringan secara berkala agar pergerakannya tetap halus dan tidak mengalami keausan akibat gesekan berlebihan.

Penyimpanan *vernier caliper* juga harus diperhatikan dengan menempatkannya di dalam kotak pelindung pada kondisi kering dan aman, serta terhindar dari benturan dan kelembapan tinggi.

4.11 Peran Vernier Caliper dalam Industri

Dalam industri manufaktur, *vernier caliper* berperan penting dalam kegiatan inspeksi dimensi, pemeriksaan awal produk, serta pengendalian kualitas pada berbagai tahapan proses produksi. Alat ukur ini digunakan untuk memastikan bahwa dimensi komponen yang dihasilkan telah sesuai dengan spesifikasi desain dan toleransi yang ditetapkan. Kemampuannya dalam mengukur diameter luar, diameter dalam, serta kedalaman menjadikan *vernier caliper* sebagai alat yang sangat fleksibel dan efisien untuk kebutuhan inspeksi di lingkungan industri.

BAB V

RULLER (MISTAR)

5.1 Pendahuluan Ruller

Ruler atau mistar merupakan alat ukur paling dasar dan menjadi instrumen pertama yang diperkenalkan dalam pembelajaran teknik mesin. Meskipun tergolong sederhana jika dibandingkan dengan alat ukur presisi seperti *micrometer* atau *vernier caliper*, keberadaan ruler memiliki peran yang sangat fundamental. Alat ini digunakan secara luas dalam pengukuran awal, pengecekan cepat dimensi, serta sebagai alat bantu dalam berbagai aktivitas kerja di bengkel dan laboratorium teknik mesin.

Dalam praktik rekayasa mekanik, ruler banyak dimanfaatkan untuk mengukur panjang, lebar, dan tinggi suatu benda kerja. Selain itu, ruler juga berfungsi sebagai alat bantu penandaan (*marking*) untuk menentukan garis potong, titik pengeboran, atau batas pemesinan sebelum proses manufaktur dilakukan. Penggunaan ruler pada tahap awal pekerjaan sangat penting karena kesalahan pengukuran awal dapat berdampak pada ketidaksesuaian dimensi pada tahap proses berikutnya.



Gambar 31. Mistar ukur.

Dari sisi pendidikan, pembelajaran penggunaan ruler tidak hanya bertujuan agar mahasiswa mampu mengukur panjang suatu benda, tetapi juga untuk menanamkan pemahaman dasar mengenai satuan ukur, sistem pengukuran, serta konsep ketelitian dan ketidakpastian pengukuran. Melalui penggunaan alat ukur sederhana ini, mahasiswa diperkenalkan pada keterbatasan akurasi alat ukur dan pentingnya memilih alat yang sesuai dengan kebutuhan pengukuran.

Ruler atau mistar umumnya digunakan untuk mengukur dimensi dengan ketelitian tingkat dasar, biasanya dalam satuan milimeter, sentimeter, atau inci. Ketelitian ruler relatif terbatas dibandingkan alat ukur presisi, namun sudah mencukupi untuk pengukuran kasar dan estimasi awal. Oleh karena itu, ruler sering digunakan sebagai alat ukur pendahuluan sebelum pengukuran lanjutan dilakukan dengan alat yang memiliki ketelitian lebih tinggi.

Berdasarkan bahan pembuatannya, ruler dapat terbuat dari plastik, mika, kayu, maupun logam seperti baja atau *stainless steel*. Ruler berbahan logam umumnya lebih tahan terhadap keausan dan perubahan bentuk, sehingga banyak digunakan di lingkungan bengkel. Selain itu, terdapat pula ruler berbentuk pita ukur dan ruler lipat yang dirancang untuk keperluan pengukuran tertentu dan kemudahan penyimpanan.

Dari segi bentuk, ruler tersedia dalam berbagai variasi, seperti mistar lurus, penggaris segitiga, dan penggaris busur. Penggaris segitiga, misalnya segitiga siku-siku sama kaki atau segitiga siku-siku 30° – 60° , banyak digunakan sebagai alat bantu gambar dan pengecekan sudut. Dengan beragam fungsi dan bentuk tersebut, ruler tetap menjadi alat ukur yang esensial

dalam dunia teknik mesin dan tidak dapat ditinggalkan meskipun perkembangan teknologi pengukuran semakin maju.

5.2 Sejarah dan Perkembangan Ruller sebagai Alat Ukur

Penggunaan penggaris atau ruller sebagai alat ukur dapat ditelusuri hingga peradaban kuno. Salah satu bukti awal keberadaan alat ukur linier ditemukan pada peradaban Lembah Indus, sekitar tahun 1500 SM. Artefak berupa penggaris yang terbuat dari gading ditemukan dalam proses penggalian arkeologis dan menunjukkan adanya sistem pembagian ukuran yang relatif teratur, bahkan telah mengindikasikan penerapan konsep desimal. Beberapa temuan lain di kawasan Lothal menunjukkan bahwa penggunaan alat ukur serupa kemungkinan telah ada sejak sekitar 2400 SM, menandakan bahwa kebutuhan akan pengukuran panjang telah dikenal sejak masa awal peradaban manusia.

Sejarah ruller sebagai alat ukur tidak dapat dipisahkan dari perkembangan konsep panjang dan jarak dalam kehidupan manusia. Pada tahap awal peradaban, satuan panjang bersifat tidak baku dan umumnya didasarkan pada anggota tubuh manusia, seperti jengkal, hasta, depa, atau langkah. Meskipun praktis, satuan-satuan tersebut memiliki keterbatasan karena sangat bergantung pada individu yang menggunakannya, sehingga menghasilkan ketidakkonsistenan dalam pengukuran.

Seiring berkembangnya aktivitas perdagangan, konstruksi, dan rekayasa, muncul kebutuhan akan standar ukuran yang lebih seragam dan dapat diterapkan secara luas. Kebutuhan inilah yang mendorong lahirnya alat ukur linier yang lebih sistematis, termasuk ruller dengan skala tetap. Dengan adanya standar ukuran, proses perencanaan,

pembuatan, dan pertukaran barang dapat dilakukan secara lebih akurat dan adil.

