



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PENGARUH *COATING* ALUMINIUM CHROMIUM NITRIDE
(Al-CrN) DENGAN *TITANIUM NITRIDE* (TiN) PADA *PUNCH
PIN*, PRODUK *SPACER***

LAPORAN TUGAS AKHIR
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Ndaru Yustiansyah

NIM.2302311164

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JUNI, 2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PENGARUH *COATING ALUMINIUM CHROMIUM NITRIDE (Al-CrN)* DENGAN *TITANIUM NITRIDE (TiN)* PADA *PUNCH PIN*, PRODUK SPACER 13

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi DIII Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Ndaru Yustiansyah

NIM.2302311164

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JUNI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH COATING ALUMINIUM CHROMIUM NITRIDE (Al-CrN) DENGAN
TITANIUM NITRIDE (TiN) PADA PUNCH PIN, PRODUK SPACER**

Oleh:

Ndaru Yustiansyah

NIM. 2302311164

Program Studi D-III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Vina Nanda Garjati, S.T., M.T.

NIP. 199206232020122014

Pembimbing 2

Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T.

NIP. 199403092019031013

Kepala Program Studi

D-III Teknik Mesin

Nabila Yudisha, S.T., M.T.

NIP.199311302023212045



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH COATING ALUMINIUM CHROMIUM NITRIDE (Al-CrN) DENGAN
TITANIUM NITRIDE (TiN) PADA PUNCH PIN, PRODUK SPACER

Oleh:

Ndaru Yustiansyah

NIM. 2302311164

Program Studi D-III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 27 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi D-III Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin.

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi penguji	Tanda tangan	Tanggal
1.	Vina Nanda Garjati, S.T., M.T.	Ketua Sidang		27 Juli 2026
2.	Dr. Vika Rizkia, S.T., M.T.	Dosen Penguji 1		27 Juli 2026
3.	Idrus Assagaf, S.ST., M.T	Dosen Penguji 2		27 Juli 2026

Depok, 2026

Disahkan Oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zalnuri, S.T., M.Si.
NIP.197602252000121002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALLITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ndaru Yustiansyah

NIM : 2302311164

Program Studi : D-III Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik Sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 29 Juli 2026



Ndaru Yustiansyah

NIM. 2302311164



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PENGARUH *COATING ALUMINIUM CHROMIUM NITRIDE (Al-CrN)* DENGAN *TITANIUM NITRIDE (TiN)* PADA PUNCH PIN, PRODUK *SPACER*

Ndaru Yustiansyah¹, Vina Nanda Garjati^{1*}, Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Kampus UI, Depok, 16434

*Email : vina.nanda@mesin.pnj.ac.id

ABSTRAK

Proses *cold forging* pada pembuatan produk *Spacer* memerlukan tooling yang memiliki ketahanan aus tinggi agar kualitas produk tetap terjaga. *Punch pin* sebagai salah satu komponen utama menerima beban tekan dan gesekan secara berulang sehingga rentan mengalami keausan yang menyebabkan meningkatnya jumlah produk cacat, penurunan kualitas permukaan, serta bertambahnya frekuensi penggantian *tooling*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh *coating Titanium Nitride (TiN)* dan *Aluminium Chromium Nitride (AlCrN)* terhadap ketahanan aus *punch pin* pada kualitas produk *Spacer*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif pada coating TiN dan AlCrN dengan pendekatan studi kasus yang meliputi pengujian ketebalan lapisan menggunakan Fischer Dualscope MP0, pengujian keausan menggunakan metode Ogoshi ASTM G99, serta analisa data hasil produksi berdasarkan jumlah produk cacat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *coating AlCrN* memiliki ketebalan rata-rata sebesar 4,782 μm , lebih tinggi dibandingkan *coating TiN* sebesar 3,702 μm . Nilai abrasi coating AlCrN sebesar $2,0544 \times 10^{-9} \text{ mm}^3/\text{mm}$, lebih rendah dibandingkan TiN sebesar $1,8747733 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{mm}$, yang menunjukkan ketahanan aus lebih baik. Selain itu, penggunaan *coating AlCrN* menghasilkan persentase produk cacat sebesar 0,30%, sedangkan TiN sebesar 0,46%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa coating AlCrN memberikan performa tribologi yang lebih baik dibandingkan *coating TiN* sehingga mampu meningkatkan ketahanan aus *punch pin* pada kualitas produk *Spacer* yang lebih baik.

