KILAT
Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500

Penerapan Pola Koordinasi Proteksi Non-Cascade Pada Ocr Incoming Dan Ocr Penyulang Trafo

Muhammad Luthfiansyah Romadhoni [1*)]***; Muhammad Fadli Nasution*** [2]***;***
Riarsari Meirani Utami [2]

1. Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN, Cengkareng, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11750, Indonesia
2. UPT Duri Kosambi, UIT JBB, PT.PLN (Persero) Cengkareng, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11750, Indonesia

[*)]*Email: m.luthfiansyah.r@gmail.com*

Received: 5 Oktober 2021 | Accepted: 5 Desember 2022 | Published: 5 Desember 2022

ABSTRACT

Reliability is an important aspect to ensure continuity of electrical supply. Fast fault clearing is very important to avoid damaging effects on equipment and power system stability. On the other hand, selectivity of the protection must be achieved to ensure no unnecessary outages. The problem with protection coordination existing is only using delay time between an incoming over-current relay (OCR) and an outgoing OCR to clear the fault in the system. When fault occurs on busbar 20kV, large current will flow through the transformer during fault clearing time. Non-Cascade protection coordination uses simple coordination between incoming OCRs and all outgoing OCRs to determine the exact location of the fault. By using this coordination scheme, Busbar 20 kV fault can be detected, and trip instantly but still gives time to the outgoing relay to trip if the fault occurs on the outgoing.

Keyword: *Transformer, Protection, Relay, Overcurrent, Non-Cascade*

ABSTRAK

Keandalan merupakan poin penting dalam proses penyaluran energi listrik yang baik. Sangat penting untuk mengisolasi gangguan secara cepat agar gangguan tidak merusak peralatan ataupun mengganggu sistem lain yang masih bekerja. Disisi lain selektivitas sistem proteksi tetap harus terjaga agar tidak terjadi pemadaman yang tidak diperlukan. Permasalahan pada koordinasi proteksi eksisting adalah hanya menggunakan koordinasi waktu tunda trip antara Over-current Relay (OCR) incoming dan OCR penyulang untuk mengisolasi gangguan pada sistem. Ketika terjadi gangguan di Busbar 20kV, arus gangguan yang besar akan mengalir melalui transformator selama waktu tunda operasi. Pola koordinasi proteksi Non-Cascade menggunakan koordinasi sederhana antara OCR incoming dan semua OCR penyulang untuk menentukan lokasi gangguan dengan tepat. Dengan menggunakan skema koordinasi ini, gangguan Busbar 20 kV dapat dideteksi secara akurat dan dapat di isolasi secara instan namun tetap memberikan waktu kepada OCR penyulang jika terjadi gangguan terjadi di penyulang.

Keyword: *Trafo, Proteksi, Relai, Arus lebih, Non-Cascade*

Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500

1. PENDAHULUAN

Salah satu fungsi utama sistem proteksi adalah mengisolasi area yang terdapat gangguan secepat mungkin, agar area lain yang tidak terdampak masih bisa beroperasi dan tetap menyalurkan energi listrik. Saat sistem proteksi mendeteksi adanya gangguan maka relay akan memerintahkan PMT untuk trip. Selain kecepatan, prinsip utama sistem proteksi lainya adalah selektif yaitu kemampuan sistem proteksi untuk bekerja secara benar sesuai dengan zona proteksinya.

Trafo adalah salah satu komponen paling kritikal dalam sistem penyaluran energi listrik sehingga harus diproteksi dari berbagai macam jenis gangguan. Berdasarkan IEEE Std C57.109-2018 ketika terjadi gangguan di sisi sekunder trafo maka arus gangguan akan mengalir melalui trafo, arus gangguan ini disebut Through Fault Current (TFC) yang dapat berpengaruh terhadap komponen mekanik dan elektrik trafo [1]. Besar dan lama durasi TFC akan berbanding lurus dengan efek nya terhadap trafo dan dapat menyebabkan penurunan Isolasi di belitan primer [2].