Dalam literatur lain disebutkan bahwa perkembangan penting dalam sejarah alat ukur linier terjadi di Eropa pada abad ke-17. Seorang ilmuwan asal Inggris, John Napier, dikenal berkontribusi dalam pengembangan alat bantu hitung dan pengukuran, termasuk konsep penggaris geser (*slide rule*) yang mulai dikenal sekitar tahun 1632. Meskipun berbeda fungsi dengan ruller konvensional, penggaris geser menunjukkan bagaimana alat ukur linier terus berevolusi mengikuti kebutuhan ilmiah dan teknis pada masanya.

Ruller modern berkembang pesat seiring dengan diberlakukannya sistem metrik dan sistem imperial sebagai standar pengukuran internasional. Dalam dunia teknik mesin, ruller dirancang dengan skala yang dicetak atau diukir secara presisi dalam satuan milimeter, sentimeter, dan inci. Selain itu, ruller diproduksi dari berbagai material seperti kayu, plastik, aluminium, dan baja tahan karat, yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan di lingkungan pendidikan, bengkel, maupun industri.

Meskipun sering dianggap sebagai alat ukur yang sederhana, ruller tetap memiliki relevansi yang tinggi hingga saat ini. Kemudahan penggunaan, kecepatan dalam melakukan pengukuran awal, serta fleksibilitas penerapannya menjadikan ruller sebagai alat yang tidak tergantikan dalam banyak situasi kerja. Oleh karena itu, ruller tetap dipertahankan sebagai alat ukur dasar dalam pembelajaran teknik mesin, sekaligus sebagai fondasi untuk memahami penggunaan alat ukur presisi yang lebih lanjut.

5.3 Prinsip Pengukuran Menggunakan Ruller



Gambar 32. Ilustasi prinsip pengukuran menggunakan ruller.

Prinsip pengukuran menggunakan ruller didasarkan pada pembacaan skala linier yang tercetak sepanjang badan alat ukur. Skala tersebut merepresentasikan satuan panjang tertentu yang telah distandardisasi, umumnya dalam satuan milimeter dan sentimeter untuk sistem metrik, serta inci untuk sistem

imperial. Keberadaan skala linier ini memungkinkan pengguna untuk melakukan pengukuran secara langsung dengan cara membandingkan panjang benda kerja terhadap skala yang tersedia pada ruller.

Dalam proses pengukuran, ujung nol pada ruller harus diletakkan sejajar dan tepat pada salah satu ujung benda kerja yang akan diukur. Selanjutnya, nilai panjang benda dibaca pada posisi ujung lainnya dengan mengacu pada garis skala yang berimpit dengan tepi benda tersebut. Ketelitian hasil pengukuran sangat dipengaruhi oleh resolusi skala ruller, yang umumnya berkisar antara 0,5 mm hingga 1 mm, serta kejelasan cetakan atau ukiran skala pada permukaan ruller.

Selain resolusi skala, faktor sudut pandang pengguna saat membaca hasil pengukuran juga memiliki pengaruh yang signifikan. Kesalahan paralaks dapat terjadi apabila mata tidak berada pada posisi tegak lurus terhadap skala, sehingga nilai yang terbaca menjadi lebih besar atau lebih kecil dari ukuran sebenarnya. Oleh karena itu, pengguna harus memastikan posisi mata sejajar dengan garis skala untuk memperoleh hasil pengukuran yang lebih akurat.

Berbeda dengan alat ukur presisi seperti micrometer atau vernier caliper, ruller tidak dilengkapi dengan mekanisme pengunci atau pengatur tekanan. Kondisi ini menyebabkan hasil pengukuran sangat bergantung pada kestabilan posisi ruller dan benda kerja selama proses pengukuran berlangsung. Apabila ruller tidak ditempelkan secara rata atau benda kerja bergeser, maka nilai yang diperoleh dapat menyimpang dari ukuran yang sesungguhnya.

Dengan mempertimbangkan keterbatasan tersebut, pemahaman terhadap prinsip dasar pengukuran menggunakan

ruller menjadi sangat penting, khususnya bagi mahasiswa teknik mesin. Penguasaan prinsip ini tidak hanya membantu dalam memperoleh hasil pengukuran yang lebih teliti, tetapi juga membentuk dasar pemahaman terhadap konsep ketelitian, kesalahan pengukuran, serta keterbatasan alat ukur sederhana sebagai bekal untuk mempelajari alat ukur presisi pada tahap pembelajaran selanjutnya.

5.4 Bagian-bagian Ruller dan Fungsinya

Ruller memiliki konstruksi yang relatif sederhana, namun setiap bagiannya memiliki fungsi tertentu yang mendukung proses pengukuran.

- 1. Badan Ruller**

Merupakan bagian utama yang memuat skala pengukuran. Badan ruller biasanya terbuat dari baja tahan karat atau paduan logam lainnya.

- 2. Skala Ukur**

Skala ukur menunjukkan satuan panjang yang tercetak atau terukir pada badan ruller. Skala ini dapat berupa sistem metrik, sistem imperial, atau kombinasi keduanya.

- 3. Tepi Ruller**

Tepi ruller digunakan sebagai garis referensi lurus, baik untuk pengukuran maupun penandaan pada benda kerja.

- 4. Lubang Gantung**

Beberapa ruller dilengkapi lubang gantung untuk memudahkan penyimpanan.



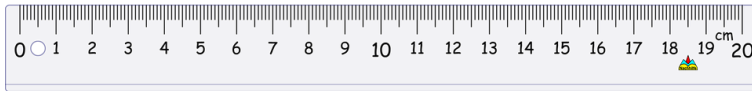
Gambar 33. Bagian-bagian ruller dan fungsinya.

5.5 Jenis-jenis Ruller dalam Teknik Mesin

Berdasarkan bentuk dan penggunaannya, ruller dapat dibedakan menjadi beberapa jenis utama.

5.5.1 Straight Ruller

Straight ruller merupakan jenis ruller yang paling umum digunakan. Ruller ini berbentuk lurus dan kaku, biasanya terbuat dari baja tahan karat. Straight ruller banyak digunakan untuk pengukuran panjang dan sebagai alat bantu penandaan pada benda kerja.



Gambar 34. Straight ruler.

5.5.2 Flexible Steel Tape Ruller

Flexible steel tape ruller berbentuk gulungan dan terbuat dari baja tipis yang lentur. Jenis ini digunakan untuk mengukur panjang, tinggi, atau keliling benda dengan bentuk tidak beraturan.



