RANCANG BANGUN PENDINGIN OTOMATIS PADA SAMBUNGAN PLAT BAJA GULUNGAN (*HOT ROLL COIL*) PASCA PENGELASAN

Abdul Haris Mubarak[1], Moh. Afandy[2] , Kadriadi[3]

[1,2] Program Studi Teknik Listrik dan Instalasi, Politeknik Industri Logam Morowali

[3] Program Studi Teknik Perawatan Mesin, Politeknik Industri Logam Morowali

Jalan Trans Sulawesi, Desa Labota, Kecamatan Bahodopi, Morowali 94974, Indonesia

haris@pilm.ac.id [1]

Abstrak

Proses penyambungan *Hot Roll Coil* (HRC) melalui pengelasan menghasilkan peningkatan suhu sambungan hingga 100–200°C, yang jika tidak segera diturunkan dapat menyebabkan kegagalan sambungan dan menghambat proses produksi. Penelitian ini merancang dan membangun sistem pendingin otomatis berbasis sensor suhu MLX90614 dan sensor ultrasonik HC-SR04, yang dikontrol melalui mikrokontroler Arduino Mega 2560. Sistem ini secara otomatis menyemprotkan air pendingin pada sambungan baja pasca pengelasan sehingga suhu dapat diturunkan ke rentang aman 40–60°C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menurunkan suhu sambungan baja dari rata-rata 175°C menjadi 57°C dengan waktu pendinginan lebih cepat dibandingkan metode manual. Implementasi sistem ini di lingkungan industri berpotensi meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional.

Kata kunci : sistem pendingin, sensor infrared, *hot roll coil.*

Abstract

The process of joining Hot Roll Coil (HRC) through welding results in a temperature increase at the weld joint up to 100–200°C, which, if not immediately reduced, can cause joint failure and hinder production processes. This study designed and developed an automatic cooling system based on the MLX90614 temperature sensor and the HC-SR04 ultrasonic sensor, controlled by an Arduino Mega 2560 microcontroller. The system automatically sprays cooling water onto the welded steel joints to lower the temperature to a safe range of 40–60°C. The testing results demonstrate that the system successfully reduced the weld joint temperature from an average of 175°C to 57°C with a faster cooling time compared to the manual method. The implementation of this system in an industrial environment has the potential to enhance productivity and operational efficiency.

Key words : *sistem pendingin, sensor infrared, hot roll coil.*

PENDAHULUAN

Dalam penyambungan logam, pengelasan merupakan teknik yang paling banyak digunakan. Hal ini untuk mendapatkan hasil sambungan yang lebih ringan dan sederhana namun tetap memiliki kekuatan yang sama dengan jenis penyambungan logam lainnya. Perlakuan pendinginan pada logam yang akan dilas akan sangat mendukung untuk memperoleh hasil sambungan yang baik dan berkualitas.

Salah satu media yang sering digunakan untuk mendinginkan logam pada proses pengelasan yaitu air. Pendinginan dengan air selama 5 detik memiliki tegangan tarik rata-rata 23,01kgf/ mm2.[1].

Pengelasan merupakan bagian terpenting dalam pembuatan pipa baja. Plat baja yang berbentuk lembaran digulung dengan mesin SPM (Spiral Pipe Machine). Plat yang digulun pada mesin dilas luar dalam unruk menghasilkan pipa yang utuh. [2]

Pengelasan adalah suatu teknik yang digunakan untuk menyambungkan logam dengan cara mencairkan sebagian dari logam induk dan logam pengisi, baik dengan atau tanpa penambahan logam. Proses pengelasan ini menghasilkan logam yang kontinu.[3] Salah satu metode yang umum digunakan adalah Las SMAW, yang memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan tambahan. Las SMAW dipilih karena prosesnya yang sederhana, ekonomis, serta menghasilkan kualitas las yang baik dari segi sifat