Koordinasi proteksi OCR di incoming dan penyulang di bay trafo harus memenuhi unsur selektif dan cepat dalam mengisolasi gangguan. OCR incoming harus bekerja dengan cepat agar trafo tidak terlalu lama merasakan gangguan namun tetap selektif agar tidak mendahului OCR penyulang. Koordinasi setting cascading (bertingkat) dengan dua nilai seting high set sebagai proteksi cadangan diterapkan agar kecepatan operasi OCR incoming lebih cepat pada saat terdapat arus gangguan yang besar [3]. Beberapa penelitian lain menggunakan fungsi optimasi dalam mendesain koordinasi OCR diantaranya menggunakan algoritma genetika [4][5], menggunakan metode *sequential quadratic programming* [6] dan menggunakan *artificial bees colony algorithm* [7]. Dalam penelitian lain dilakukan penerapan *directional overcurrent* pada proteksi penyulang untuk meningkatkan selektifitas [8].

Pada penelitian Penerapan Pola Koordinasi Proteksi Non-Cascade Pada OCR Incoming Dan OCR Penyulang Trafo ini akan dijabarkan mengenai perbaikan pada koordinasi sistem proteksi dalam meningkatkan kecepatan dan selektifitas sistem proteksi dalam mengisolasi gangguan. Pola koordinasi proteksi Non-Cascade menggunakan koordinasi sederhana antara OCR incoming dan OCR penyulang agar bisa mendeteksi posisi gangguan sehingga saat terjadi gangguan di Busbar 20kV bisa diisolasi secara instan. Saat terjadi gangguan di penyulang, OCR incoming akan memberi jeda waktu agar tidak mendahului OCR penyulang bekerja sebelum memberi perintah trip kepada PMT incoming. Pola koordinasi proteksi Non-Cascade akan dijelaskan dengan menggunakan rangkaian wiring dan logika tripping nya serta dianalisa menggunakan simulasi dan pengujian di lapangan.

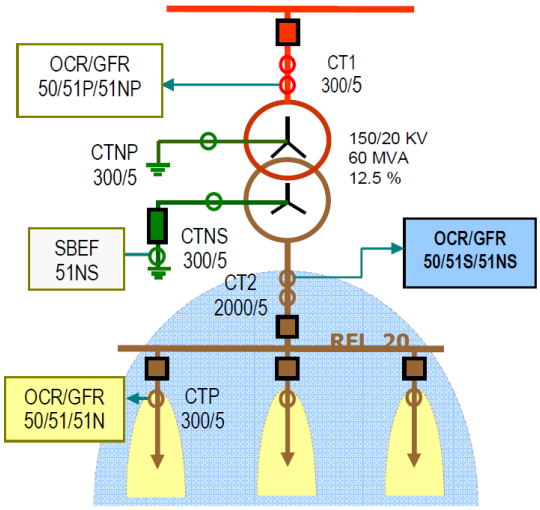
2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, tahap pertama adalah kajian terhadap sistem koordinasi proteksi eksisting, tahap kedua adalah desain dan penerapan metode koordinasi pola non-Cascade yaitu desain rangkaian dan desain logika trip yang digunakan. Terakhir dilakukan simulasi, pengujian dan analisa pola koordinasi non-Cascade yang telah diaplikasikan.

2.1. Sistem Proteksi Bay Trafo 150/20 kV 60 MVA

Pada bay trafo di gardu induk, penyulang-penyulang mendapatkan sumber daya listrik dari trafo daya 150/20 kV 60 MVA. Trafo menyalurkan dan membagi daya listrik melalui busbar 20 kV ke penyulang-penyulang yang terkoneksi langsung ke SKTM ataupun SUTM jaringan distribusi. Busbar 20 kV menghubungkan bagian incoming dan outgoing trafo. Bagian incoming dilengkapi PMT dan relay sebagai proteksi terhadap gangguan eksternal [9]. Setiap penyulang dilengkapi dengan sistem proteksi yang daerah kerja penyulang dan incoing digambarkan sebagai berikut.

Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500



Gambar 1. Daerah Kerja Proteksi OCR Incoming

Sistem proteksi bay trafo terdiri dari koordinasi beberapa relay salah satunya adalah OCR incoming 20 kV. Over current relay (OCR) merupakan salah satu proteksi yang sederhana dan efektif dalam sistem proteksi. Tipe proteksi ini digunakan untuk memproteksi peralatan atau sistem terhadap arus berlebih, dalam penerapannya terdapat dua parameter utama setting OCR yaitu arus gangguan dan waktu operasi. Prinsip kerja OCR adalah membandingkan arus yang terukur dengan nilai arus gangguan yang telah disetting, saat arus terukur lebih besar dari arus setting gangguan maka OCR akan mendeteksi adanya gangguan dan memberi perintah trip PMT. Jeda waktu antara pendeteksian gangguan dengan pengiriman perintah trip adalah waktu operasi (waktu tunda trip). Berdasarkan waktu operasi OCR dapat digolongkan menjadi beberapa jenis diantaranya: OCR waktu instan, OCR waktu definit dan OCR waktu invers [10].