Kata kunci: *Aluminium Chromium Nitride (AlCrN)*, *cold forging*, ketahanan aus, *punch pin*, *Titanium Nitride (TiN)*.

"The cold forging process used in the manufacturing of *Spacer* products requires tooling with high wear resistance to maintain consistent product quality. As one of the primary tooling components, the *punch pin* is subjected to repeated compressive and frictional loads, making it susceptible to wear. This wear can lead to an increase in defective products, deterioration of surface quality, and more frequent tooling replacement. This study aims to analyze the effect of *Titanium Nitride (TiN)* and *Aluminum Chromium Nitride (AlCrN)* coatings on the wear resistance of *punch pins* and their impact on the quality of *Spacer* products. The research employed a descriptive quantitative method with a case study approach. Coating thickness was measured using a *Fischer Dualscope MP0*, wear resistance was evaluated using the *Ogoshi ASTM G99* wear test, and production quality was assessed based on the percentage of defective products. The results showed that the *AlCrN* coating had an average thickness of 4.782 μm , which was higher than that of the *TiN* coating at 3.702 μm . The abrasion value of the *AlCrN* coating was $2.0544 \times 10^{-9} \text{ mm}^3/\text{mm}$, significantly lower than that of the *TiN* coating at $1.8747733 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{mm}$, indicating superior wear resistance. Furthermore, the use of the *AlCrN* coating resulted in a defect rate of 0.30%, compared to 0.46% for the *TiN* coating. Based on these findings, it can be concluded that the *AlCrN* coating provides better tribological performance than the *TiN* coating, thereby improving the wear resistance of *punch pins* and enhancing the quality of *Spacer* products."

Keywords: *Aluminum Chromium Nitride (AlCrN)*, *cold forging*, *punch pin*, *Titanium Nitride (TiN)*, wear resistance.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V**KESIMPULAN DAN SARAN****5.1 Kesimpulan****5.1.1 Ketebalan dan keausan *coating***

Berdasarkan hasil pengujian, coating AlCrN memiliki ketebalan rata-rata yang lebih tinggi (4,782 μm) dibandingkan TiN (3,702 μm), sehingga mampu memberikan lapisan pelindung yang lebih baik pada permukaan *punch pin*. Selain itu, nilai abrasi AlCrN ($2,0544 \times 10^{-9} \text{ mm}^3/\text{mm}$) lebih rendah daripada TiN ($1,8747733 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{mm}$), yang menunjukkan ketahanan aus yang lebih baik. Oleh karena itu, penggunaan coating AlCrN lebih efektif dalam mempertahankan kualitas permukaan *punch pin*, memperpanjang umur pakai *tooling*, dan mengurangi potensi produk cacat pada proses *cold forging*.

5.1.2 Pengaruh *coating*

Berdasarkan hasil analisis kualitas produk, *punch pin* dengan coating AlCrN menghasilkan kualitas produk yang lebih baik dibandingkan coating TiN, ditunjukkan oleh persentase produk cacat yang lebih rendah, yaitu 0,3%, sedangkan TiN sebesar 0,46%. Selain itu, produk yang dihasilkan menggunakan *punch pin* berlapis TiN cenderung memiliki cacat scratch dan burr yang lebih banyak dibandingkan AlCrN. Hasil tersebut menunjukkan bahwa coating AlCrN lebih efektif dalam mempertahankan kualitas permukaan *punch pin*, sehingga mampu menghasilkan kualitas produk yang lebih konsisten dan meminimalkan terjadinya cacat pada proses *cold forging*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh *coating* TiN dan AlCrN terhadap ketahanan aus *punch pin* serta kualitas produk *spacer*, terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi penelitian selanjutnya maupun bagi pihak industri dalam upaya meningkatkan performa *tool* dan kualitas produk seperti :

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jumlah spesimen yang lebih banyak pada setiap jenis *coating* agar hasil pengujian yang diperoleh lebih representatif dan memiliki tingkat kepercayaan yang lebih tinggi.