Gambar 35. Flexible steel tape ruller.

5.5.3 Folding Ruller

Folding ruller terdiri dari beberapa segmen yang dapat dilipat. Ruller jenis ini praktis dibawa dan sering digunakan dalam pekerjaan lapangan.



Gambar 36. Folding ruler.

5.6 Teknik Penggunaan Ruller yang Benar

Penggunaan ruller harus dilakukan dengan teknik yang benar agar hasil pengukuran mendekati nilai sebenarnya.

Langkah-langkah penggunaan ruller antara lain:

1. Membersihkan permukaan benda kerja dan ruller.
2. Menempatkan ruller sejajar dengan benda kerja.
3. Memastikan ujung nol ruller tepat pada titik awal pengukuran.
4. Membaca skala dengan posisi mata tegak lurus terhadap skala.

Teknik yang benar akan meminimalkan kesalahan pengukuran dan meningkatkan akurasi hasil.

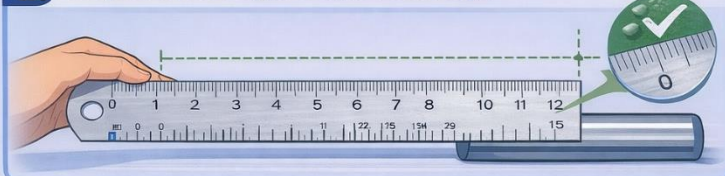
Penggunaan ruller harus dilakukan dengan teknik yang benar agar hasil pengukuran mendekati nilai sebenarnya.

Langkah-langkah penggunaan ruller antara lain:

1. Bersihkan permukaan benda kerja dan ruller.



2. Tempatkan ruller sejajar dengan benda kerja.



3. Pastikan ujung nol ruller tepat pada titik awal pengukuran.



4. Baca skala dengan posisi mata tegak lurus terhadap skala.



Teknik yang benar akan meminimalkan kesalahan pengukuran dan meningkatkan akurasi hasil.

Gambar 37. Teknik penggunaan ruller yang benar.

5.7 Kesalahan Umum dalam Pengukuran Menggunakan Ruller

Kesalahan yang sering terjadi dalam penggunaan ruller antara lain adalah kesalahan paralaks, yaitu kesalahan

pembacaan akibat posisi mata yang tidak tegak lurus terhadap skala ukur. Ketika mata melihat skala dari sudut miring, nilai yang terbaca dapat lebih besar atau lebih kecil dari ukuran sebenarnya. Kesalahan ini umum terjadi pada pengukuran sederhana dan sering diabaikan, padahal dapat memengaruhi ketelitian hasil secara signifikan.

Selain itu, posisi ruller yang tidak sejajar dengan benda kerja juga menjadi sumber kesalahan pengukuran. Ruller yang dipasang miring atau tidak menempel rata pada permukaan benda akan menghasilkan nilai panjang yang tidak akurat. Kondisi ini sering terjadi saat pengukuran dilakukan secara terburu-buru atau pada permukaan benda yang tidak rata, sehingga garis referensi ruller tidak sejajar dengan arah dimensi yang diukur.

Kesalahan lainnya berasal dari kondisi ruller itu sendiri, seperti tepi yang sudah aus, skala yang pudar, atau badan ruller yang bengkok akibat benturan. Ruller yang rusak atau tidak terkalibrasi dengan baik akan menghasilkan pembacaan yang menyimpang dari nilai sebenarnya. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil pengukuran yang mendekati nilai aktual, pengguna perlu memperhatikan teknik pembacaan yang benar, memastikan posisi ruller sejajar, serta menggunakan ruller yang masih dalam kondisi baik dan layak pakai.

5.8 Perawatan dan Penyimpanan Ruller

Perawatan ruller perlu dilakukan secara rutin agar alat ukur ini tetap berfungsi dengan baik dan memberikan hasil pengukuran yang akurat. Salah satu langkah utama dalam perawatan ruller adalah membersihkannya setelah digunakan. Debu, kotoran, atau sisa minyak pada permukaan ruller dapat

menutupi skala ukur dan mengganggu proses pembacaan, sehingga pembersihan menggunakan kain kering atau sedikit lembap menjadi sangat dianjurkan.

Selain pembersihan, ruller harus disimpan di tempat yang kering dan aman. Penyimpanan di lingkungan yang lembap dapat mempercepat terjadinya korosi, terutama pada ruller yang terbuat dari logam. Untuk mencegah karat, ruller logam sebaiknya dilapisi dengan minyak tipis secara berkala. Lapisan ini berfungsi sebagai pelindung permukaan tanpa mengganggu kejelasan skala pengukuran.

Pemeriksaan kondisi ruller juga perlu dilakukan secara berkala, khususnya pada kejelasan skala dan kelurusan badan ruller. Skala yang mulai pudar atau badan ruller yang bengkok dapat menyebabkan kesalahan pengukuran. Dengan perawatan dan penyimpanan yang baik, umur pakai ruller dapat diperpanjang dan ketelitian skala tetap terjaga, sehingga ruller selalu siap digunakan untuk kegiatan pengukuran sehari-hari.

5.9 Peran Ruller dalam Pendidikan dan Industri

Dalam pendidikan teknik mesin, ruller memiliki peran penting sebagai alat pembelajaran dasar untuk memperkenalkan konsep panjang, satuan ukur, serta tingkat ketelitian pengukuran. Melalui penggunaan ruller, mahasiswa dilatih untuk memahami cara membaca skala, mengenali batas ketelitian alat ukur sederhana, serta menyadari adanya potensi kesalahan pengukuran. Pemahaman dasar ini sangat penting sebagai bekal awal sebelum mahasiswa mempelajari dan menggunakan alat ukur presisi seperti vernier caliper dan micrometer.

Penguasaan penggunaan ruller juga membantu mahasiswa membangun sikap teliti dan disiplin dalam melakukan pengukuran. Meskipun sederhana, penggunaan ruller yang benar menuntut ketepatan posisi, kehati-hatian dalam membaca skala, serta kesadaran akan keterbatasan alat. Dengan demikian, ruller menjadi fondasi penting dalam membentuk keterampilan pengukuran yang baik dan bertanggung jawab dalam praktik teknik mesin.