Zona proteksi OCR incoming adalah dari CT 20 kV di incoming hingga ke penyulang, dibutuhkan koordinasi proteksi antara OCR incoming dengan OCR penyulang agar OCR incoming 20 kV tidak boleh bekerja lebih cepat dari OCR penyulang saat terjadi gangguan di penyulang. Koordinasi proteksi adalah proses menentukan pola sistem proteksi dalam merespon berbagai macam gangguan di sebuah sistem tenaga listrik. Koordinasi proteksi bertujuan untuk meningkatkan selektifitas sehingga ketika terjadi berbagai macam gangguan sistem tenaga listrik tetap aman dan andal. Konfigurasi sistem dan jaringan listrik sangat menentukan pola koordinasi yang digunakan, skema koordinasi proteksi harus memenuhi tingkat kecepatan, selektifitas dan andal ketika beroperasi.

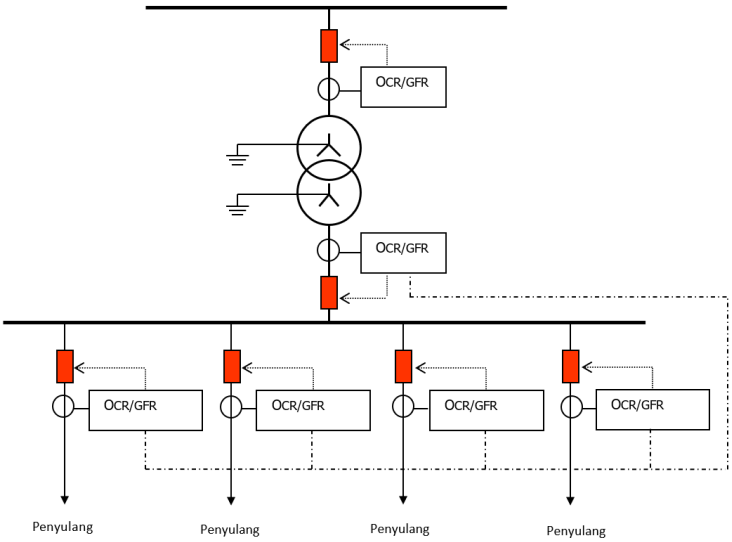
Koordinasi OCR incoming dan OCR penyulang eksisting mempunyai beberapa kelemahan. Saat terjadi gangguan di Busbar 20 kV tidak bisa di isolasi secara instan karena setting waktu operasi OCR incoming mempunyai delay waktu untuk mengakomodasi waktu operasi relay penyulang. Begitu juga ketika terjadi *equipment failure* di sisi penyulang, OCR incoming akan tetap menunggu waktu operasi hingga gangguan dapat diisolasi. Risiko penurunan *life time* trafo akan semakin besar saat arus gangguan TFC mengalir di trafo selama jeda waktu operasi OCR incoming saat terjadi gangguan tersebut.

2.2. Desain rangkaian wiring Pola Koordinasi Non-Cascade

Pola koordinasi non-cascade memanfaatkan kemampuan relay modern untuk bertukar informasi. Terdapat dua prinsip utama dalam penerapan pola koordinasi non-cascade di Incoming

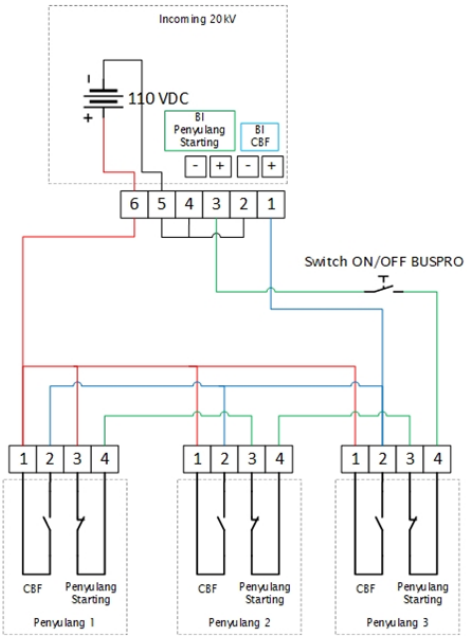
Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500