2. Penelitian berikutnya dapat menambahkan variasi parameter pengujian keausan, seperti variasi beban, kecepatan putar, dan jarak luncur, sehingga pengaruh kondisi operasi terhadap ketahanan aus *coating* dapat dianalisis secara lebih mendalam.
3. Perlu dilakukan pengujian tambahan, seperti uji kekerasan mikro, uji adhesi (*scratch test*), dan analisis komposisi kimia menggunakan EDS untuk memperoleh informasi yang lebih komprehensif mengenai karakteristik *coating* TiN dan AlCrN.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

- Aktaş Çelik, G., Atapek, Ş. H., Polat, Ş., Obrosoy, A., & Weiß, S. (2023). Nitriding effect on the tribological performance of CrN-, AlTiN-, and CrN/AlTiN-coated DIN 1.2367 hot work tool steel. *Materials*, 16(7), 2804.
- Archard, J. (1953). Contact and rubbing of flat surfaces. *Journal of Applied Physics*, 24(8), 981–988.
- Biava, G., Siqueira, I. B. de A. F., Vaz, R. F., de Souza, G. B., Jambo, H. C. M., Szogyenyi, A., & Pukasiewicz, A. G. M. (2022). Evaluation of high temperature corrosion resistance of CrN, AlCrN, and TiAlN arc evaporation PVD coatings deposited on Waspaloy. *Surface and Coatings Technology*, 438, 128398.
- Chander, S., & Chawla, V. (2017). Failure of hot forging dies—an updated perspective. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 1147–1157.
- Chinnasamy, M. P., Rathanasamy, R., Kumar, S. R., & Palaniappan, S. K. (2025). I-Kaz Methodology for Predicting Tool Life of AlCrN-Coated WC-Co Inserts in the Machining of AISI 304 Steel. *MethodsX*, 103706.
- Dabees, S., Mirzaei, S., Kaspar, P., Holcman, V., & Sobola, D. (2022). Characterization and evaluation of engineered coating techniques for different cutting tools. *Materials*, 15(16), 5633.
- Di Puccio, F., Di Pietro, A., & Mattei, L. (2024). Pin-on-plate vs. pin-on-disk wear tests: theoretical and numerical observations on the initial transient phase. *Lubricants*, 12(4), 134.
- Esmailzadeh, M., Mousavi, R., Esfahani, M. M., Pezzato, L., & Karimi, E. (2022). Effect of cold forging on mechanical and corrosion behaviors of carbon steel plate. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 198, 104659.
- Fleming, C., Kerr, W., Krishnamurthy, B., Hall, L., Sugumaran, A., Ehiasarian, A., & Hovsepian, P. (2025). Quasi-industrial accelerated testing of a HIPIMS deposited nano-layered CrAlYN/CrN coating for improving hot forging die life of nitrided H13 steel. *Journal of Manufacturing Processes*, 143, 132–150.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Gilewicz, A., Kuznetsova, T., Aizikovich, S., Lapitskaya, V., Khabarava, A., Nikolaev, A., & Warcholinski, B. (2021). Comparative investigations of AlCrN coatings formed by cathodic arc evaporation under different nitrogen pressure or arc current. *Materials*, 14(2), 304.
- Hawryluk, M., Dudkiewicz, Ł., Borowski, J., Marzec, J., & Tkocz, R. (2024). Increasing the Working Time of Forging Tools Used in the Industrial Process of Producing a Disk-Type Forging Assigned for a Gearbox through the Application of Hybrid Layers. *Materials*, 17(12), 3005.
- Hsu, C.-H., Chen, H.-W., Lin, C.-Y., & Hu, S.-H. (2024). Effect of N₂/Ar ratio on wear behavior of multi-element nitride coatings on AISI H13 tool steel. *Materials*, 17(19), 4748.
- Kang, K., Su, S., Yu, B., Sun, Z., Hu, S., Wang, Z., Zhao, C., Wu, L., Luo, G., & Wei, R. (2025). The review and prospect of tool coating technology. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 137(7), 3107–3139.