Dalam dunia industri, ruller banyak dimanfaatkan untuk pengukuran kasar, pengecekan awal dimensi benda kerja, serta sebagai alat bantu dalam proses penandaan dan persiapan kerja. Ruller sangat efektif digunakan pada tahap awal sebelum dilakukan pengukuran lanjutan dengan alat yang lebih presisi. Dengan memahami keunggulan dan keterbatasannya, pengguna dapat memanfaatkan ruller secara optimal sesuai kebutuhan, sehingga proses kerja menjadi lebih efisien dan tepat guna.

BAB VI

DIAL INDICATOR

6.1 Pendahuluan Dial Indicator

Dial indicator merupakan salah satu alat ukur presisi yang memiliki peran sangat penting dalam bidang teknik mesin. Alat ini digunakan untuk mengukur penyimpangan posisi, kerataan, kebulatan, kesejajaran, serta gerakan linier yang sangat kecil pada suatu komponen. Berbeda dengan alat ukur linier seperti mistar, jangka sorong, atau micrometer yang mengukur dimensi secara langsung, dial indicator lebih difokuskan pada pengukuran deviasi atau perubahan posisi relatif terhadap suatu referensi.

Prinsip kerja dial indicator didasarkan pada mekanisme pembesaran mekanis. Perpindahan linier yang sangat kecil pada ujung pengukur atau spindle akan diteruskan melalui sistem roda gigi dan pegas, kemudian diubah menjadi pergerakan jarum penunjuk pada skala dial. Dengan mekanisme ini, perubahan posisi dalam orde mikrometer dapat ditampilkan secara jelas dan mudah dibaca oleh pengguna, sehingga meningkatkan sensitivitas dan ketelitian pengukuran.

Dalam praktik bengkel dan industri manufaktur, dial indicator banyak digunakan pada proses penyetelan mesin, seperti penyelarasan poros, pemeriksaan run-out poros atau roda, serta pengecekan kerataan permukaan meja mesin. Selain itu, alat ini juga digunakan dalam inspeksi kualitas untuk memastikan bahwa komponen yang diproduksi memenuhi toleransi geometrik yang telah ditetapkan dalam gambar teknik atau standar industri.



Gambar 38. Dial indicator.

Keberadaan dial indicator memungkinkan teknisi atau operator mendeteksi penyimpangan yang sangat kecil, bahkan hanya beberapa mikrometer, yang sering kali tidak terlihat secara kasat mata. Penyimpangan kecil tersebut, apabila diabaikan, dapat berdampak besar terhadap kinerja mesin, mempercepat keausan komponen, menurunkan kualitas produk, bahkan menimbulkan risiko keselamatan. Oleh karena itu, penggunaan dial indicator menjadi bagian penting dalam upaya menjaga keandalan dan presisi sistem mekanik.

Bagi mahasiswa Teknik Mesin, pemahaman mengenai dial indicator mencakup tidak hanya cara membaca skala, tetapi juga pemahaman prinsip kerja, teknik pemasangan, serta interpretasi hasil pengukuran. Kesalahan dalam pemasangan atau pembacaan dial indicator dapat menyebabkan kesimpulan yang keliru terhadap kondisi suatu komponen. Dengan latihan yang cukup, mahasiswa diharapkan mampu menggunakan dial

indicator secara tepat dan bertanggung jawab dalam berbagai aplikasi teknik.

Bab ini disusun untuk memberikan pembahasan yang komprehensif mengenai dial indicator sebagai alat ukur presisi. Materi disajikan secara sistematis mulai dari konsep dasar, bagian-bagian dial indicator, jenis-jenisnya, hingga contoh aplikasi praktis dalam dunia pendidikan dan industri. Melalui pembahasan ini, mahasiswa diharapkan mampu memahami dial indicator tidak hanya sebagai alat bantu pengukuran, tetapi juga sebagai instrumen penting dalam pengendalian kualitas dan rekayasa presisi.

6.2 Konsep Dasar Pengukuran Penyimpangan

Berbeda dengan alat ukur linier yang digunakan untuk menentukan dimensi absolut suatu benda, dial indicator pada umumnya dimanfaatkan untuk mengukur penyimpangan relatif terhadap titik atau bidang acuan tertentu. Penyimpangan yang diukur dapat berupa perbedaan ketinggian permukaan, ketidaksejajaran poros, ketidakrataan bidang, maupun *run-out* pada komponen yang berputar. Dengan konsep pengukuran relatif ini, dial indicator mampu memberikan informasi detail mengenai kondisi geometrik suatu komponen tanpa harus mengukur dimensi fisiknya secara langsung.

Pendekatan pengukuran relatif menjadikan dial indicator sangat efektif dalam evaluasi kualitas geometrik dan ketelitian perakitan. Alat ini memungkinkan pengguna untuk membandingkan posisi aktual suatu komponen terhadap kondisi ideal atau referensi yang telah ditentukan. Hasil pengukuran berupa deviasi atau selisih posisi inilah yang menjadi dasar penilaian apakah suatu komponen masih berada

dalam batas toleransi yang diizinkan atau memerlukan penyetelan lebih lanjut.

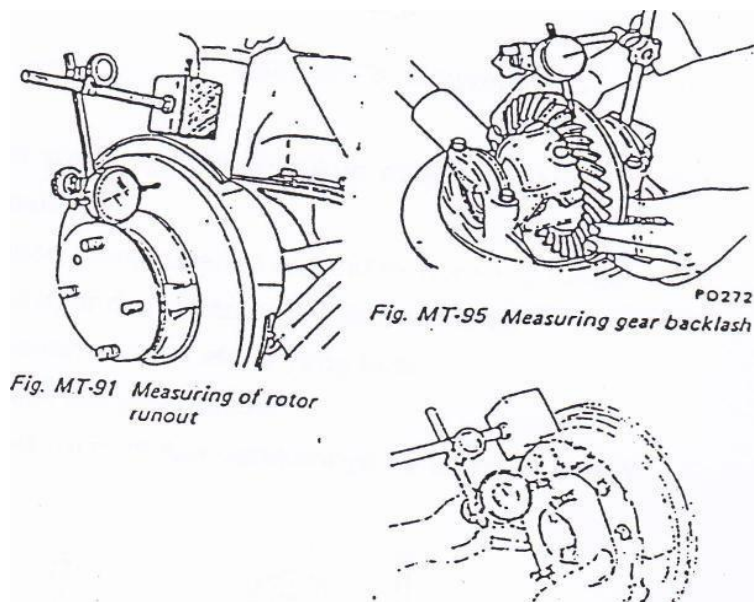
Dalam bidang teknik mesin, penyimpangan geometrik sekecil apa pun dapat berdampak signifikan terhadap performa dan keandalan sistem mekanik. Sebagai contoh, poros yang tidak sejajar dapat menimbulkan getaran berlebih, meningkatkan keausan bantalan, serta menurunkan umur pakai mesin. Demikian pula, permukaan yang tidak rata dapat menyebabkan kesalahan perakitan dan menurunkan presisi kerja. Melalui penggunaan dial indicator, penyimpangan tersebut dapat dideteksi secara dini sehingga tindakan korektif dapat dilakukan sebelum berkembang menjadi kerusakan yang lebih serius.

