

## **IMPLEMENTASI SISTEM PROTEKSI ARUS BOCOR MENGUNAKAN RCCB PADA MESIN PENGEPRES LIMBAH KALENG MINUMAN DI UD SARAGIH**

**Muhammad Fauzan<sup>1</sup>, Risky Sya'bani Lubis<sup>2</sup>, Arridina Susan Silitonga<sup>3</sup>**

Teknik Listrik<sup>1,2</sup>, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

Teknik Konversi Energi<sup>3</sup>, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

muhammad.fauzan@students.polmed.ac.id<sup>1</sup>, riskysya'banilubis@students.polmed.ac.id<sup>2</sup>,  
arridina@polmed.ac.id<sup>3</sup>

### **ABSTRAK**

Rangka mesin pengepres limbah kaleng minuman bersifat konduktor disebabkan material yang digunakan adalah besi. Dikarenakan rangka mesin bersifat konduktor sangat kemungkinan akan menghantar arus listrik, ketika mesin mengalami gangguan arus bocor yang disebabkan kegagalan isolasi instalasi listrik, ini dapat beresiko terhadap manusia yang mengakibatkan kematian. Untuk mengatasi masalah ini diperlukan sistem proteksi arus bocor. Komponen yang digunakan untuk memproteksi arus bocor adalah RCCB yang dapat mendeteksi dan memutuskan arus bocor. Dengan mengimplementasi sistem proteksi arus bocor menggunakan RCCB pada mesin pengepres kaleng minuman terbukti efektif dalam meningkatkan keamanan kerja dan mencegah terjadinya bahaya kelistrikan. Arus sensitivitas yang rendah (30 mA) dan durasi trip yang singkat (<10 ms) memastikan respons yang cepat dan akurat terhadap arus bocor.

**Kata Kunci :** Arus Bocor, RCCB, Mesin Pengepres Kaleng Minuman

### **PENDAHULUAN**

Listrik merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia, baik dari lapisan masyarakat tingkat bawah sampai masyarakat tingkat atas pasti akan memerlukan listrik, baik untuk kebutuhan rumah tangga dan kebutuhan industri. Namun akan lebih bijaksana apabila kita juga mengetahui dan mewaspadaikan bahaya dari arus listrik sehingga akan lebih berhati-hati dalam menggunakan listrik ini dalam kehidupan sehari-hari. Efek dari sengatan listrik sangat bervariasi, mulai dari cacat fisik dan psikis sampai membawa korban jiwa. Oleh sebab itu, perlu adanya sistem pengamanan / proteksi terhadap bahaya arus listrik dalam mendesain suatu instalasi listrik.

Arus bocor dapat terjadi karena mengalirnya arus dari kawat fasa (yang bertegangan) ke body mesin yang bahannya bersifat konduktor diakibatkan adanya kebocoran isolasi yang disebabkan pengkabelan yang buruk atau alat-alat yang dipakai salah sehingga timbul percikan api yang dapat merusak instalasi listrik (Burhan dkk., 2018).

Arus bocor ini sangat berbahaya bagi manusia. Bisa mengakibatkan resiko kematian. Resiko kematian pada manusia ialah mengalirnya arus listrik ke tubuh manusia dan merusak dua fungsi tubuh yang vital yaitu pernapasan dan detak jantung, adapun skala resiko berdasarkan arus pengenal dan lamanya waktu kontak/waktu sentuh.

*Residual Current Circuit Breaker* (RCCB) merupakan salah satu jenis pengamanan yang digunakan untuk mendeteksi arus bocor yang terjadi pada alat-alat listrik. Apabila manusia tersengat listrik, maka arus listrik akan mengalir melewati tubuh manusia menuju ke tanah (mengalir arus tambahan melalui manusia), bila RCCB terpasang, maka tambahan arus tersebut akan terdeteksi. Seberapa besar arus tambahan (arus pengenal) sudah cukup untuk mengaktifkan relai untuk memutuskan rangkaian (RCCB trip) sehingga manusia akan terhindar dari bahaya sengatan aliran listrik. Melalui penelitian ini akan diteliti seberapa besar nilai arus tambahan (arus pengenal) yang cukup untuk mengaktifkan relai untuk memutuskan rangkaian (RCCB trip) (Burhan dkk., 2018).