- Krawczyk, J., Łukaszek-Solek, A., Śleboda, T., Lisiecki, Ł., Bemberek, M., Cieślik, J., Góral, T., & Pawlik, J. (2023). Tool wear issues in hot forging of steel. *Materials*, 16(2), 471.
- Özkan, D., Yilmaz, M. A., Karakurt, D., Szala, M., Walczak, M., Bakdemir, S. A., Türküz, C., & Sulukan, E. (2023). Effect of AISI H13 steel substrate nitriding on AlCrN, ZrN, TiSiN, and TiCrN multilayer PVD coatings wear and friction behaviors at a different temperature level. *Materials*, 16(4), 1594.
- Petkar, P. M., Kulkarni, V. N., Sidalingeswar, I. G., Umarfarooq, M. A., Khan, T., Junaedi, H., & Sebaey, T. A. (2026). Experimental Investigation of Die Performance in Cold Forging Backward Extrusion. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 10(2), 70.
- Rifa'i, A. S., & Prayogi, E. (2021). Analisis laju keausan main contact strip pantograf kereta pt mrt jakarta. ., 2(3), 388–398.
- Saad, K. S. K., Saba, T., & Rashid, A. Bin. (2024). Application of PVD coatings in medical implantology for enhanced performance, biocompatibility, and quality of life. *Heliyon*, 10(16).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Schalk, N., Tkadletz, M., & Mitterer, C. (2022). Hard coatings for cutting applications: Physical vs. chemical vapor deposition and future challenges for the coatings community. *Surface and Coatings Technology*, 429, 127949.
- Shen, L., Zhao, J., Zhang, Y.-Q., & Quan, G.-Z. (2021). Performance evaluation of titanium-based metal nitride coatings and die lifetime prediction in a cold extrusion process. *High Temperature Materials and Processes*, 40(1), 108–120.
- Uddin, G. M., Jawad, M., Ghufra, M., Saleem, M. W., Raza, M. A., Rehman, Z. U., Arafat, S. M., Irfan, M., & Waseem, B. (2019). Experimental investigation of tribomechanical and chemical properties of TiN PVD coating on titanium substrate for biomedical implants manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102(5), 1391–1404.
- Yang, C.-C., & Liu, C.-H. (2023). The study of multi-stage cold forming process for the manufacture of relief valve regulating nuts. *Applied Sciences*, 13(10), 6299.
- Yaqoob, S., Ghani, J. A., Jouini, N., & Juri, A. Z. (2024). Performance evaluation of PVD and CVD multilayer-coated tools in machining high-strength Steel. *Coatings*, 14(7), 865.
- IBC Coatings. "Aluminum Chromium Nitride (AlCrN)." *IBC Coatings*, www.ibccoatings.com/aluminum-chromium-nitride-alcnn/. Accessed 25 June 2026.
- IQS Directory. "Cold Forging." *IQS Directory*, www.iqsdirectory.com/articles/forging/cold-forging.html. Accessed 25 June 2026.
- Krella, A. "Resistance of PVD Coatings to Erosive and Wear Processes: A Review." *Coatings*, vol. 10, no. 10, 2020, p. 921.
- Li, Y., et al. "Tribological Mechanisms of Slurry Adhesive Wear." *Friction*, vol. 11, 2023, pp. 1079–1093.
- Liu, Y., et al. "Hardness and Failure Assessment of a Hot Extrusion Punch During Service." *Engineering Failure Analysis*, vol. 125, 2021, article 105382.
- Mo, J. L., M. H. Zhu, A. Leyland, and A. Matthews. "Impact Wear and Abrasion Resistance of CrN, AlCrN and AlTiN PVD Coatings." *Wear*, 2013.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pale, J. A., R. Shivpuri, and T. Altan. "Recent Developments in Tooling, Machines, and Research in Cold Forming of Complex Parts." *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 33, no. 1, 1992, pp. 1–29.

Sivarajan, S., and R. Padmanabhan. "Tribological Evaluation of Wear Resistant PVD Coatings." *Journal of Manufacturing Engineering*, vol. 12, no. 3, 2017.