6.3 Pengertian dan Prinsip Kerja Dial Indicator

Dial indicator merupakan alat ukur mekanik yang digunakan untuk mengukur perpindahan linier yang sangat kecil dengan tingkat ketelitian tinggi. Alat ini banyak dimanfaatkan dalam bidang teknik mesin untuk mendeteksi penyimpangan posisi, ketidakrataan, dan perubahan dimensi relatif yang tidak dapat diukur secara akurat dengan alat ukur linier konvensional. Keunggulan utama dial indicator terletak pada kemampuannya menampilkan perubahan kecil secara visual melalui pergerakan jarum pada skala dial.

Prinsip kerja dial indicator didasarkan pada mekanisme pembesaran mekanis yang memanfaatkan sistem roda gigi dan pegas. Gerakan linier kecil yang terjadi pada spindle akan diperbesar melalui rangkaian roda gigi sehingga menghasilkan pergerakan sudut yang signifikan pada jarum penunjuk. Dengan

mekanisme ini, perpindahan dalam orde mikrometer dapat diamati dengan jelas oleh pengguna.



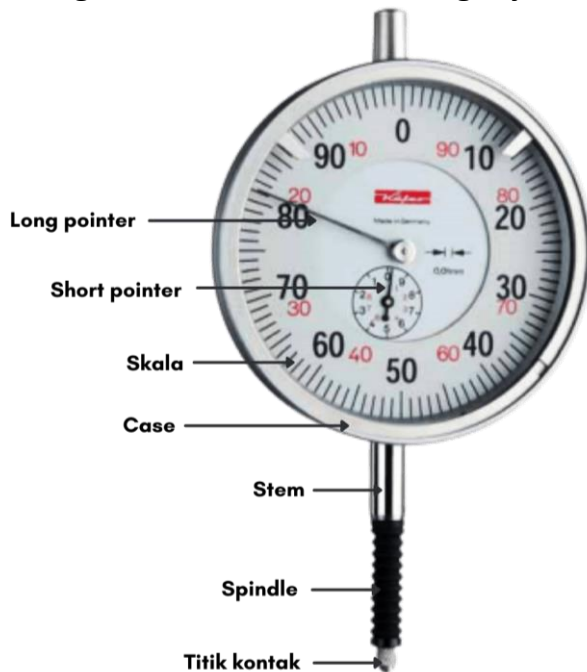
Gambar 39. Pemakaian dial indicator.

Ketika ujung spindle bersentuhan dengan permukaan benda kerja dan mengalami perpindahan akibat perubahan posisi atau bentuk permukaan, gerakan tersebut diteruskan secara langsung ke sistem roda gigi internal. Roda gigi kemudian menggerakkan jarum penunjuk pada dial sesuai dengan besar perpindahan yang terjadi. Setiap perubahan posisi spindle akan tercermin secara proporsional pada skala dial, sehingga pengguna dapat memantau perubahan secara kontinu.

Skala pada dial indicator umumnya dinyatakan dalam satuan milimeter atau inci, dengan tingkat ketelitian yang umum sebesar 0,01 mm, dan pada jenis tertentu bahkan

mencapai ketelitian yang lebih tinggi. Selain jarum utama, beberapa dial indicator dilengkapi dengan jarum kecil tambahan yang berfungsi sebagai penghitung jumlah putaran jarum utama. Fitur ini membantu pengguna dalam membaca perpindahan yang lebih besar tanpa kehilangan ketelitian, serta memudahkan interpretasi hasil pengukuran secara menyeluruh.

6.4 Bagian-bagian Dial Indicator dan Fungsinya



Gambar 40. Bagian-bagian dial indicator.

Dial indicator terdiri dari beberapa bagian utama yang masing-masing memiliki fungsi penting dalam proses pengukuran, antara lain:

1. Case (Badan Dial Indicator)

Case merupakan bagian terluar dari dial indicator yang berfungsi sebagai pelindung seluruh komponen internal alat ukur. Bagian ini umumnya terbuat dari logam atau plastik berkualitas tinggi yang dirancang untuk melindungi mekanisme roda gigi, pegas, serta sistem transmisi gerak dari debu, benturan, dan pengaruh lingkungan luar. Selain sebagai pelindung, case juga berperan menjaga kestabilan struktur alat agar dial indicator tetap presisi selama digunakan.

2. Long Pointer (Jarum Penunjuk Utama)

Long pointer berfungsi untuk menunjukkan nilai hasil pengukuran pada skala utama dial. Jarum ini akan bergerak sebanding dengan perpindahan linier spindle akibat kontak dengan benda kerja. Umumnya, satu putaran penuh long pointer mewakili perpindahan tertentu, misalnya 1 mm, yang dibagi menjadi sejumlah garis skala (misalnya 100 divisi). Oleh karena itu, long pointer menjadi komponen utama dalam pembacaan hasil pengukuran dial indicator.

3. Short Pointer (Jarum Penghitung Putaran)

Short pointer berfungsi sebagai penunjuk jumlah putaran yang dilakukan oleh long pointer. Setiap kali long pointer menyelesaikan satu putaran penuh, short pointer akan bergeser satu langkah atau satu strip pada skala penghitung. Dengan adanya jarum ini, pengguna dapat mengetahui total perpindahan spindle secara kumulatif, terutama pada pengukuran dengan rentang perpindahan yang lebih besar dari satu putaran jarum utama.