## TINJAUAN PUSTAKA

### Uraian Teori

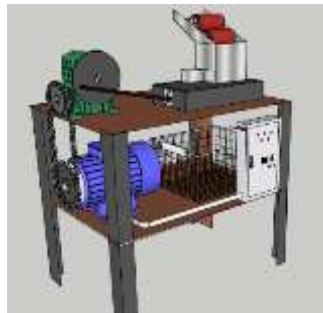
Penjelasan dari komponen-komponen penyusun sistem objek adalah sebagai berikut:

#### 1. Mesin Pengepres Kaleng Minuman

Mesin pengepres limbah kaleng minuman adalah perangkat mekanis yang dirancang khusus untuk mengoprasikan dan mengolah limbah kaleng minuman. Tujuannya adalah untuk mengurangi volume limbah yang dihasilkan dari kaleng minuman bekas, sehingga memudahkan dalam pengelolaan limbah dan proses daur ulang. menjadi solusi esensial dalam upaya pengelolaan limbah yang ramah lingkungan (Sihombing, 2020). Pada dasarnya, mesin pengepres limbah kaleng minuman bekerja dengan cara menekan kaleng-kaleng tersebut secara mekanis sehingga volumenya menjadi lebih kecil. Proses ini membantu dalam menghemat ruang penyimpanan dan transportasi limbah, serta mempermudah proses pengolahan lebih lanjut, seperti daur ulang (Chamim dkk., 2021). Berikut adalah beberapa langkah umum dalam proses pengepresan:

- a) Pengisian kaleng: Kaleng-kaleng minuman bekas dimasukkan ke dalam ruang penampung pada mesin.
- b) Penekanan mekanis: Sebuah plat penekan atau piston hidrolik bergerak ke bawah, menekan kaleng-kaleng tersebut dengan kuat.
- c) Pengurangan volume: Tekanan yang diberikan menyebabkan kaleng-kaleng menjadi pipih dan volumenya berkurang secara signifikan.
- d) Pengeluaran Kaleng Pipih: Kaleng-kaleng pipih yang telah dipres dikeluarkan dari mesin dan siap untuk ditumpuk atau diangkut ke tempat pengolahan selanjutnya.

Penerapan mesin pengepres limbah kaleng minuman sangat berguna dalam upaya pengelolaan limbah yang ramah lingkungan, karena membantu mengurangi volume limbah yang akan dibuang ke tempat pembuangan akhir dan mendorong praktik daur ulang yang lebih efisien, Gambar desain mesin pengepres kaleng minuman dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Gambar desain mesin pengepres kaleng minuman  
Sumber: Penulis, 2024

#### 2. Residual Current Circuit Breaker (RCCB)

RCCB adalah sebuah alat pemutus ketika terjadi kontak antara arus positif, arus negatif dan grounding pada instalasi listrik. Selain dari itu RCCB dapat memutus arus listrik ketika terjadi kontak antara listrik dan tubuh manusia. RCCB merupakan salah satu jenis pengamanan yang digunakan untuk mendeteksi arus bocor, pengamanan ini akan trip dengan sendirinya apabila arus yang telah melewati RCCB ini telah melebihi batas arus yang telah ditentukan. Cara kerja RCCB ini adalah ketika terjadi kontak antara listrik dan tubuh manusia, maka arus akan mengalir melalui tubuh manusia ke *grounding* (bumi). Hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan total arus yang melewati RCCB sehingga memicu alat RCCB untuk memutus arus ketika terjadi kontak antara arus positif, arus negatif dan grounding pada instalasi listrik (Roldán-Porta dkk., 2014).

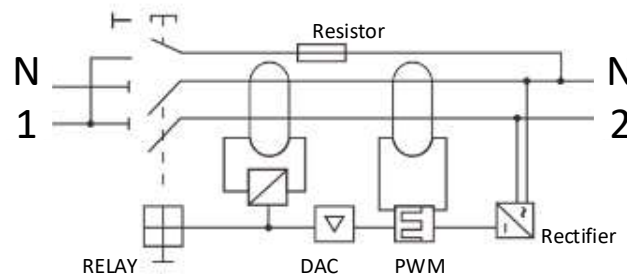
RCCB memberikan dua macam proteksi atau pengamanan, yakni: Kontak langsung, kontak langsung terjadi bila manusia memegang langsung kawat atau kabel fasa bertegangan. Pada dasarnya pengamanan terhadap resiko kontak langsung adalah isolasi kabel fasa tegangan dan penggunaan boks panel serta lainnya. Sedangkan kontak tak langsung terjadi apabila manusia