dan penyulang bay trafo. Pertama, saat terdapat gangguan di Busbar 20kV maka OCR Incoming akan merasakan gangguan namun tidak dengan OCR penyulang dan saat gangguan di penyulang maka OCR incoming dan OCR penyulang akan sama-sama merasakan gangguan. Fenomena ini dimanfaatkan untuk memberi perintah OCR incoming untuk trip secara instan saat gangguan di Busbar 20kV. OCR penyulang di desain akan mengirim sinyal blok saat merasakan gangguan. Jadi saat terjadi gangguan di busbar 20kV, OCR incoming akan merasakan gangguan namun OCR penyulang tidak meraskan gangguan sehingga OCR incoming tidak akan mendapat sinyal *block* dari OCR penyulang, maka OCR incoming dapat trip secara instan.



Gambar 2. Skematik Pola Koordinasi non-Cascade

Kedua, saat terjadi kegagalan PMT trip di penyulang, maka OCR penyulang akan memberi informasi kepada OCR incoming agar segera trip karena OCR penyulang gagal mengisolasi gangguan atau lebih dikenal dengan konsep proteksi Circuit Breaker Failure.



Gambar 3. Rangkaian Pola Koordinasi non-Cascade

Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500

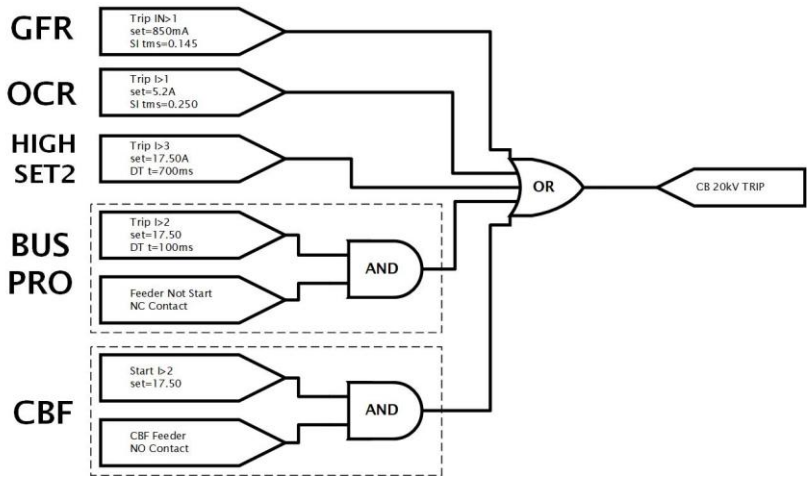
Desain wiring rangkaian pola koordinasi non-cascade menggunakan dua kontak output dari OCR penyulang yang akan mengirim informasi ke input OCR incoming. Pertama adalah kontak normally closed (NC) dari fungsi Istart masing-masing penyulang diseri dan masuk ke input OCR incoming sebagai sinyal blok untuk OCR incoming. Ketika terdapat gangguan di penyulang maka fungsi Istart OCR penyulang ter-trigger dan mengubah kontak dari closed menjadi open sehingga tegangan di input OCR incoming hilang dan OCR incoming menerima sinyal blok, begitu juga sebaliknya. Rangkaian di desain menggunakan kontak Normally closed agar jika terjadi kerusakan wiring, maka OCR incoming otomatis mendapat sinyal blok karena tegangan dari wiring hilang dan saat terjadi gangguan OCR incoming tidak beroperasi terlalu cepat. Pada rangkaian ini juga didesain switch yang sewaktu-waktu dapat digunakan untuk menonaktifkan fungsi wiring ini.

Kedua adalah kontak Normally Open (NO) dari fungsi CBF OCR masing-masing penyulang di paralel dan masuk ke input OCR incoming. Ketika terjadi gagal trip PMT penyulang maka fungsi CBF OCR penyulang akan tertrigger dan mengubah kontak dari open menjadi closed sehingga input OCR incoming akan mendapatkan tegangan. Saat OCR incoming mendapat sinyal CBF maka akan langsung memerintahkan PMT incoming untuk trip.