Wang, Xin, et al. "A Review on Tribological Wear and Corrosion Resistance of Surface Coatings on Steel Substrates." *Coatings*, vol. 15, no. 11, 2025, p. 1314.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Produk spacer



Lampiran 2. Produk *defect*



Lampiran 3. Spesimen uji coating TiN



Lampiran 4. Spesimen uji coating AlCrN



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5. Material properties of coating TiN

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	5.22 g/cc	0.189 lb/in ³	
Open Porosity	0.00 %	0.00 %	
Thickness	3.00 microns	0.118 mil	typical range
	0.250 - 12.0 microns	0.00984 - 0.472 mil	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Knoop Microhardness	2000	2000	kg/mm ²
Hardness, Rockwell C	85	85	Approximate
Vickers Microhardness	2300	2300	kg/mm ²
Modulus of Elasticity	600 GPa	87000 ksi	
Poissons Ratio	0.25	0.25	
Shear Modulus	240 GPa	34800 ksi	Calculated
Coefficient of Friction	0.65	0.65	between 100 Cr6 ball and coating
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.0000250 ohm-cm	0.0000250 ohm-cm	
Band Gap	3.35 - 3.45 eV	3.35 - 3.45 eV	
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	9.40 µm/m-°C	5.22 µin/in-°F	
	@ Temperature 20.0 °C	@ Temperature 68.0 °F	
Thermal Conductivity	19.0 W/m-K	132 BTU-in/hr-°F	
Melting Point	2950 °C	5340 °F	
Maximum Service Temperature, Air	600 °C	1110 °F	Oxidation Begins
Heat of Formation	337 kJ/mol	337 kJ/mol	
Descriptive Properties			
Color		Gold	
Crystal Structure		Face-Centered Cubic	

Lampiran 6. Physical properties of coating TiN

Physical Properties of Titanium Nitride (TiN) Coatings	
Composition	TiN. > 99 % purity.
Process	PVD Vacuum Deposited Coating.
Appearance	Metallic Gold.
Thickness	Ranges from 0.25 to 12 microns. Typical applications are 1 to 5 microns. See the thickness conversion chart.
Uniformity	Coating conforms uniformly to the substrate. No buildup occurs on corners (unlike plating operations). Coating "throws" well into features. In deep holes, coating tapers off from 1 to 7 diameters of depth.
Hardness	Hardness > 2000 kg/mm ² Knoop or Vickers Microhardness. Values of 2500-3000 are typical. Equivalent to over 85 Rc. Three times harder than hard chrome and harder than carbide material.
Adhesion	The coating forms a metallurgical bond to the substrate that will not flake, blister, chip or peel. In fact, the coating is actually implanted slightly into the surface layer of the substrate. Adhesion is superior to plating and other coating processes where mechanical adhesion occurs. Several adhesion test methods are possible, contact BryCoat for more info.
Adhesion, Scratch Adhesion Value	> 3.0 kgf on hard steel substrates
Coefficient of Friction	TiN generally provides low friction against steels, carbides, TiN, ceramics, platings, etc. Published values range from 0.05 to 0.90. A typical value is 0.6 for TiN against steel. The inert surface creates outstanding sliding wear performance. Note: The coefficient of friction is a system property, not a material property. It is dependant on many factors such as material, counter-material, lubrication, temperature, speed, loading force, surface finish, surface finish of the counter-material, and type of motion (reciprocating, rotating). Published values can have large variations.
Non-stick	TiN is an excellent non-stick surface against most other materials.
Toxicity	Non-toxic. Meets FDA guidelines and has been approved for use in numerous medical/surgical devices, including implants. Meets requirements of FDA and USDA for food contact.
Temperature Resistance	Begins to oxidize at 600° C. (1100° F.) in air. More resistant in an inert atmosphere.
Melting Temperature	2950° C.
Deposition Temperature	Ranges from 200 to 450° C. Standard process is 400° C. and provides the toughest coating. See also the temperature reference page.
Electrical Resistivity	25 µOhm-cm. To determine resistance, multiply by length and divide by cross sectional area.
Chemical Resistance	Highly inert to acids, bases, solvents, caustic, etc.
Thermal Expansion Coefficient	9.4 x 10-6 /°C.
Thermal Conductivity	0.046 Cal/sec.-cm-°C.
Density	5.22 g/cm ³ .
Crystal Structure	Face Centered Cubic.
Residual Compressive Stress	xxx
Young's Modulus, Modulus of Elasticity	600 GPa.
Poisson's Ratio	0.25
Heat of Formation	80,750 Cal/mole. (3.5 eV/molecule).
Band Gap	3.35 - 3.45 eV