memegang bagian logam yang bertegangan akibat kegagalan isolasi. Besarnya arus bocor tergantung pada resistans bocor dan penyambungan netral. Arus bocor akan kembali ke sumber lewat konduktor pengaman atau lewat bumi tersebut untuk memutuskan aliran listrik seketika Standar IEC menetapkan pemasangan RCCB dengan sensitifitas 30 mA untuk dipasang pada rangkaian instalasi listrik pada dunia industri dan masyarakat. Dimana RCCB akan otomatis trip apabila arus bocor yang terdeteksi melebihi ambang batas 30 mA, dan sangat direkomendasikan untuk menggunakan RCCB untuk mencegah berbagai resiko masuknya listrik kedalam tubuh manusia (Burhan dkk., 2018). desain RCCB dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Residual Current Circuit Breaker (RCCB)  
Sumber: Burhan, 2018

Mekanisme kerja RCCB cukup simpel namun efisien. Prinsip dasarnya adalah melakukan pemantauan dan deteksi terhadap perbedaan arus yang mengalir antara dua konduktor listrik, yaitu konduktor fasa dan netral. Pada kondisi normal, arus yang mengalir melalui konduktor fasa seharusnya sama dengan arus yang mengalir melalui konduktor netral. Namun, jika ada gangguan seperti kebocoran arus atau kesalahan pembumian pada salah satu konduktor, maka akan terjadi ketidakseimbangan dalam arus yang mengalir antara dua konduktor tersebut (Burhan dkk., 2018), pada gambar 3 adalah gambar penjelasan cara kerja RCCB.



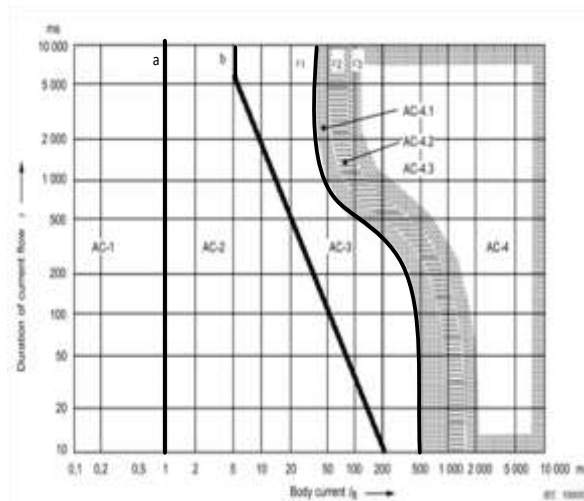
Gambar 3. angkaian cara kerja RCCB  
Sumber: Penulis, 2024

### 3. Kejut listrik

Nilai arus sebesar 30 mA dianggap batas aman bagi manusia, Acuannya adalah Technical Specification IEC/TS 60479-1, yang memberikan pedoman dasar pada efek arus kejut listrik pada manusia dan ternak, untuk digunakan menetapkan persyaratan keselamatan listrik. Untuk menghindari kesalahan dalam interpretasi dokumen ini, harus ditekankan bahwa data yang diberikan dalam dokumen utamanya berdasar pada eksperimen dengan hewan dan informasi yang tersedia dari observasi klinis. Hanya beberapa eksperimen dengan arus kejut berdurasi singkat dilakukan pada manusia hidup. Dalam bukti yang tersedia, kebanyakan berasal dari riset terhadap hewan, nilai-nilainya sedemikian konservatif sehingga dokumen ini berlaku pada manusia dalam kondisi fisiologis normal, termasuk anak-anak, tidak tergantung usia dan beratnya (Sayogo, 2014).