2.3. Desain Setting OCR dan Logika Trip Pola Koordinasi Non-Cascade di OCR incoming

Setting GFR dan OCR eksisting tidak terpengaruh oleh pola non-Cascade, koordinasi berdasarkan arus dan waktu yang sebelumnya diterapkan masih digunakan untuk mengisolasi gangguan-gangguan dengan besar arus gangguan dibawah setting high Set. Setting GFR (IN>1) menggunakan standard invers dengan setting arus gangguan 340 A dan setting tms 0.145 dan setting OCR (I>1) menggunakan standard invers dengan setting arus gangguan 2080 A dan setting tms 0.25.

Setting high Set atau momen OCR incoming trafo adalah 7kA (4 x In Trafo). Untuk setting ini digunakan dua buah setting high set dengan nilai setting yang sama namun dengan waktu operasi yang berbeda. Setting high set 1 (I>2) sebesar 7kA dengan waktu operasi definit 100ms dan Setting terakhir adalah setting high set 2 (I>3) sebesar 7kA dengan waktu operasi 700ms.



Gambar 4. Logika trip Pola Koordinasi non-Cascade

Pada saat terdapat gangguan dengan arus gangguan dibawah setting high set maka logika tripping OCR incoming akan menggunakan logika tripping GFR untuk gangguan ke tanah dan menggunakan logika tripping OCR untuk gangguan antar fasa. Saat waktu operasi tercapai maka OCR akan memberi perintah trip kepada PMT incoming.

Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500

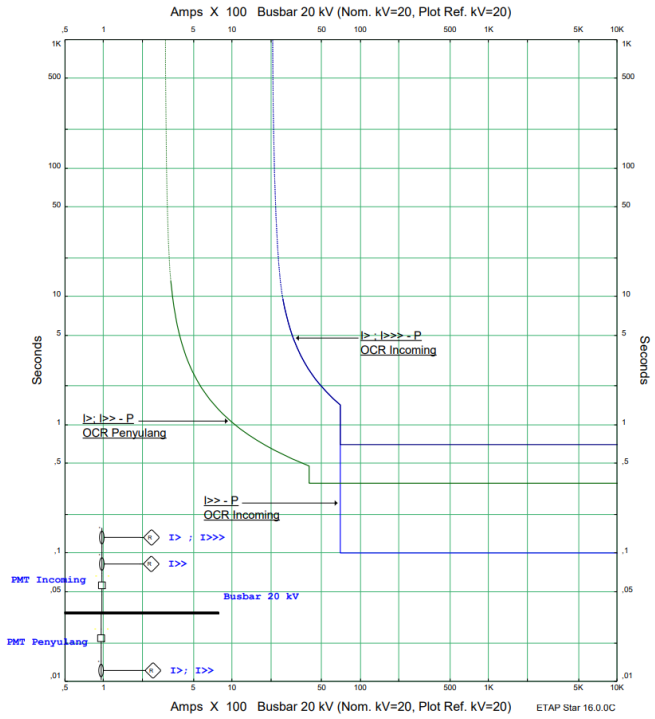
Pada saat terjadi gangguan di Busbar 20 kV maka logika trip BUSPRO akan aktif, logika tripping ini adalah fungsi trip high set2 (I>2) di AND dengan sinyal Feeder not start (kontak NC) penyulang. Jadi ketika terjadi gangguan di Busbar 20 kV maka fungsi I>2 akan aktif dan bernilai 1, sinyal feeder not start juga akan bernilai 1 karena tidak ada perintah blok dari OCR penyulang, sehingga PMT incoming dapat trip dengan cepat. Jika gangguan nya berada di penyulang maka, OCR incoming akan mendapat sinyal blok dari penyulang (kontak close akan berubah menjadi open sehingga logika bernilai O) dan memblok logika trip ini.

Pada logika trip CBF, digunakan setting high set 2 start (Start I>2) yang di AND dengan sinyal CBF penyulang. Jadi ketika OCR incoming merasakan gangguan diatas nilai setting high set 2 dan penyulang memberi sinyal CBF maka OCR incoming akan langsung mentripkan PMT.

Logika trip high set 2 merupakan logika trip cadangan yang berfungsi ketika logika trip BUSPRO tidak aktif, yaitu saat terjadi kerusakan wiring dan pola non cascade tidak aktif (switch posisi off). Saat pola non-cascade tidak aktif maka saat terjadi gangguan di busbar 20kV, OCR incoming akan memberikan perintah trip dengan waktu operasi 700ms.