4. Skala (Dial Scale)

Skala merupakan bagian yang menampilkan angka dan garis pembagian sebagai acuan pembacaan hasil pengukuran. Skala

pada dial indicator biasanya dinyatakan dalam satuan milimeter atau inci, dengan ketelitian tertentu, seperti 0,01 mm. Skala ini dirancang secara melingkar dan dikombinasikan dengan jarum penunjuk untuk memudahkan pengguna membaca perubahan kecil pada posisi benda kerja secara visual dan akurat.

5. Stem (Batang Penyangga)

Stem berfungsi sebagai jalur tempat spindle bergerak naik dan turun secara linier. Selain itu, stem juga berperan sebagai bagian pemasangan dial indicator pada alat bantu, seperti magnetic stand atau holder. Dengan adanya stem, dial indicator dapat diposisikan secara stabil dan sejajar dengan arah pengukuran, sehingga meningkatkan akurasi dan konsistensi hasil ukur.

6. Spindle (Ujung Ukur / Plunger)

Spindle merupakan bagian yang bergerak naik dan turun akibat kontak langsung dengan benda kerja. Gerakan linier spindle ini menjadi input utama yang kemudian diteruskan ke mekanisme internal dial indicator. Melalui sistem roda gigi, perpindahan kecil spindle akan diubah menjadi pergerakan jarum penunjuk pada skala dial, sehingga perubahan posisi sekecil apa pun dapat terdeteksi dengan jelas.

7. Titik Kontak (Contact Point)

Titik kontak adalah bagian ujung spindle yang bersentuhan langsung dengan permukaan benda kerja. Bagian ini dirancang dengan bentuk dan material tertentu agar kontak yang terjadi stabil, tidak merusak permukaan benda, dan mampu mengikuti kontur permukaan dengan baik. Keakuratan pengukuran dial indicator sangat bergantung pada kualitas kontak antara titik kontak dan benda kerja.

6.5 Jenis-jenis Dial Indicator

Dial indicator dapat diklasifikasikan berdasarkan konstruksi dan fungsinya, antara lain:

6.5.1 Plunger Type Dial Indicator

Jenis ini merupakan dial indicator yang paling umum digunakan. Spindle bergerak secara linier masuk dan keluar dari body alat. Plunger type dial indicator banyak digunakan untuk mengukur run-out, kerataan, dan kesejajaran.



Gambar 41. Plunger type dial indicator.

6.5.2 Lever Type Dial Indicator

Lever type dial indicator menggunakan lengan kecil sebagai ujung pengukur. Jenis ini cocok digunakan untuk pengukuran pada area yang sulit dijangkau dan untuk mendeteksi penyimpangan yang sangat kecil.



Gambar 42. Lever type dial indicator.

6.5.3 Digital Dial Indicator

Digital dial indicator menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk angka digital. Jenis ini menawarkan kemudahan pembacaan dan sering digunakan pada lingkungan kerja modern.



Gambar 43. Digital dial indicator.

6.6 Alat Bantu Pemasangan Dial Indicator

Dalam praktik pengukuran, dial indicator hampir selalu digunakan bersama alat bantu pemasangan agar posisinya stabil dan tidak mengalami pergeseran selama proses pengukuran. Stabilitas ini sangat penting karena dial indicator bekerja pada skala perpindahan yang sangat kecil, sehingga sedikit saja perubahan posisi alat dapat menyebabkan kesalahan pembacaan. Oleh karena itu, penggunaan alat bantu pemasangan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari aplikasi dial indicator di bengkel maupun industri.

Alat bantu yang paling umum digunakan adalah magnetic stand. Magnet stand memungkinkan dial indicator dipasang dengan kuat pada permukaan logam melalui gaya magnet yang tinggi, sehingga mampu menahan getaran dan pergerakan yang tidak diinginkan. Selain itu, magnet stand dilengkapi dengan lengan yang dapat disetel secara fleksibel, sehingga posisi dial indicator dapat diatur dengan mudah sesuai dengan titik ukur dan arah pengukuran yang diinginkan.

Selain magnet stand, tersedia pula berbagai jenis holder dan fixture khusus yang dirancang untuk kebutuhan pengukuran tertentu, seperti pengukuran run-out poros, kesejajaran permukaan, atau inspeksi komponen dengan bentuk kompleks. Pemilihan alat bantu pemasangan yang tepat sangat berpengaruh terhadap akurasi, konsistensi, dan keandalan hasil pengukuran. Dengan kombinasi dial indicator dan alat bantu yang sesuai, proses inspeksi geometrik dapat dilakukan secara lebih efektif dan presisi.



Gambar 44. Berbagai macam alat bantu pemasangan dial indicator.

6.7 Prosedur Penggunaan Dial Indicator

Penggunaan dial indicator harus dilakukan secara sistematis dan berurutan agar hasil pengukuran yang diperoleh benar-benar akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam meminimalkan kesalahan pengukuran, baik yang disebabkan oleh kotoran, ketidaktepatan posisi alat, maupun kesalahan pembacaan skala. Oleh karena itu, pengguna perlu memahami dan mengikuti prosedur penggunaan dial indicator secara disiplin, terutama dalam kegiatan praktikum, inspeksi, dan pengendalian kualitas.

Langkah-langkah umum penggunaan dial indicator meliputi:

1. Tahap Persiapan

- ❖ Bersihkan permukaan benda kerja dari debu, minyak, atau kotoran yang dapat memengaruhi hasil pengukuran.
- ❖ Pastikan ujung spindle dial indicator dalam kondisi bersih dan bebas dari partikel asing.
- ❖ Pasang dial indicator padaudukan magnetik (magnetic base) dan tempatkan alat di posisi yang dekat serta mudah dijangkau dari benda kerja.

2. Pemasangan dan Penyetelan Awal

- ❖ Atur posisi dial indicator sehingga ujung spindle menyentuh permukaan benda kerja dengan arah tegak lurus.
- ❖ Tekan spindle secara ringan hingga terjadi kontak awal dengan permukaan benda kerja.
- ❖ Putar cincin luar (outer ring/bezel) untuk menyetel jarum penunjuk utama dan jarum penghitung putaran tepat pada posisi nol (0) sebagai titik acuan pengukuran.
- ❖ Kunci cincin luar agar posisi skala tidak berubah selama proses pengukuran berlangsung.