Berdasarkan penelitian atas ketahanan manusia dan ternak terhadap pengaruh besarnya arus listrik yang mengalir pada tubuh manusia dan ternak diperoleh grafik dapat dilihat pada gambar

4: Durasi arus yang mengalir (ms) vs Nilai arus yang mengalir (mA), sebagai berikut (Sayogo, 2014):



Gambar 4. (IEC 60479-1) - Zona Waktu/Arus konvensional efek arus a.b. (15 Hz -100 Hz) pada manusia untuk lintasan arus dari tangan kiri ke kaki  
Sumber: Sayogo, 2014

Keterangan :

**Tabel 1.** Keterangan Grafik gambar 4 tahapan arus yang mengalir pada manusia

Zona	Batas	Efek Fisiologis
AC-1	s /d 0,5 mA kurva a	Pada umumnya tidak ada reaksi atau kesemutan ringan.
AC-2	0,5 mA s/d kurva b*	Ada getaran kejut, tapi tidak ada efek fisiologis yang membahayakan.
AC-3	Kurva b s/d kurva c1	Umumnya tidak ada kerusakan organis. Ada kejang otot dan kesulitan pernafasan.
AC-4	Diatas kurva c1	Penambahan durasi waktu & nilai arus akan menambah efek patofisiologis yang berbahaya, semacam jantung berhenti, pernafasan berhenti, terbakar parah dapat terjadi.
AC-4.1	c1 – c2	Probabilitas jantung berhenti bertambah s/d 5 %.
AC-4.2	c2 – c3	Probabilitas jantung berhenti s/d 50 %.
AC-4.3	Diatas kurva c3	Probabilitas jantung berhenti diatas 50 %.

Sumber : PUIL 2011

Untuk durasi aliran arus kurang dari 10 ms, batas untuk arus melalui tubuh, untuk garis b tetap konstan pada nilai 200 mA. Dari grafik tersebut nampak bahwa nilai ambang batas arus aman (threshold current) = 30 mA. Kurva c1, merupakan kurva yang paling penting, karena merupakan ambang batas pengaruh besar arus yang mengalir dalam tubuh manusia yang mulai menimbulkan bahaya kejut listrik terhadap jantung manusia, yang dapat mengakibatkan kematian (Sayogo, 2014).

#### METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian Implementasi Sistem Proteksi Arus Bocor Menggunakan RCCB Pada Mesin Otomatis Pengepres Limbah Kaleng Minuman, digambarkan pada diagram *Fishbone* berikut :



Gambar 5. Fishbone Diagram  
Sumber: Penulis, 2024

Penelitian ini diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk proses perancangan Alat Mesin pengepres limbah kaleng minuman, Berdasarkan diagram Fishbone diatas, implementasi sistem proteksi arus bocor pada mesin pengepres kaleng minuman. RCCB akan bekerja ketika terjadi gangguan arus bocor terhadap rangka alat yang bersifat konduktor terhadap listrik dan juga manusia tersentuh rangka alat yang mengalir arus listrik yang bocor.

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah tempat dimana penelitian dilakukan atau dimana data dan informasi dikumpulkan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang diajukan.

Lokasi penelitian dilaksanakan di Pengepul Barang Bekas UD Saragih, Jl. Rumah Potong Hewan, Kec. Mabar Hilir, Kota Medan, Sumatera Utara 20242.

### Parameter Pengukuran dan Pengamatan

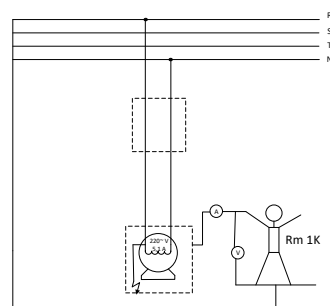
Adapun data yang diambil meliputi RCCB sebagai sistem proteksi yang digunakan pada mesin pengepres kaleng minuman, dan parameter yang diukur mengikuti grafik pada gambar 4 dan tabel 1.

### Model Penelitian

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode penelitian eksperimental karena metode penelitian eksperimental sangat relevan digunakan dalam penelitian untuk mengetahui bagaimana proses perancangan sistem proteksi arus bocor pada mesin pengepres kaleng minuman menggunakan RCCB.