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7. Material properties of SKH 51

Physical Properties		Metric	English	Comments
Density		8.14 g/cc	0.294 lb/in ³	(AISI M2)
Mechanical Properties		Metric	English	Comments
Hardness, Brinell		≤ 255	≤ 255	Bar/Forging Annealed
Modulus of Elasticity		207 GPa	30000 ksi	(AISI M2)
Charpy Impact		31.2 - 38.0 J	23.0 - 28.0 ft-lb	Austenitized and Tempered
Electrical Properties		Metric	English	Comments
Electrical Resistivity		0.000540 ohm-cm	0.000540 ohm-cm	(AISI M2)
Thermal Properties		Metric	English	Comments
CTE, linear $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$		11.5 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$	6.39 $\mu\text{in/in}^\circ\text{F}$	(AISI M2)
		@ Temperature 20.0 - 100 °C	@ Temperature 68.0 - 212 °F	
		11.7 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$	6.50 $\mu\text{in/in}^\circ\text{F}$	(AISI M2)
		@ Temperature 20.0 - 200 °C	@ Temperature 68.0 - 392 °F	
		12.2 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$	6.78 $\mu\text{in/in}^\circ\text{F}$	(AISI M2)
		@ Temperature 20.0 - 300 °C	@ Temperature 68.0 - 572 °F	
		12.4 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$	6.89 $\mu\text{in/in}^\circ\text{F}$	(AISI M2)
		@ Temperature 20.0 - 400 °C	@ Temperature 68.0 - 752 °F	
		12.7 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$	7.05 $\mu\text{in/in}^\circ\text{F}$	(AISI M2)
		@ Temperature 20.0 - 500 °C	@ Temperature 68.0 - 932 °F	
		12.9 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$	7.17 $\mu\text{in/in}^\circ\text{F}$	(AISI M2)
		@ Temperature 20.0 - 700 °C	@ Temperature 68.0 - 1290 °F	
		13.0 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$	7.22 $\mu\text{in/in}^\circ\text{F}$	(AISI M2)
		@ Temperature 20.0 - 800 °C	@ Temperature 68.0 - 1470 °F	
Specific Heat Capacity		0.460 J/g-°C	0.110 BTU/lb-°F	(AISI M2)
Thermal Conductivity		19.0 W/m-K	132 BTU-in/hr-°F	(AISI M2)
Component Elements Properties		Metric	English	Comments
Carbon, C		0.80 - 0.90 %	0.80 - 0.90 %	
Chromium, Cr		3.8 - 4.5 %	3.8 - 4.5 %	
Copper, Cu		≤ 0.25 %	≤ 0.25 %	
Iron, Fe		79 - 83.8 %	79 - 83.8 %	As Balance
Manganese, Mn		≤ 0.40 %	≤ 0.40 %	
Molybdenum, Mo		4.5 - 5.5 %	4.5 - 5.5 %	
Nickel, Ni		≤ 0.25 %	≤ 0.25 %	
Phosphorus, P		≤ 0.030 %	≤ 0.030 %	
Silicon, Si		≤ 0.40 %	≤ 0.40 %	
Sulfur, S		≤ 0.030 %	≤ 0.030 %	
Tungsten, W		5.5 - 6.7 %	5.5 - 6.7 %	
Vanadium, V		1.6 - 2.2 %	1.6 - 2.2 %	

Lampiran 8. Punch pin yang mengalami abrasive dan adhesive wear



Lampiran 9. *Punch pin yang mengalami Fatigue cracking*



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 10. Data ketebalan *coating* TiN



QUALITY PROCESS REPORT

136/QPR/IV/26

Customer : PT. MULTI PRECISION UTAMA
Part Name : NO.4 MAIN DIE PIERCHING Ø13x78,5
Part Dimension : 13X79
Quantity : 3
Coating Type : Balinit® A3
SO No & Batch No : SO2604692 (BA26-0591)