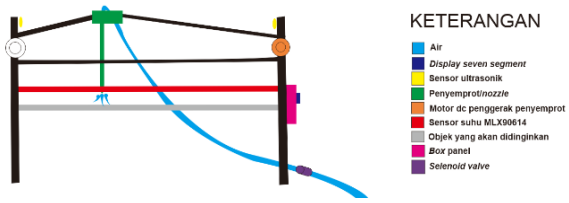
mekanik dan fisik, di samping biaya investasi yang relatif rendah. Namun, perlu dicatat bahwa kualitas sambungan yang dihasilkan sangat bergantung pada beberapa faktor, termasuk keterampilan juru las, jenis elektroda yang digunakan, kuat arus, dan kecepatan pengelasan.[4]

Kekuatan las yang kurang memadai dapat menyebabkan dampak negatif terhadap aplikasinya, seperti penurunan tingkat keamanan pada konstruksi. Oleh karena itu, penerapan perlakuan panas (*Heat Treatment*) dengan media pendingin yang sesuai sangat penting untuk mencapai nilai kekuatan material yang optimal. Pengaruh temperatur perlakuan panas dan media pendingin merupakan faktor kunci yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat mekanik material pasca pengelasan.[5]

METODE PENELITIAN

Desain dan Tahap Penelitian

Perancangan sistem pendingin sambungan baja menggunakan sensor infrared MLX90614 sebagai pengukur suhu sambungan baja pasca pengelasan dan sensor ultrasonik sebagai pembatas gerak penyemprot dimana *nozzle* digunakan di ujung penyemprot untuk mengatur kecepatan dan volume air yang digunakan[6]

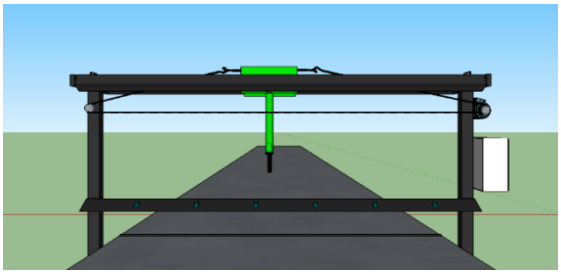


Gambar 1. Perancangan Sistem Pendingin

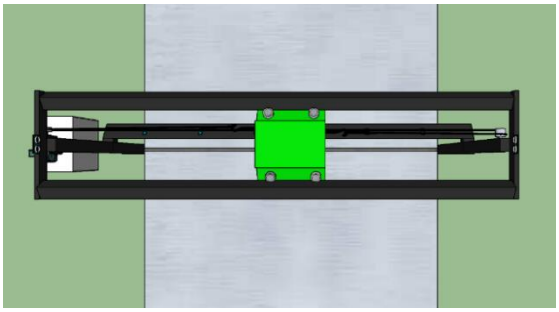
Gambar 1. dijelaskan tentang perancangan sistem yang akan digunakan untuk tugas akhir kali ini, di mana ketika sambungan baja berada dibawah sensor MLX90614, pada saat itu juga *solenoid valve* dan motor penggerak penyemprot aktif. Ketika penyemprot berada dekat dengan sensor ultrasonik 2 maka sensor ultrasonik 2 yang berfungsi sebagai pembatas akan memberi perintah kepada motor penggerak untuk menarik penyemprot untuk kembali ke sensor ultasonik 1 dan sistem akan kembali ke kondisi awal dimana ketika sensor suhu MLX90614 mendapat suhu 100℃ - 200℃ untuk mengaktifkan sistem pendingin.

Perancangan Mekanik

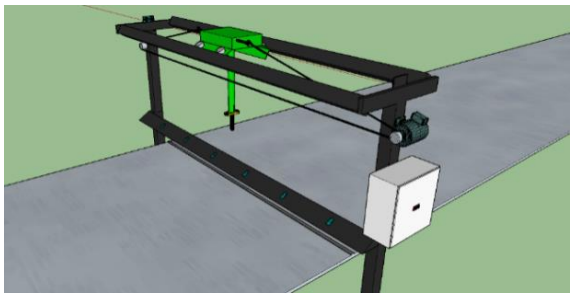
Langkah awal dari pembuatan hardware ini adalah membuat rancangan hardware pada aplikasi sketchup. Pada perancangan ini ditentukan bahan dan ukuran dari hardware yang akan dibuat, serta penempatan dan posisinya. Hardware berfungsi sebagai kerangka alat penyemprot sekaligus tempat untuk sensor ultrasonik dan suhu[7]. Untuk perancangan hardware yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Desain tampak depan