#### 1. Metode pengujian alat

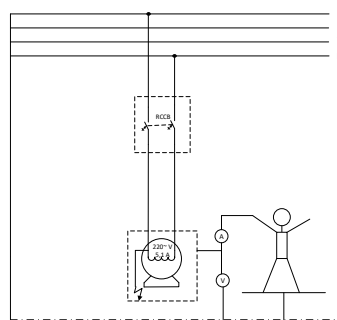
Dibawah ini merupakan gambar rangkaian perancangan pengujian alat terhadap arus bocor, dan dapat dilihat pada gambar 6. berikut :



Gambar 6. Rangkaian uji coba alat terhadap arus bocor  
Sumber: Penulis, 2024

Rangkaian perancangan merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan alat. Dari rangkaian perancangan maka akan dapat diketahui prinsip kerja pengujian alat terhadap arus bocor. Pada gambar 3.2, dapat dilihat bahwa Rm adalah resistor yang berfungsi sebagai simulasi tahanan tubuh manusia yang terhubung seri dengan rangka alat. Pengukuran arus dan tegangan yang mengalir pada tahanan tubuh manusia dilakukan untuk mencatat hasil pengukuran. Perlu

diingat bahwa rangkaian ini belum memiliki proteksi arus bocor. Dapat dilihat pada gambar 3.3 adalah rangkaian uji sistem proteksi arus bocor menggunakan RCCB.



Gambar 7. Rangkaian uji coba alat terhadap arus bocor menggunakan RCCB  
Sumber: penulis, 2024

## 2. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Dalam melakukan rancangan ini, metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode eksperimental adalah metode uji coba pada mesin pengepres kaleng minuman terhadap arus bocor. Data-data dikumpulkan bersifat data yang konkrit yang diperoleh dari pengukuran arus bocor menggunakan multimeter. Adapun metode yang digunakan untuk memperoleh data antara lain yaitu:

### a. Metode pustaka

Metode pustaka adalah suatu kegiatan pengumpulan data yang biasanya diperoleh dari penelitian-penelitian terdahulu ataupun dari jurnal-jurnal ilmiah yang terkait dengan sistem proteksi arus bocor menggunakan RCCB dan mesin pengepres kaleng minuman sebagai objek yang akan di uji. Metode pustaka bertujuan untuk mempelajari berbagai macam teori yang akan digunakan dalam pembuatan dan perancangan alat yang dibuat. Informasi-informasi yang dikumpulkan akan digunakan sebagai referensi ataupun acuan. Informasi yang didapat berupa jurnal, buku ataupun sumber lainnya yang terpercaya dan dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya.

### b. Metode observasi

Metode observasi adalah salah suatu kegiatan pengumpulan data yang dilakukan melalui suatu pengamatan secara langsung yang disertai dengan adanya berbagai pencatatan terhadap keadaan atau perilaku objek sasaran. Adanya metode observasi ini dengan maksud memahami berdasarkan pengetahuan dan ide sebelumnya agar bisa mendapatkan informasi yang diperlukan untuk melanjutkan proses penelitian selanjutnya.

## 3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada Penelitian ini penulis mengobsevasi langsung data yang telah dikumpulkan dari rancangan alat. Penulis melakukan pengujian terhadap mesin pengepres kaleng minuman dengan melakukan mengukur arus bocor pada mesin dan menganalisa data yang sudah di dapatkan dengan Acuannya adalah Technical Specification IEC/TS 60479-1 dan PUIL 2011 proteksi terhadap kejut listrik.

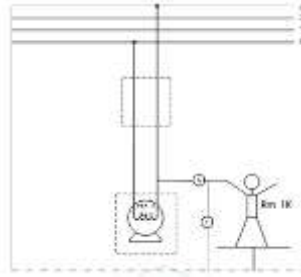
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Mengukur Arus Bocor Pada Mesin

Pengukuran arus bocor pada tahanan manusia menggunakan resistor 1 k $\Omega$  dilakukan tanpa RCCB dalam pengujian ini. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil arus bocor yang mengalir pada tahanan manusia melalui dua metode pengujian yang berbeda, yaitu:

#### 1. Pengukuran arus bocor kontak langsung

Pada pengujian pertama, dilakukan simulasi kontak langsung dengan meniru kondisi kegagalan isolasi kabel. Simulasi ini melibatkan kabel yang tidak terisolasi dan kontak fisik dengan manusia. Pengujian dilakukan seperti pada gambar 5 tetapi pada Rm (resistor sebagai tahanan manusia) terhubung langsung pada kabel yang tidak berisolasi, seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Pengujian arus bocor kontak langsung  
Sumber: Penulis, 2024

Pengujian dilakukan dua kali percobaan, arus bocor diukur pada kabel tidak terisolasi yang terhubung ke Rm. Keluaran Rm dihubungkan langsung ke tanah. Pengukuran ini menghasilkan nilai arus bocor sebesar:

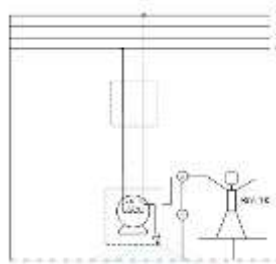
**Tabel 2.** Hasil pengukuran arus bocor kontak langsung

No	Arus bocor (mA)	Tegangan (V)
1	99	101
2	210	215

Pada pengujian ini, nilai yang ditampilkan multimeter bersifat sementara dan tidak stabil, Nilai yang berbeda-beda muncul dan data yang diambil pada percobaan pertama.

## 2. Pengukuran arus bocor kontak tidak langsung

Pada pengujian kedua, simulasi kontak langsung dilakukan dengan cara menyentuh kabel yang terhubung ke rangka mesin secara sengaja. Rangka mesin ini bersifat konduktif dan terhubung ke Rm. Keluaran Rm kemudian dihubungkan ke tanah. Seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Pengujian arus bocor kontak tidak langsung  
Sumber: Penulis, 2024

Pengujian ini juga dilakukan dua kali percobaan, arus bocor diukur dari kabel tidak terisolasi yang tersentuh pada rangka mesin. Keluaran Rm dihubungkan langsung ke tanah, pengukuran ini menghasilkan nilai arus bocor sebesar:

**Tabel 3.** Hasil pengukuran arus bocor kontak tidak langsung

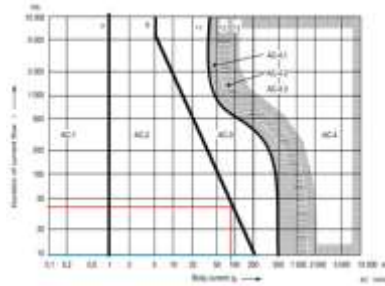
No	Arus bocor (mA)	Tegangan (V)
1	50	52
2	70	75

Sama dengan pengujian pertama, pada pengujian kedua nilai yang ditampilkan multimeter bersifat sementara dan tidak stabil. Nilai yang berbeda-beda muncul dan data yang diambil pada percobaan pertama.

### Analisis Hasil Pengukuran Arus Bocor Pada Mesin

Pada tahap ini, hasil pengukuran dianalisis berdasarkan teori kejut listrik dan data referensi dari gambar 4 dan tabel 1 unuk mendapatkan pengaruh besar arus yang mengalir dalam tubuh manusia yang dapat menimbulkan bahaya kejut listrik.

1. Analisis Hasil Pengukuran Arus Bocor Kontak Langsung dan Hasil data dari dua kali percobaan yang didapatkan pada tabel 2 dan dapat diilustrasikan pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik hasil pengukuran arus bocor kontak langsung  
Sumber: Penulis, 2024

Pada gambar 10 adalah gambaran dari hasil pengukuran kontak langsung dan di jelaskan melalui tabel 4.

**Tabel 4.** Analisis hasil pengukuran kontak langsung

Warna garis	Arus bocor (mA)	Batas durasi arus yang mengalir (Ms)	Zona	Efek fisiologis	Kondisi RCCB dan Waktu (Ms)
Garis merah	99	< 35	AC-2	Ada getaran kejut, tapi tidak ada efek fisiologis yang membahayakan.	Trip (<30ms)
Garis biru	210	< 10	AC-3	Umumnya tidak ada kerusakan organis. Tetapi ada kejang otot dan kesulitan pernafasan.	Trip (<30ms)

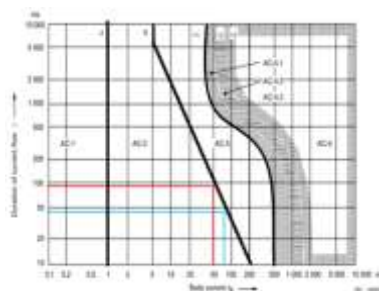
Analisis data di atas, dapat disimpulkan bahwa manusia yang terkena kejut listrik akan aman dari bahaya jika lama sengatan listrik tidak melebihi batas durasi arus yang tercantum dalam tabel 4.