- Duplex

QC Check
- Defect / Chipping / Dent
- Surface Condition
- Hardness

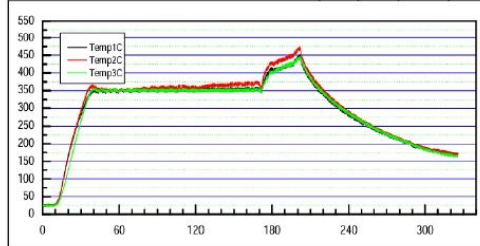
Incoming			
✓	OK		NOK
✓	OK		NOK

Process			
✓	OK		NOK
✓	OK		NOK

Outgoing			
✓	OK		NOK
✓	OK		NOK

Process Temperature Coating
Standard Coating : < 500 °C

✓	OK		NOK
---	----	--	-----



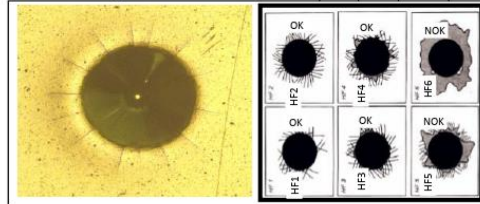
Process Temperature Nitriding
Standard Nitriding : 450 °C

	OK		NOK
--	----	--	-----

Temperature
NO PROCESS

Adhesion Coating : HF1

✓	OK		NOK
---	----	--	-----



Grafik Nitriding

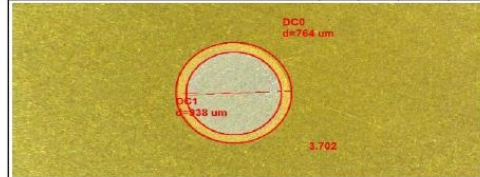
	OK		NOK
--	----	--	-----

NO PROCESS

Standard Thickness Coating : 3-6 µ/sisi

Thickness Coating : 3.702 Micron

✓	OK		NOK
---	----	--	-----



* hasil ketebalan coating by test piece

Foto Nitriding

	OK		NOK
--	----	--	-----

NO PROCESS

Conclusion

Coating / Nitriding Result : ✓ OK NOK
Summary of Tool Condition : Keseluruhan hasil coating ok

22 Apr 2026
Prepared by,

Quality Control

FRM/QUA/009

Approved by,

Quality Assurance

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 11. Data ketebalan *coating* AlCrN



QUALITY PROCESS REPORT

86/QPR/V/26

Customer : PT. MULTI PRECISION UTAMA
Part Name : NO.5 MAIN DIE PIERCHING PIN D7X110
Part Dimension : 7X110
Quantity : 1 PCS
Coating Type : Balinit® Alcrona Pro 3
SO No & Batch No : SO2608757.001 (BA26-1148)

Duplex

QC Check
- Defect / Chipping / Dent
- Surface Condition
- Hardness

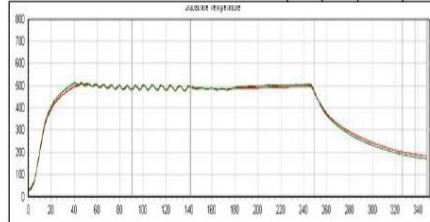
Incoming	OK	NOK
✓	OK	NOK
✓	OK	NOK

Process	OK	NOK
✓	OK	NOK
✓	OK	NOK

Outgoing	OK	NOK
✓	OK	NOK
✓	OK	NOK

Process Temperature Coating
Standard Coating : <500 °C

OK	NOK
✓	OK



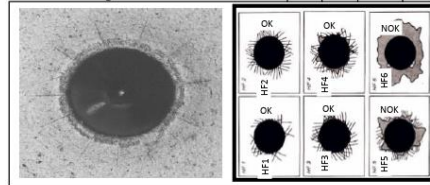
Process Temperature Nitriding
Standard Nitriding : 450 °C

OK	NOK
✓	OK

Temperature
NO PROCESS

Adhesion Coating : HF1

OK	NOK
✓	OK



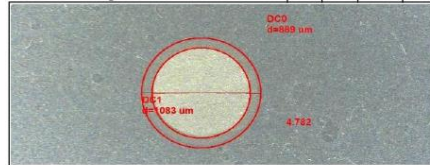
Incoming Photo

OK	NOK
✓	OK

NO PROCESS

Standard Thickness Coating : 3-6 µ/sisi
Thickness Coating : 4.782 Micron

OK	NOK
✓	OK



* hasil ketebalan coating by test piece

Conclusion

Coating / Nitriding Result : ✓ OK NOK
Summary of Tool Condition : Keseluruhan Hasil coating Ok