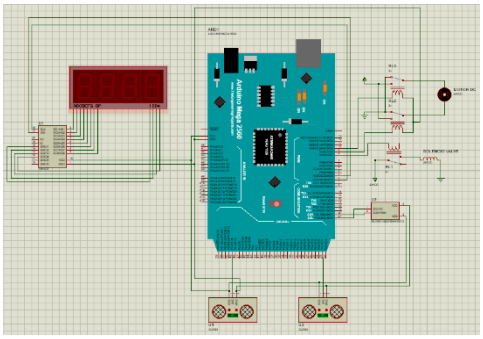
Gambar 3. Desain tampak atas



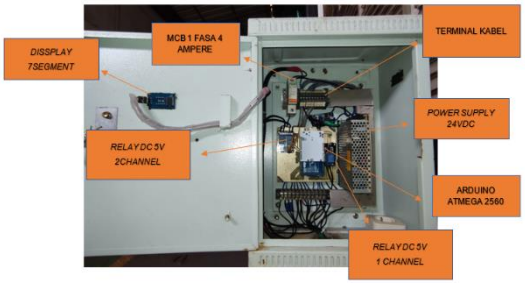
Gambar 4**.** Desain tampak samping

Perancangan Elektronika

Rancangan elektronika dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini. Gambar ini terdiri atas beberapa komponen yaitu MLX90614 (Sensor suhu), HC-SR24 (Sensor ultrasonik), Arduino ATMEGA 2560 sebagai mikrokontroler, power supply 24V 5 A dan seven segment sebagai pembacaan nilai suhu dan kabel sebagai penghubung antar komponen. Power supply berfungsi sebagai sumber tegangan untuk Arduino ATMEGA 2560. [8]



Gambar 5. Perancangan elektronika

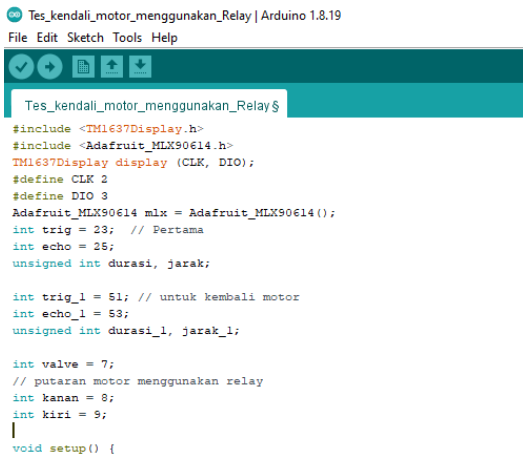


Gambar 6. Rangkaian Elektrik

Gambar 6 di atas merupakan hasil rangkaian elektrik yang telah terpasang pada panel kontrol sistem kendali. Panel ini telah berisi Arduino ATMEGA 2560, relay dan power suplay 24 Vdc.

Pembuatan Program

Perancangan dan pembuatan program ini meliputi software Arduino IDE yang digunakan pada modul mikrokontroler seperti Arduino ATMEGA 2560. Software Arduino IDE digunakan untuk pembuatan sistem monitoring dan sistem kendali penelitian ini. Software ini membuat program yang akan memerintah sensor serta komponen lainnya dan memastikan bahwa sistem monitoring dan sistem kendali berfungsi dengan baik sesuai dengan program yang telah ditentukan.



Gambar 7. *Library* yang digunakan

Gambar 7 merupakan *library* yang digunakan untuk menyusun program sistem pendingin otomatis sambungan baja *hot roll coil (*HRC) pasca pengelasan.