3. HASIL DAN DISKUSI

Pada penelitian ini, simulasi pola koordinasi non-Cascade dilakukan dengan software ETAP. Pada Gambar 5 dapat dilihat kurva karakteristik Pola non-Cascade.



Gambar 5. Kurva karakteristik Pola Koordinasi non-Cascade

Dari kurva karakteristik terlihat bahwa kurva karakteristik OCR incoming berpotongan dengan kurva karakteristik OCR penyulang yang berarti waktu operasi OCR incoming bisa lebih cepat dari pada OCR penyulang yaitu pada keadaan gangguan Bubar 20kV atau gangguan CBF. Setting waktu operasi antara OCR incoming dan penyulang tidak lagi bertingkat (cascade) sehingga memungkinkan OCR incoming mengisolasi gangguan dengan sangat cepat.

Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500

Uji fungsi dilakukan dengan menginjeksi arus di OCR incoming dan OCR penyulang untuk mensimulasi kondisi gangguan. Simulasi gangguan yang pertama, memiliki tujuan untuk mengetahui kinerja dari logika trip BUSPRO. Saat OCR incoming merasakan gangguan diatas nilai setting I>2 yaitu 17,5 A atau dalam nilai primer 7 kA namun penyulang tidak merasakan gangguan, maka sesuai dengan setting waktu kerja, relay akan mengirim perintah trip dalam waktu 100 ms. Simulasi gangguan yang kedua digunakan untuk mengetahui logika trip high set 2 yaitu pada saat rangkaian busbar protection tidak aktif maka relay akan mengirim perintah trip dalam waktu 700ms. Simulasi gangguan ketiga digunakan untuk mengetahui kinerja dari logika trip CBF dengan cara menginjeksi arus gangguan pada sisi penyulang dan incoming dan mensimulasikan kegagalan kerja PMT penyulang.

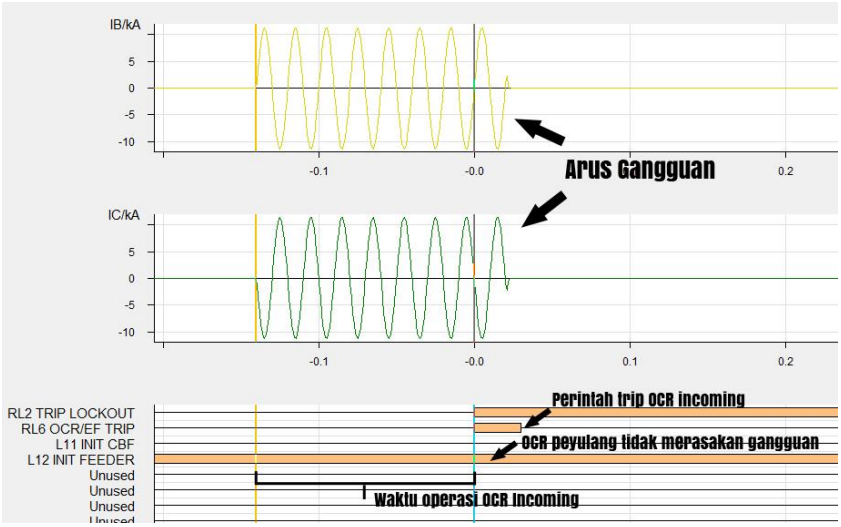
Hasil dan rekaman gangguan pengujian dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar rekaman gangguan.

Tabel 1. Tabel Hasil Uji Pola Non-Cascade

No	Simulasi	Injeksi pada Penyulang	Injeksi pada Incoming	Indikasi pada OCR Incoming	Tripping Time OCR Penyulang	Tripping Time OCR Incoming
1	Gangguan Busbar 20kV saat Buspro Ready	tidak ada injeksi	ph-ph fault 11kA max, 800 ms	Buspro Trip	No Trip	Trip 156.5 ms
2	Gangguan Busbar 20kV tanpa Non Cascade	tidak ada injeksi	ph-ph fault 11kA max, 800 ms	MOC Trip	No Trip	Trip 763.6 ms
3	Gangguan Penyulang Gagal Trip	ph-ph fault, lepas trip 11kA, max 800 ms	ph-ph fault 11kA max, 800 ms	CBF Initiated CBF Trip	No Trip	Trip 573.6 ms