13 May 2026
Prepared by,

Quality Control
FRM/QUA/009

Approved by,

Quality Assurance

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 12. Hasil uji keausan coating TiN



FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
CENTER FOR MATERIALS PROCESSING AND FAILURE ANALYSIS

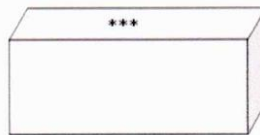
Gedung MRC Lantai 2 Fakultas Teknik, Kampus UI, Depok 16424
WhatsApp. 0819-2884-9045 | Tel. 021-7884 9045
email : cmpfauti@ui.ac.id website : www.cmpfa-ui.co.id

LAPORAN PENGUJIAN KEAUSAN
WEAR RESISTANCE TEST REPORT

Hal 1 dari 1

No Laporan	M0043	Tanggal Terima	26 Mei 2026
<i>Report Nr</i>		<i>Receiving Date</i>	
No Kontrak	M0043/PT.02/FT04/P/2026	Tanggal Uji	10 Juni 2026
<i>Contract Nr.</i>		<i>Date of Test</i>	
Pemakai Jasa	Ndaru Yustiansyah	Metode Uji	ASTM G99
<i>Customer</i>		<i>Testing method</i>	
Alamat	D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta	Jenis Uji	Aus
<i>Address</i>		<i>Type Of Test</i>	
Bahan	Fe Based	Mesin Uji	OGOSHI
<i>Material</i>		<i>Testing machine</i>	

Sketsa Sampel
Sample Figure



* Daerah penjejakan

Kode Sampel	Lebar Jejak Rata-rata (b) [mm]	Tebal Cincin (B) [mm]	Diameter Cincin (d) [mm]	Beban (P) [Kg]	Jarak Luncur (x) [m]	Kecepatan [m/s]	Spesifik Abrasi [mm ³ /mm]
Coating TiN	1.04	3	30	3.16	100	1.97	1.8747733×10^{-7}
							30×10^{-7}

Depok, 12 Juni 2026
Ketua Divisi Pengujian Material

(Derry Rahma Yoda, S.T.)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 13. Hasil uji keausan coating AlCrN



FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
CENTER FOR MATERIALS PROCESSING AND FAILURE ANALYSIS

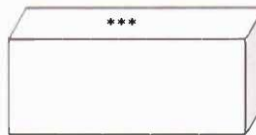
Gedung MRC Lantai 2 Fakultas Teknik, Kampus UI, Depok 16424
WhatsApp. 0819-2884-9045 | Tel. 021-7884 9045
email : cmpfaftui@ui.ac.id website : www.cmpfa-ui.co.id

LAPORAN PENGUJIAN KEAUSAN
WEAR RESISTANCE TEST REPORT

Hal 1 dari 1

No Laporan	M0050	Tanggal Terima	18 Juni 2026
Report Nr		Receiving Date	
No Kontrak	M0050/PT.02/FT04/P/2026	Tanggal Uji	23 Juni 2026
Contract Nr.		Date of Test	
Pemakai Jasa	Ndaru Yustiansyah	Metode Uji	ASTM G99
Customer		Testing method	
Alamat	D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta	Jenis Uji	Aus
Address		Type Of Test	
Bahan	Fe Based	Mesin Uji	OGOSHI
Material		Testing machine	

Sketsa Sampel
Sample Figure



* Daerah penjejakan

Kode Sampel	Lebar Jejak Rata-rata (b) [mm]	Tebal Cincin (B) [mm]	Diameter Cincin (d) [mm]	Beban (P) [Kg]	Jarak Luncur (x) [m]	Kecepatan [m/s]	Spesifik Abrasi [mm ³ /mm]
AlCrN 2	0.231	3	30	3.16	100	1.97	2.0543985 × 10 ⁻⁹

Depok, 23 Juni 2026
Ketua Divisi Pengujian Material

(Derry Rahma Yoda, S.T.)