Pada zona AC-2 ketika manusia mengalami kejut listrik akan mengakibatkan getaran kejut. Getaran kejut adalah sensasi kesemutan, getaran, atau sengatan listrik ringan yang terjadi saat tubuh manusia bersentuhan dengan arus listrik. Sensasi ini dapat menakutkan dan tidak menyenangkan, namun umumnya tidak berbahaya dan tidak menimbulkan efek fisiologis yang membahayakan.

Zona AC-3 dapat mengakibatkan kejut listrik yang bisa menimbulkan berbagai dampak, seperti kejang otot, kesulitan bernapas gangguan sistem saraf pernafasan, dan Kerusakan saraf.

Analisis ini memberikan bahwa penggunaan RCCB sangat direkomendasikan sebagai sistem proteksi arus bocor dikarenakan RCCB memiliki arus sensitivitas yang telah ditetapkan sebesar 30 mA dan durasi trip kurang dari 10 ms.

2. Analisis Hasil Pengukuran Arus Bocor Kontak Tidak Langsung dan Hasil data dari dua kali percobaan yang didapatkan dalam tabel 3 dan dapat digambarkan pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik hasil pengukuran arus bocor kontak tidak langsung  
Sumber: Penulis, 2024



Pada gambar 11 adalah gambaran dari hasil pengukuran kontak langsung dan di jelaskan melalui tabel 5.

**Tabel 5.** Analisis hasil pengukuran kontak tidak langsung

Warna garis	Arus bocor (mA)	Batas durasi arus yang mengalir (Ms)	Zona	Efek fisiologis	Kondisi RCCB dan waktu (Ms)
Garis merah	50	< 95	AC-2	Ada getaran kejut, tapi tidak ada efek fisiologis yang membahayakan.	Trip (<30ms)
Garis biru	70	< 40	AC-2		Trip (<30ms)

Berdasarkan analisis data di atas, dengan analisis tabel 4 sama, tidak ada perbedaan dan dari analisis ini, penggunaan RCCB sangat direkomendasikan sebagai sistem proteksi arus bocor dikarenakan RCCB memiliki arus sensitivitas yang telah ditetapkan sebesar 30 mA dan durasi trip kurang dari 10 ms.

### SIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi sistem proteksi arus bocor menggunakan RCCB pada mesin pengepres kaleng minuman terbukti efektif dalam meningkatkan keamanan kerja dan mencegah terjadinya bahaya kelistrikan. RCCB terbukti efektif dalam melindungi operator dan pekerja dari bahaya kelistrikan pada mesin pengepres kaleng minuman. Arus sensitivitas yang rendah (30 mA) dan durasi trip yang singkat (<10 ms) memastikan respons yang cepat dan akurat terhadap arus bocor.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M), Politeknik Negeri Medan (POLMED), atas pemberian dana melalui Dana HAKIM 2024 dengan nomor kontrak B/586/PL5/PT.01.05/2024.

### DAFTAR PUSTAKA

- Burhan, P., Hasta W, S., Graha, S., & Watoni, M. A. (2018). *Efektivitas Penggunaan Residual Current Circuit Breaker Sebagai Pengaman Manusia Terhadap Arus Bocor Akibat Kegagalan Isolasi. Jurnal INTEKNA : Informasi Teknik dan Niaga*, 18(1), 13–17.
- Chamim, M., Amarulloh, A., Margono, B., Sudargo, P. H., & Margono, M. (2021). *Pendampingan Pengolahan Limbah Anorganik dengan Menggunakan Mesin Pengepres Limbah Kaleng pada BUMDes Desa Gawan, Kecamatan Tanon, Kabupaten Sragen. Community Empowerment*, 6(4).
- Roldán-Porta, C., Escrivá-Escrivá, G., Cárcel-Carrasco, F.-J., & Roldán-Blay, C. (2014). *Nuisance tripping of residual current circuit breakers: A practical case. Electric Power Systems Research*, 106, 180–187.
- Sayogo, Ir. B. (2014). *Penjelasan PUIL 2011*. Jakarta : Penerbit Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Sihombing, J. B. (2020). *Rancang Bangun Mesin Press Kaleng Minuman Bekas*. Penerbit: UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG.
- Syukriyadin, S. (2017). *Sistem Proteksi Arus Bocor Menggunakan Earth Leakage Circuit Breaker Berbasis Arduino. Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 12(3), 111.