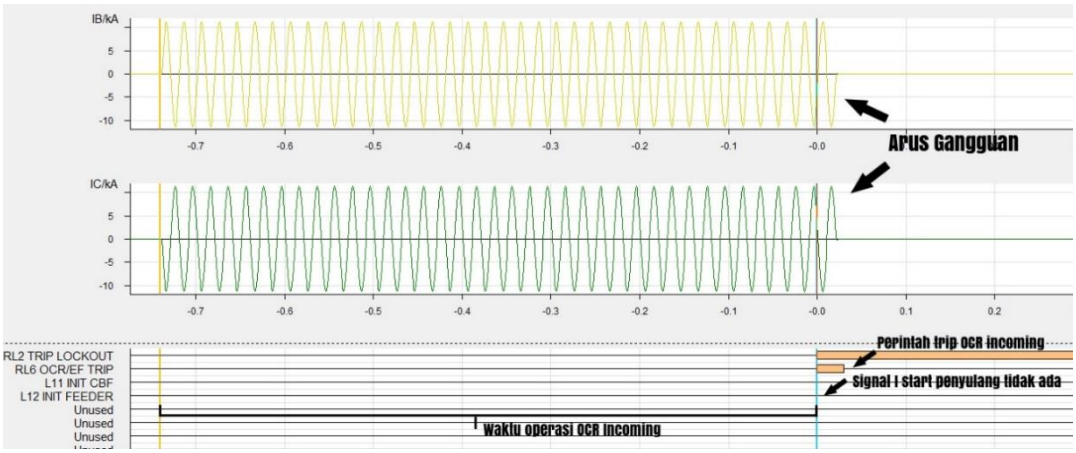
Ditampilkan hasil rekaman gangguan dari relay OCR incoming di masing-masing simulasi. Digunakan untuk melihat respon kerja relay setelah diterapkan pola koordinasi proteksi non-cascade. Berdasarkan rekaman gangguan dapat diketahui waktu kerja dari kontak output dan input relay OCR serta grafik pemutusan arus gangguan.

Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500



Gambar 6. Rekaman OCR incoming pengujian gangguan Busbar

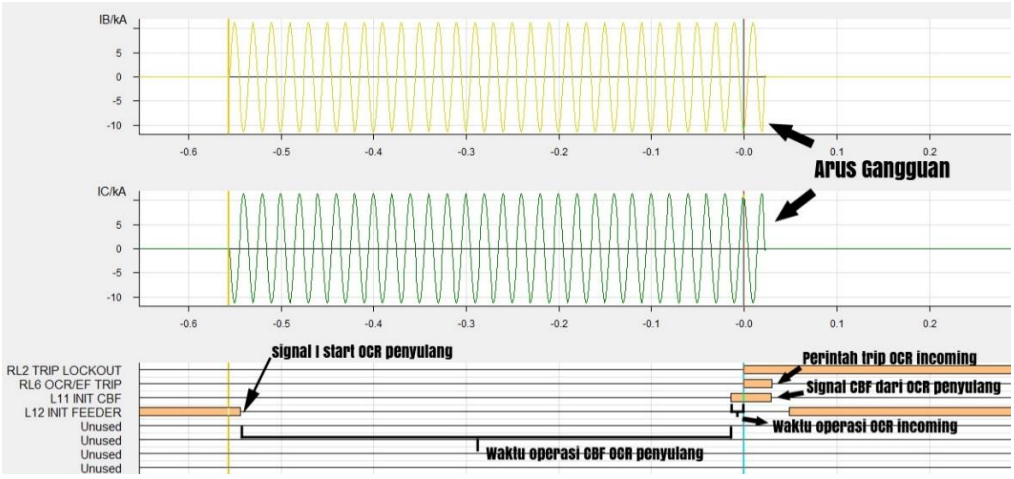
Terlihat pada gambar 6, ketika terjadi gangguan di busbar 20kV proteksi OCR incoming yang telah diaplikasikan pola koordinasi Non-Cascade akan mendapat sinyal feeder not start sehingga akan mengaktifkan pola tripping BUSPRO dan memberikan perintah trip dengan waktu operasi 156.5 ms, lebih cepat dari waktu operasi pola proteksi bay trafo eksisting.