3. Proses Pengukuran

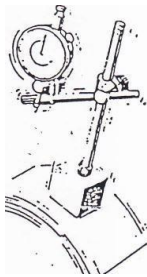
- ❖ Aktifkan sakelar magnet padaudukan magnetik untuk memastikan dial indicator terpasang dengan kuat dan stabil.
- ❖ Geser benda kerja atau dial indicator secara perlahan mengikuti arah pengukuran yang diinginkan, misalnya sepanjang permukaan untuk pemeriksaan kerataan.
- ❖ Amati pergerakan jarum penunjuk selama pengukuran berlangsung:

- Pergerakan jarum searah jarum jam menunjukkan adanya tonjolan atau permukaan yang lebih tinggi.
- Pergerakan jarum berlawanan arah jarum jam menunjukkan cekungan atau permukaan yang lebih rendah.
- ❖ Catat nilai simpangan maksimum dan minimum sebagai indikator tingkat ketidakrataan permukaan.

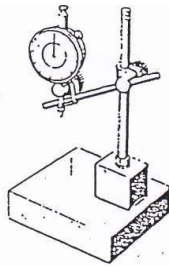
4. Pembacaan dan Interpretasi Hasil

- ❖ Jarum penunjuk utama menunjukkan nilai perpindahan dalam satuan terkecil sesuai ketelitian dial indicator, misalnya 0,01 mm.
- ❖ Jarum penghitung putaran menunjukkan jumlah putaran penuh yang telah dilakukan oleh jarum utama, di mana satu putaran umumnya setara dengan 1 mm.
- ❖ Nilai akhir pengukuran diperoleh dengan menjumlahkan nilai yang ditunjukkan oleh jarum utama dengan hasil perkalian jumlah putaran jarum penghitung dan skala revolusi.

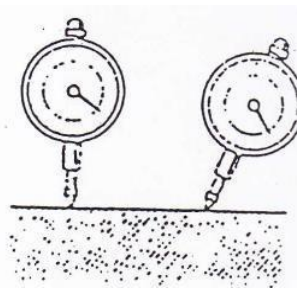
Tahap selanjutnya adalah menyetel skala nol dengan memutar bezel hingga jarum penunjuk berada tepat pada angka nol sebagai titik acuan pengukuran. Setelah itu, pengukuran dilakukan dengan menggerakkan benda kerja atau dial indicator sesuai dengan jenis penyimpangan yang akan diamati, seperti run-out, kerataan, atau kesejajaran. Terakhir, hasil pengukuran dibaca dan dicatat berdasarkan pergerakan jarum penunjuk dan jarum penghitung putaran. Dengan mengikuti prosedur ini secara konsisten, pengguna dapat memperoleh data pengukuran yang akurat, repeatable, dan sesuai dengan kebutuhan analisis teknik mesin.



SALAH



BENAR



BENAR

SALAH

Gambar 45. Pemakaian dial indicator

6.8 Teknik Pengukuran dengan Dial Indicator

Pengukuran dengan dial indicator dilakukan melalui pemasangan alat secara stabil pada dudukan magnetik, penyentuhan spindle ke permukaan benda kerja, penyetelan titik nol, serta pembacaan perubahan skala yang umumnya memiliki ketelitian 0,01 mm. Dial indicator digunakan untuk mengevaluasi kerataan permukaan, run-out (kebengkokan atau penyimpangan putar), dan kesejajaran komponen mesin.

1. Tahap Persiapan dan Pemasangan

❖ Pembersihan

- Bersihkan permukaan benda kerja dari oli, debu, dan kotoran lainnya.
- Pastikan ujung spindle dalam kondisi bersih agar kontak pengukuran optimal.

❖ Pemasangan Dudukan

- Pasang dial indicator pada magnetic stand secara kuat dan stabil.
- Letakkan magnetic stand pada permukaan logam yang rata dan kokoh.

❖ Penentuan Posisi

- Atur posisi spindle agar tegak lurus (90°) terhadap permukaan yang diukur.
- Posisi ini penting untuk menghindari kesalahan kosinus yang dapat menyebabkan hasil pengukuran tidak akurat.

2. Kalibrasi atau Penyetelan Titik Nol

- ❖ Sentuhkan ujung spindle ke permukaan benda kerja hingga jarum penunjuk utama bergerak sedikit, umumnya sekitar satu putaran.
- ❖ Putar bezel atau cincin luar dial hingga angka nol tepat sejajar dengan jarum penunjuk utama.
- ❖ Pastikan jarum penghitung putaran berada pada posisi yang jelas dan mudah diamati sebelum pengukuran dimulai.

3. Teknik Pelaksanaan Pengukuran

- ❖ Pengukuran Run-Out (Kebengkokan Poros)
 - Putar poros secara perlahan menggunakan tangan.
 - Amati pergerakan jarum untuk menemukan nilai maksimum dan minimum sebagai indikator penyimpangan putar.
- ❖ Pengukuran Kerataan Permukaan
 - Geser dial indicator atau benda kerja secara perlahan di sepanjang permukaan yang akan diperiksa.
 - Catat perubahan jarum sebagai indikasi adanya tonjolan atau cekungan.
- ❖ Pencegahan Kerusakan Alat
 - Hindari benturan atau tekanan mendadak pada spindle.
 - Perlakukan alat secara halus untuk menjaga keakuratan dan keawetan mekanisme internal.

4. Pembacaan dan Perhitungan Hasil

- ❖ Jarum Penunjuk Utama (Skala Besar)
 - Menunjukkan nilai perpindahan dengan ketelitian tertentu, biasanya 0,01 mm per garis skala.
- ❖ Jarum Penghitung Putaran (Skala Kecil)
 - Menunjukkan jumlah putaran penuh jarum utama, di mana setiap satu putaran umumnya setara dengan 1 mm.
- ❖ Perhitungan Nilai Ukur
 - Hasil pengukuran diperoleh dari penjumlahan nilai jarum utama dan jarum penghitung putaran, yaitu:
 - Rumus:
$$\text{Hasil Ukur} = (\text{Jumlah Putaran} \times 1 \text{ mm}) + (\text{Nilai Jarum Utama} \times 0,01 \text{ mm})$$
- ❖ TIR (Total Indicator Reading)
 - Merupakan selisih antara nilai maksimum dan minimum yang ditunjukkan jarum selama pengukuran.
 - Nilai TIR digunakan sebagai indikator tingkat ketidakteraturan atau penyimpangan geometrik.