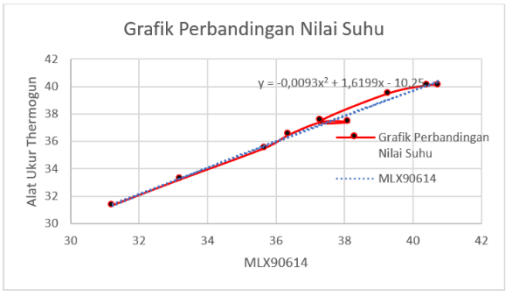
Kalibrasi Sensor

Kalibrasi dilakukan pada sensor infrared MLX90614 dan dua buah sensor ultrasonic HC-R04 untuk mendapatkan tingkat keakuratan sensor yang akan digunakan. Kalibrasi merupakan proses untuk melakukan verifikasi terhadap suatu alat ukur untuk mengetahui kesesuaian alat ukur dengan rancangannya. Karena setiap sensor memiliki galat yang berbeda sehingga sebelum penggunaan sensor harus dikalibrasi terlebih dahulu.[6]

Untuk senor suhu (infrared MLX90614), kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan dengan thermogun yang telah terstandar [9]. Adapun hasil kalibrasi dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Table 1. Kalibrasi Sensor Suhu

Waktu Percobaan (menit)	Alat Ukur Standar (°C)	Besar Nilai Sensor (°C)	*Error* (%)
0	31,35	31,24	0,35
1	33,25	33,23	0,06
2	35,53	35,68	0,42
3	36,47	36,36	0,30
4	37,43	37,34	0,24
5	37,41	38,13	1,92
6	37,49	37,29	0,53
7	39,51	39,27	0,60
8	40,11	40,44	0,82
9	40,11	40,73	1,54
RATA-RATA	36,86	36,97	0,67



Gambar 8. Grafik perbandingan alat ukur dengan sensor *infrared* MLX90614

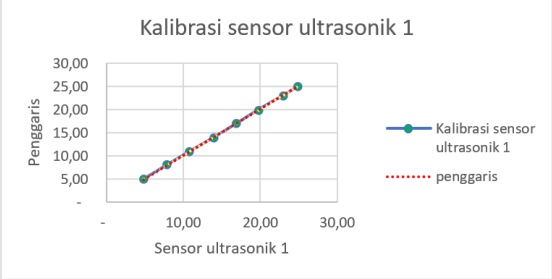
Dari data diatas didapatkan nilai error pada sensor infrared MLX90614 sebesar 0,67% dibawah ± 5%. Sehingga dapat dikatakan sensor suhu yang akan digunakan memiliki tingkat keakuratan yang baik.

Untuk sensor ultrasonik 1 dan 2 dilakukan kalibrasi menggunakan penggaris yang telah

terstandar dan diperoleh hasil kalibrasi sebagaimana tabel 2 dan tabel 3 berikut:

Table 2. Kalibrasi Sensor ultrasonik 1

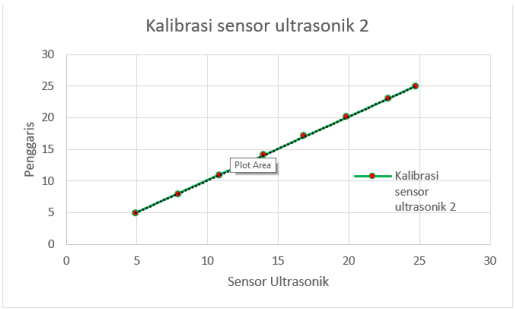
Waktu (Menit)	Penggaris (CM)	Sensor HC-SR04 (CM)	*Error* (%)
1	5	4.83	3.4
2	8	7.83	2.25
3	11	10.84	1.45
4	14	13.95	0.35
5	17	16.91	0.52
6	20	19.78	1.1
7	23	22.90	0.43
8	25	24.86	0.56
RATA-RATA	15.37	15.23	1.25



Gambar 9. Grafik perbandingan antara alat ukur penggaris (mistar) dengan sensor ultrasonik HC-SR04.