Gambar 7. Rekaman OCR incoming pengujian gangguan Busbar tanpa non-cascade

Pada gambar 7 adalah kondisi saat kondisi switch Buspro OFF atau saat terjadi masalah di rangkaian pola non-cascade OCR incoming. Saat kondisi tersebut sinyal feeder not start akan hilang sehingga akan memblok logika trip BUSPRO. Pada kondisi ini OCR incoming memerlukan waktu operasi 763.6 ms yang merupakan skema cadangan jika pola trip BUSPRO gagal.

Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500



Gambar 8. Rekaman OCR incoming pengujian gangguan CBF

Pada gambar 8 terlihat gangguan berada di penyulang karena sinyal feeder not start bernilai 0 namun OCR incoming merasakan gangguan. Saat OCR penyulang gagal mentripkan PMT maka akan mengirim sinyal CBF ke OCR incoming dan akan langsung memberikan perintah trip PMT incoming. Waktu operasi OCR incoming pada simulasi ini yaitu 573.6 ms.

4. KESIMPULAN

Peningkatan kecepatan dan selektifitas dalam mengisolasi gangguan terlihat pada OCR incoming yang telah menggunakan pola koordinasi Non-Cascade. Logika tripping CBF mentripkan secara langsung PMT incoming sesaat setelah relay OCR incoming mendapatkan sinyal CBF dari penyulang. Logika tripping BUSPRO mentripkan PMT dalam waktu 156.5 ms saat terjadi gangguan di busbar 20kV, lebih cepat dibandingkan pola proteksi eksisting. Pola Non-Cascade juga dilengkapi dengan logika tripping High set 2 yang berfungsi sebagai logika tripping cadangan saat terjadi anomali pada pola non-cascade.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada bagian Pemeliharaan Proteksi Meter dan Otomasi PT. PLN (Persero) ULTG Tangerang Kota UPT Durikosambi UIT Jawa Bagian Barat atas selesainya penelitian “Penerapan Pola Koordinasi Proteksi Non-Cascade Pada OCR Incoming Dan Penyulang Trafo”.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. Committee. 2018. IEEE Guide for Liquid-Immersed Transformers Through-Fault-Current Duration. IEEE Std C57.109-2018 (Revision of IEEE Std C57.109-1993), vol., no., pp.1-24. 5 Oct. 2018.

[2] F. Mustafa, S. Shaulagara and M. Ihsan. 2017. The through fault current effect of 150/20 kV transformer to its insulation resistance and Tan Delta test in PT. PLN (Persero) TJBB APP Durikosambi. 2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS). pp. 193-197.

[3] M. Sari, A. Tryollinna, A. D. P. Sudin and D. Deka Permata. 2017. Through fault current effects on distribution transformer and prevention actions using backup protection: Case study of Kelapa Gading transformer. 2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS). pp. 247-251.

Vol. 11, No. 2, Oktober 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925
DOI: https://doi.org/10.33322/kilat.v11i2.1500

[4] S. S. H. Kamangar, H. A. Abyaneh, R. M. Chabanloo and F. Razavi. 2009. A new genetic algorithm method for optimal coordination of overcurrent and earth fault relays in networks with different levels of voltages. 2009 IEEE Bucharest PowerTech. pp. 1-5.

[5] A. S. Rizal, M. N. Umam, A. M. Syaputra, Hasbullah, A. Gemayel and Amad. 2020. Study of Overcurrent Relays Coordination Optimization based on Genetic Algorithms. 2020 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP). pp. 100-103.

[6] P. N. Korde and P. P. Bedeka. 2016. Optimal overcurrent relay coordination in distribution system using nonlinear programming method. 2016 International Conference on Electrical Power and Energy Systems (ICEPES). pp. 372-376.

[7] D. Uthitsunthorn, P. Pao-La-Or and T. Kulworawanichpong. 2011. Optimal overcurrent relay coordination using artificial bees colony algorithm. The 8th Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI) Association of Thailand - Conference 2011. pp. 901-904.

[8] D. Jones and J. Kumm. 2013. Future distribution feeder protection using directional overcurrent elements. 2013 IEEE Rural Electric Power Conference (REPC). pp. B4-1-B4-7.

[9] Guidelines and Instructions for the Java-Bali Transmission and Substation Protection System [Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali]. 2013. PT PLN (Persero) P3B Jawa-Bali. Jakarta.

[10] Prévé, Christophe., Protection of Electrical Networks., Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire, 2006.