5. Hal-hal Penting yang Perlu Diperhatikan

- ❖ Orientasi Spindle
 - Spindle harus selalu tegak lurus terhadap permukaan ukur agar hasil tidak tereduksi.
- ❖ Tekanan Kontak
 - Hindari menekan spindle secara berlebihan karena dapat merusak mekanisme internal.
- ❖ Perawatan Alat
 - Jauhkan dial indicator dari benturan keras dan simpan di tempat yang aman setelah digunakan.

6.9 Kesalahan Umum dalam Penggunaan Dial Indicator

Beberapa kesalahan yang sering terjadi dalam penggunaan dial indicator antara lain penyetelan nol yang kurang tepat, pemberian tekanan berlebih pada spindle, serta pemasangan alat yang tidak stabil padaudukan atau magnetic stand. Kesalahan penyetelan nol dapat menyebabkan seluruh hasil pengukuran mengalami bias, sedangkan tekanan spindle yang terlalu besar berpotensi merusak mekanisme internal sekaligus menghasilkan pembacaan yang tidak mencerminkan kondisi sebenarnya. Selain itu, posisi pemasangan yang tidak kokoh dapat menimbulkan getaran atau pergeseran selama proses pengukuran, sehingga data yang diperoleh menjadi tidak konsisten.

Kesalahan lain yang juga kerap dijumpai adalah kurangnya ketelitian dalam membaca dan menafsirkan hasil pengukuran. Pengguna sering kali hanya memperhatikan jarum penunjuk utama tanpa memperhitungkan jarum penghitung putaran, atau sebaliknya. Hal ini dapat menyebabkan kesalahan dalam menentukan nilai penyimpangan yang sebenarnya, terutama pada pengukuran dengan rentang yang lebih besar. Selain itu, ketidaktepatan dalam memahami arah pergerakan jarum apakah menunjukkan tonjolan atau cekungan juga dapat menimbulkan interpretasi yang keliru terhadap kondisi geometrik benda kerja.

Untuk meminimalkan berbagai kesalahan tersebut, diperlukan latihan yang berkesinambungan serta pemahaman yang baik terhadap prinsip kerja dial indicator. Pengguna harus membiasakan diri melakukan pemeriksaan awal, seperti pengecekan nol dan kestabilan pemasangan, sebelum memulai pengukuran. Dengan penguasaan teknik penggunaan yang

benar dan sikap kerja yang cermat, dial indicator dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai alat ukur presisi yang andal dalam kegiatan pendidikan maupun industri.

6.10 Kalibrasi dan Perawatan Dial Indicator

Kalibrasi dial indicator perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang diperoleh tetap akurat dan dapat dipercaya. Proses kalibrasi umumnya dilakukan dengan membandingkan pembacaan dial indicator terhadap standar panjang yang memiliki ketelitian tinggi, seperti gauge block atau master gauge. Melalui kalibrasi ini, penyimpangan pembacaan dapat dideteksi sejak dini sehingga koreksi atau penyesuaian dapat dilakukan sebelum alat digunakan dalam kegiatan pengukuran yang kritis, baik di laboratorium maupun di lingkungan industri.

Selain kalibrasi, perawatan rutin juga memegang peranan penting dalam menjaga kinerja dan umur pakai dial indicator. Perawatan meliputi pembersihan alat setelah digunakan untuk menghilangkan debu, kotoran, atau sisa oli yang dapat mengganggu mekanisme internal. Penyimpanan dial indicator di tempat yang kering, terlindung dari benturan, serta menggunakan kotak pelindung akan membantu mencegah kerusakan dan keausan dini. Dengan kalibrasi dan perawatan yang baik, dial indicator dapat berfungsi secara optimal dan memberikan hasil pengukuran yang konsisten dalam jangka panjang.

6.11 Aplikasi Dial Indicator dalam Industri Manufaktur

Dalam industri manufaktur, dial indicator digunakan secara luas pada berbagai tahap proses produksi, terutama

dalam penyetelan mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin frais, dan mesin gerinda. Alat ini dimanfaatkan untuk memastikan kesejajaran poros, kerataan meja mesin, serta ketepatan posisi komponen sebelum dan selama proses pemesinan berlangsung. Selain itu, dial indicator juga berperan penting dalam kegiatan inspeksi kualitas produk, misalnya untuk memeriksa run-out, kebulatan, dan kerataan permukaan komponen hasil produksi agar sesuai dengan toleransi yang telah ditetapkan.

Kemampuan dial indicator dalam mendeteksi penyimpangan yang sangat kecil, hingga orde mikrometer, menjadikannya alat ukur yang sangat berharga dalam sistem pengendalian kualitas. Dengan menggunakan dial indicator, potensi cacat produksi dapat diidentifikasi sejak dini sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan, baik melalui penyetelan ulang mesin maupun perbaikan proses. Hal ini tidak hanya meningkatkan konsistensi dan keandalan produk, tetapi juga membantu mengurangi tingkat pemborosan, meningkatkan efisiensi produksi, serta menjaga standar mutu dalam lingkungan industri manufaktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Holman, J. P., & Gajda, W. J. (1985). *Metode Pengukuran Teknik* (terjemahan). *Jasifi. Jakarta. Penerbit Erlangga.*
- Holman, T. P. (2000). *Advanced Deep Foundation Engineering A State-of-the-Practice Course*. Drexel University.
- Morris, A. S. (2001). Measurement and instrumentation principles. *Measurement Science and Technology*, 12(10), 1743-1744.
- Muflikhun, M. A., Arifvianto, B., Mahardika, M., & Salim, U. A. (2022). *Metrologi Dalam Industri Manufaktur*. UGM PRESS.
- Prasetyo, I., & Dewi, A. Y. (2025). *Metrologi Industri & Kontrol Kualitas dalam Bidang Teknik*. Penerbit NEM.
- Rathakrishnan, E. (2020). *Instrumentation, measurements, and experiments in fluids*. CRC press.
- Sapiie, S. (1975). *Pengukuran dan alat-alat ukur listrik. (No Title).*
- Venkateshan, S. P., Venkateshan, S. P., & Venkateshan. (2015). *Mechanical measurements* (pp. 103-182). Chichester: Wiley.
- Warsito, S. (1988). *Teknik Ukur dan Piranti Ukur. Jakarta: Penerbit PT Elex Media Komputindo.*
- Webster, J. G., & Eren, H. (2018). *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook: Two-Volume Set*. CRC press.