Table 3. Kalibrasi Sensor ultrasonik 2

Waktu (Menit)	Penggaris (CM)	Sensor HC-SR04 (CM)	*Error* (%)
1	5	4.95	1
2	8	7.90	1.25
3	11	10.85	1.36
4	14	13.95	0.35
5	17	16.86	0.82
6	20	19.86	0.7
7	23	22.80	0.86
8	25	24.74	1.04
RATA-RATA	15.37	15.23	0.92



Gambar 10. Grafik perbandingan antara alat ukur penggaris (mistar) dengan sensor ultrasonik HC-SR04.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian elektronik dirancang menggunakan software *Proteus*, *hardware* dibuat berdasarkan perancangan 3D *SketchUp*, dan program kendali dikembangkan dengan Arduino IDE.

Alat pendingin otomatis pada sambungan plat baja ini dibuat dengan menggunakan *nozzle* untuk menyemprotkan air pada sambungan plat baja yang baru dilakukan penyambungan dengan cara pengelasan. *Solenoid valve* digunakan untuk mengatur aliran air yang akan digunakan untuk menyemprot, sementara buka tutupnya *solenoid valve* ditentukan oleh sensor suhu. Jika sensor membaca suhu diatas 100°C maka *solenoid valve* akan terbuka dan akan menyemprot. *Nozzle* yang meneyemprot akan bergerak secara horizontal ke kiri dan ke kanan menggunakan motor DC sebagai penggerak. Sensor ultrasonik 1 dan 2 digunakan untuk mengatur putaran maju dan mundur motor DC yang menggerakkan *nozzle*.

Sensor MLX90614 mengukur suhu sambungan. Jika suhu melebihi 100°C, Arduino mengaktifkan *solenoid valve* dan motor DC untuk melakukan penyemprotan. Saat suhu turun di bawah 60°C, sistem kembali ke kondisi siaga. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengontrol batas gerak *nozzle* saat proses pendinginan.

Untuk mengetahui apakah alat ini bekerja sesuai yang direncanakan maka dilakukan pengujian pada setiap sensor yang telah terpasang pada alat.

Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tujuan dilakukannya percobaan pada sensor ultrasonik HC-SR04 agar untuk mengetahui apakah sensor ultrasonik HC-SR04 dapat berfungsi dengan baik dan dapat membaca nilai jarak dengan baik atau tidak.[10]

Tabel 5: Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04

Sensor	Kondisi	Keterangan
Sensor Ultrasonik 1	Jarak penyemprot <=12 cm	Motor forward
Sensor Ultrasonik 2	Jarak penyemprot <=12 cm	Motor reverse

Berdasarkan Table 5 dapat dilihat hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04, apabila sensor ultrasonik 1 membaca nilai jarak 1 membaca nilai <=12CM dan sensor ultrasonik 2 membaca nilai >12CM maka motor bergerak *forward* dan ketika sensor ultrasonik 2 membaca jarak <=12CM dan sensor ultrasonik 1 membaca jarak >12CM maka motor bergerak *reverse*.

Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian sistem keseluruhan merupakan tahap akhir dari semua pengujian yang dilakukan sebelumnya, dimana keseluruhan pengujian setiap komponen disatukan. Dengan pengujian sistem keseluruhan ini bertujuan untuk membuktikan sistem yang telah dirancang sebelumnya apakah berfungsi dengan baik. Pengujian yang dilakukan diantaranya sensor infrared MLX90614 digunakan sebagai pembaca suhu sambungan baja dan *output* pembacaan suhu menggunakan *display seven segment*, dan juga sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan sebagai pembatas geraknya penyemprot. Berikut hasil pengujian sistem keseluruhan pada proses pendinginan sambungan baja.

Table 6. Pengujian Keseluruhan Sistem

No	Pengujian	Motor	valve	Keterangan
1	Suhu <100℃ dan jarak 1 <12CM, jarak 2 >12CM	Stand by	LOW	Berhasil
2	Suhu >=100℃ dan jarak 1 <12CM, jarak 2 >12CM	Forward	HIGH	Berhasil
3	Suhu >=100℃ dan jarak 1 >12CM, jarak 2 <12CM	Reverse	HIGH	Berhasil
4	Suhu <100℃ dan jarak 1 >12CM, jarak 2 <12CM	Reverse	LOW	Berhasil

Pada Table 6. Merupakan hasil pengujian dari keseluruhan sistem pendingin yang dibuat dengan beberapa kondisi kasus yang berbeda-beda. Dengan input tersebut akan diketahui begaimana kondisi output keluarannya. Kemudian Ketika output sistem sesuai dengan yang diinginkan berarti, secara keseluruhan sistem bekerja dan berfungsi dengan baik. Pengujian ini dilakukan di departemen HAPL tepatnya di jalur mesin 3.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem pendingin otomatis sambungan baja HRC pasca pengelasan menggunakan sensor suhu non-kontak dan aktuator berbasis Arduino. Sistem terbukti efektif dalam menurunkan suhu dari kisaran 175–200°C ke 40–60°C secara lebih cepat dan akurat dibandingkan metode manual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Industri Logam Morowali, PT. IRNC yang telah mengisinkan untuk melakukan peneitian di pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Adi Tyagita, A. Irawan, J. Teknik, P. Negeri Jember Jl Mastrip Kotak Pos, and S. Jember, *Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Dana BOPTN Tahun*. 2016.

[2] Muhammad Muchlisin, "2020_TA_IDN_16612144_HALAMAN JUDUL," *Tugas Akhir*, no. ANALISIS KINERJA MESIN SPIRAL PIPE MACHINE (SPM) PRODUKSI PIPA BAJA AWWA C 200 DENGAN MENGGUNAKAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) DAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DI PT. INDAL STEEL PIPE, 2020.

[3] Wiryosumatro H and Okumura T, *Teknologi Pengelasan Logam*, Cetakan Ke-8. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha, 2000.

[4] S. A. Jalil, A. Husna, and J. Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe Jl Banda Aceh-Medan Km, "PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA PROSES PENGELASAN SMAW," 2017.

[5] S. M, R. E. Putra, J. Jamaluddin, and S. Sahrul, "ANALISIS KEKUATAN TARIK PENGARUH PERLAKUAN PANAS HASIL PENGELASAN KAMPUH V BAJA 42 DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN OLI," *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 16, no. 01, pp. 6–10, Apr. 2021, doi: 10.47398/iltek.v16i01.36.

[6] I. Inayah, "Analisis Akurasi Sistem Sensor IR MLX90614 dan Sensor Ultrasonik berbasis Arduino terhadap Termometer Standar," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 10, no. 4, pp. 428–434, Oct. 2021, doi: 10.25077/jfu.10.4.428-434.2021.

[7] K. Widhy Wirakusuma, A. Salim Opu, A. Bahri Pratama, J. H. Fan Saragi, and E. Putra Dairi Boangmanalu, "SINERGI Polmed : JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN RANCANG BANGUN ALAT PENYEMPROT OTOMATIS UNTUK BAN DUMP TRUCK PADA PT. DEXIN STEEL INDONESIA I N F O A R T I K E L," 2015. [Online]. Available: http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/inde.

[8] C. Yohana Windra, "Penerapan Mikrokontroller Arduino Mega 2560 sebagai Monitoring pada Pembacaan Arus 3 Phasa di Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung," vol. 10, no. 1, p. 2021, doi: 10.21063/JTE.2021.31331007.

[9] A. Muthiah, "KARAKTERISASI ESP32 CAMERA DAN SENSOR SUHU MLX90614-DCI PADA SISTEM PENGENDALI PINTU OTOMATIS," 2024. doi: 10.21009/03.1201.FA15.

[10] T. N. Arifin, G. Febriyani Pratiwi, and A. Janrafsasih, "SENSOR ULTRASONIK SEBAGAI SENSOR JARAK", [Online]. Available: http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/.